

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM SISTEMA REATOR  
UASB - LAGOAS DE POLIMENTO COM CHICANAS E SEM  
CHICANAS EM ESCALA DE DEMONSTRAÇÃO**

**América Maria Eleuthério Soares**

**Belo Horizonte**  
**2002**

**AMÉRICA MARIA ELEUTHÉRIO SOARES**

**AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DE UM SISTEMA REATOR  
UASB - LAGOAS DE POLIMENTO COM CHICANAS E SEM  
CHICANAS EM ESCALA DE DEMONSTRAÇÃO**

*Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Saneamento,  
Meio Ambiente e Recursos Hídricos da  
Escola de Engenharia da Universidade  
Federal de Minas Gerais, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Mestre em Saneamento, Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos*

*Área de Concentração: Saneamento*

*Orientador: Prof. Marcos von Sperling  
Co-orientador: Carlos Augusto de  
Lemos Chernicharo*

Universidade Federal de Minas Gerais  
Belo Horizonte  
2002

S676a

Soares, América Maria Eleuthério.

Avaliação experimental de um sistema reator UASB - lagoas de polimento com chicanas e sem chicanas em escala de demonstração [manuscrito] / América Maria Eleuthério Soares. - 2002.

xiii, 178 f., enc.: il.

Orientador: Marcos von Sperling.

Coorientador: Carlos Augusto de Lemos Chernicharo

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Anexos: f. 145-178.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia Sanitária - Teses. 2. Saneamento - Teses.  
3. Biorreatores - Teses. 4. Águas residuais - Purificação - Tratamento biológico - Teses. 5. Helminto - Teses. I. Von Sperling, Marcos. II. Chernicharo, Carlos Augusto Lemos. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 628(043)

*“A fé e a razão são duas asas com  
as quais o espírito humano alça voo  
para contemplar a verdade”*

*Santo Agostinho*

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais, Antônio (in memorian) e Anita, e à minha filha Danielle.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho:

- Ao professor Marcos von Sperling pela orientação, amizade, compreensão, paciência e disponibilidade para discussão e esclarecimentos durante toda a pesquisa.
- Ao professor Carlos Augusto Lemos Chernicharo pela participação durante as fases construtivas e constante apoio enquanto coordenador do PROSAB 2.
- Ao professor Patrício Gallegos Crespo que me concedeu uma bolsa parcial no curso de especialização, abrindo assim as portas para o mestrado.
- Aos professores e funcionários do DESA e DEHR da Escola de Engenharia da UFMG, pela dedicação e contribuição.
- Aos técnicos do laboratório Norma, Jussara, Lucy e Jackson pela contribuição nas análises físico-químicas; e Adriana, Roseli e Sérgio pela contribuição nas análises microbiológicas. Ao Toninho pela ajuda na confecção do tubo de coleta de análises de PVC.
- Ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Itabira (SAAE), pela ajuda na operação das unidades piloto, na manutenção do sistema, coleta das amostras e contribuição nas análises físico-químicas.
- Aos amigos do mestrado e pelo apoio e convivência: João Carlos, Mauro, Chico, Fátima, Ângelo, Luciana, Ludmila, Marco Túlio, Neuza e Aretuza.
- À equipe do PROSAB: Adriana, Raquel, Leonardo, Dudú, Patrícia, Ilka, Paulo, Bruno Marília, Fernanda, Michelle, Cristiane e Deneb.
- Aos amigos Fernanda Mancini, Ângela, Yara e Reginaldo.
- Aos meus irmãos, Dine, Ane, Toninho e Cacinha que e estiveram sempre presentes com carinho e dedicação especiais.
- Em especial à Domingos pelo companheirismo e apoio em todos os momentos.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	2
2.1.	Objetivo geral: .....	2
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	2
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1	PRELIMINARES .....	3
3.2	REATOR ANAERÓBIO DE MANTA DE LODO .....	3
3.2.1	PRELIMINARES.....	3
3.2.2	VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS PROCESSOS ANAERÓBIOS 5	
3.2.3	REATOR UASB COMPARTIMENTADO.....	5
3.3	PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTES DE REATORES ANAERÓBIOS .....	6
3.4	LAGOAS DE MATURAÇÃO COMO PÓS TRATAMENTO DE EFLUENTES ANAERÓBIOS .....	8
3.4.1	CONCEITUAÇÃO .....	8
3.4.2	VANTAGENS E DESVANTAGENS .....	9
3.4.3	DESCRIÇÃO DO PROCESSO .....	9
3.4.4	INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NAS LAGOAS .....	10
3.4.5	ASPECTOS BIOLÓGICOS .....	11
3.4.5.1	Função das bactérias .....	11
3.4.5.2	Função das algas .....	11
3.4.6	ORGANISMOS PATOGÊNICOS E INDICADORES .....	12
3.4.6.1	Preliminares.....	12
3.4.6.2	Coliformes .....	14
3.4.6.3	Ovos de helmintos .....	15
3.4.7	COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO DAS LAGOAS .....	16
3.4.7.1	Tipo de fluxo .....	16
3.4.7.2	Modelos para o cálculo do número de dispersão .....	17

3.4.7.3	Lagoas com chicanas .....	18
3.4.8	REMOÇÃO DE PATÓGENOS .....	19
3.4.8.1	Remoção de coliformes .....	19
3.4.8.2	Remoção de ovos de helmintos.....	22
3.4.9	REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E SÓLIDOS.....	23
3.4.9.2	Remoção de DBO segundo os regimes hidráulicos idealizados ....	24
3.4.10	REMOÇÃO DE NUTRIENTES .....	25
3.4.10.1	Remoção de Nitrogênio total.....	25
3.4.10.2	Remoção de Amônia.....	27
3.4.10.3	Remoção de fósforo.....	28
4	METODOLOGIA .....	29
4.1	LOCALIZAÇÃO.....	29
4.2	UNIDADES EXPERIMENTAIS .....	29
4.3	FASES OPERACIONAIS.....	31
4.3.2	TRATAMENTO PRELIMINAR .....	32
4.3.3	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA.....	33
4.3.4	PENEIRA.....	34
4.3.5	REATOR ANAERÓBIO DE MANTA DE LODO (UASB) .....	35
4.3.6	CAIXA DE DISTRIBUIÇÃO DE VAZÃO PARA AS LAGOAS.....	37
4.3.7	LAGOA COM CHICANAS .....	38
4.3.8	LAGOA SEM CHICANAS.....	40
4.4	MONITORAMENTO DO SISTEMA.....	40
4.4.1	PARÂMETROS ANALIZADOS .....	40
4.4.2	MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO E ANÁLISE .....	43
4.4.3	AMOSTRADORES.....	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	46
5.1	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA UASB/LAGOAS DE MATURAÇÃO .....	47
5.1.1	MATÉRIA ORGÂNICA.....	47
5.1.1.1	DBO <sub>5</sub> .....	47
5.1.1.2	DQO Total.....	50

5.1.1.3	DQO filtrada e DQO particulada .....	54
5.1.1.4	Relação DQO/DBO total .....	57
5.1.2	SÓLIDOS .....	60
5.1.2.1	Sólidos suspensos totais .....	60
5.1.2.2	Relação Sólidos suspensos totais x DQO particulada .....	62
5.1.2.3	Sólidos suspensos voláteis e sólidos suspensos fixos .....	63
5.1.2.4	Relação SSV/SST .....	66
5.1.2.5	Sólidos sedimentáveis .....	68
5.1.3	NUTRIENTES .....	69
5.1.3.1	Nitrogênio .....	69
5.1.3.1.1	<u>Nitrogênio amoniacal e Nitrogênio orgânico</u> .....	69
5.1.3.1.2	<u>Nitrogênio Total Kjeldahl - NTK</u> .....	72
5.1.3.1.3	<u>Nitrato</u> .....	74
5.1.3.1.4	<u>Nitrogênio Total</u> .....	76
5.1.3.2	Fósforo .....	79
5.1.4	PATÓGENOS E INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL .....	83
5.1.4.1	<i>Escherichia coli</i> .....	83
5.1.4.2	Coliformes totais .....	87
5.1.4.3	Ovos de helmintos .....	89

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Vantagens e desvantagens dos sistemas anaeróbios .....	5
Tabela 3.2	Padrões de lançamento de efluentes nas coleções de corpos d'água .....	7
Tabela 3.3	Padrões de qualidade a serem mantidos nos corpos d'água - classe 2 (Resolução CONAMA nº 20, 18/06/1986) e DN nº 10/86 COPAM .....	7
Tabela 3.4	Principais vantagens e desvantagens das lagoas de polimento.....	9
Tabela 3.5	Influência dos principais fatores externos .....	11
Tabela 3.6	Padrões de qualidade para irrigação (Resolução CONAMA 20/86) .....	13
Tabela 3.7	Reflexões da OMS (WHO, 2000), para uso agrícola <sup>(a)</sup> de efluentes de estações de tratamento de esgoto. ....	13
Tabela 3.8	Fórmulas e modelos hidráulicos para cálculo da concentração efluente. ...	17
Tabela 3.9	Fórmulas para estimativa da concentração efluente de coliformes N (a partir do conhecimento do coeficiente $K_b$ ) e para a estimativa do coeficiente $K_b$ (a partir do conhecimento de $N_0$ e $N$ ), para diferentes regimes hidráulicos .....	20
Tabela 3.10	Valores dos coeficientes $K_b$ e de $\theta$ obtidos por diferentes pesquisadores. 21	
Tabela 3.11	Cargas de $DBO_5$ recomendadas para lagoas em regiões de clima tropical 23	
Tabela 3.12	Concentrações do Nitrogênio no esgoto bruto .....	26
Tabela 3.13	Tabela resumo dos estudos da EPA (valores anuais) .....	26
Tabela 4.1	– Fases operacionais .....	31
Tabela 4.2	Características das instalações piloto em cada fase operacional.....	32
Tabela 4.3	Características do reator UASB compartimentado .....	36
Tabela 4.4	Monitoramento do afluente ao UASB, efluente do UASB, e efluente das lagoas 41	
Tabela 5.1	– Fases operacionais e dias de experimento .....	46
Tabela 5.2	Estatísticas descritivas de concentrações de DBO e eficiências de remoção no sistema UASB/Lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001).....	47
Tabela 5.3	Estatísticas descritivas de concentrações e eficiências de remoção de DQO total no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001) .....	50
Tabela 5.4	Eficiências de remoção de DQO no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001), considerando-se a DQO total afluente e a DQO filtrada efluente. ....	53
Tabela 5.5	Estatísticas descritivas das concentrações de DQO filtrada e DQO particulada no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001).....	54
Tabela 5.6	Estatísticas descritivas da relação DQO total/ DBO total no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001) .....	57

Tabela 5.7 Estatísticas descritivas das concentrações e eficiências de remoção de Sólidos suspensos totais no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001) .....	60
Tabela 5.8 DQO particulada / SS nas lagoas - fases 2, 3 e 4.....	63
Tabela 5.9 Estatísticas descritivas das concentrações e eficiências de remoção de Sólidos suspensos voláteis no sistema UASB/lagoas (Jan/00-Jun/01) .....	63
Tabela 5.10 Estatísticas descritivas das concentrações e eficiências de remoção de Sólidos suspensos fixos no sistema UASB/lagoas (Jan/00-Jun/01) .....	64
Tabela 5.11 Estatísticas descritivas da relação Sólidos suspensos voláteis/Sólidos suspensos totais no sistema UASB/lagoas (Janeiro 2000 a Junho 2001) .....	66
Tabela 5.12 Estatísticas descritivas básicas das concentrações de Sólidos sedimentáveis no sistema UASB/lagoas (Janeiro 2000 a Junho 2001).....	68
Tabela 5.13 Estatísticas descritivas das concentrações e eficiências de remoção de nitrogênio amoniacal e orgânico Amônia no sistema UASB/lagoas .....	70
Tabela 5.14 Estatísticas descritivas de concentrações médias e eficiências de remoção de NTK no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001) .....	73
Tabela 5.15 Estatísticas descritivas das concentrações e eficiências de remoção de nitrato no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001).....	75
Tabela 5.16 Estatísticas descritivas das concentrações e eficiências de remoção de Nitrogênio total no sistema UASB/lagoas (Janeiro 2000 a Junho 2001). .....	77
Tabela 5.17 Estatísticas descritivas de concentrações e eficiências de remoção de fósforo total no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001).....	80
Tabela 5.18 Concentrações e relação DBO:N total: fósforo total ao longo das fases 2, 3 e 4 (Janeiro/2000 a Junho/2001) .....	82
Tabela 5.19 Estatísticas descritivas de concentrações e eficiências de remoção de E.coli no sistema UASB/lagoas (Agosto/1999 a Junho/2001).....	84
Tabela 5.20 Estatísticas descritivas de concentrações e eficiências de remoção de coliformes totais no sistema UASB/lagoas (Agosto/1999 a Junho/2001) .....	87
Tabela 5.21 Estatísticas descritivas de concentrações e eficiências de remoção de ovos de helmintos no sistema UASB/lagoas (Agosto/1999 a Junho/2001) .....	89
Tabela 5.22 Levantamento da literatura sobre contagem de ovos de helmintos no esgoto bruto em diferentes países .....	90

## LISTA DE FIGURAS

Figura -.3.1	Esquema do reator UASB compartimentado.....	5
Figura -.4.1	Croquis das unidades experimentais da ETE piloto .....	30
Figura -.4.2	- Vista do reator UASB e das lagoas. ....	30
Figura -.4.3	Gradeamento .....	33
Figura -.4.4	Desarenadores.....	33
Figura -.4.5	Vista da unidade de tratamento preliminar e da casa de bombas.....	34
Figura -.4.6	- Vista das bombas.....	34
Figura -.4.7	Vista poço de sucção .....	34
Figura -.4.8	Vista do compartimento que contém a peneira .....	35
Figura -.4.9	Vista do peneira e reator UASB .....	35
Figura -.4.10	Vista do Reator anaeróbio de manta de lodo .....	36
Figura -.4.11	Vista do sistema de automação de vazão .....	37
Figura -.4.12	Vista da caixa distribuidora de vazões.....	38
Figura -.4.13	Vista da lagoa com sete chicanas (fase 1) .....	39
Figura -.4.14	Vista da lagoa com quatro chicanas (fases 2, 3 e 4) .....	39
Figura -.4.15	Vista da lagoa sem chicanas (fases 1, 2, 3 e 4) .....	40
Figura -.4.16	Pontos de amostragem do sistema pesquisado .....	42
Figura -.4.17	Vista do Reator UASB compartimentado e da Lagoa com Chicanas com os pontos de coleta de amostras para o perfil .....	43
Figura -.4.18	Vista do amostrador automático .....	44
Figura -.4.19	Vista do amostrador em PVC 100 mm para coleta no perfil.....	44
Figura -.5.1	Box and Whiskers Sistema UASB/Lagoas - fases 2, 3 e 4 .....	48
Figura -.5.2	Série temporal de DBO total ao longo das fases 2, 3 e 4.....	48
Figura -.5.3	Eficiência de remoção de DBO total no Sistema UASB/Lagoas .....	49
Figura -.5.4	Box plot DQO total Sistema UASB/Lagoas .....	51
Figura -.5.5	Série temporal de DQO total ao longo das fases 2,3 e 4. ....	52
Figura -.5.6	Série temporal remoção DQO Sistema UASB/Lagoas.....	53
Figura -.5.7	Série temporal DQO filtrada ao longo das fases 2,3 e 4. ....	55
Figura -.5.8	Série temporal DQO particulada ao longo das fases 2, 3 e 4. ....	55
Figura -.5.9	Série temporal de DQO total/DBO <sub>5</sub> ao longo das fases 2,3 e 4. ....	58
Figura -.5.10	Correlação entre DQO e DBO - Esgoto bruto.....	58
Figura -.5.11	Correlação entre DQO e DBO - Efluente UASB .....	58
Figura -.5.12	Correlação entre DQO e DBO - Lagoa sem chicanas .....	59
Figura -.5.13	Correlação entre DQO e DBO - Lagoa sem chicanas .....	59
Figura -.5.14	Box and Whiskers dos Sólidos suspensos totais no sistema .....	61

Figura -.5.15 Série temporal Sólidos suspensos totais Sistema UASB/Lagoas .....	61
Figura -.5.16 SST x DQO particulada - Lagoa sem chicanas .....	62
Figura -.5.17 SST x DQO particulada - Lagoa com chicanas .....	62
Figura -.5.18 Série temporal sólidos suspensos fixos sistema UASB/ Lagoas.....	65
Figura -.5.19 Série temporal sólidos suspensos voláteis sistema UASB/ Lagoas.....	65
Figura -.5.20 Série temporal - relação SSV/SST sistema UASB/Lagoas .....	66
Figura -.5.21 SSV x SST - Bruto.....	67
Figura -.5.22 SSV x SST Efl. UASB .....	67
Figura -.5.23 SSV x SST - Lagoa sem chicanas .....	67
Figura -.5.24 SSV x SST - Lagoa com chicanas .....	67
Figura -.5.25 Box and Whiskers Sólidos sedimentáveis - Sistema UASB/Lagoas .....	69
Figura -.5.26 Série temporal de amônia - sistema UASB/lagoas - fases 2, 3 e 4.....	71
Figura -.5.27 Série temporal de N-orgânico - sistema UASB/lagoas - Fases 2, 3 e 4	72
Figura -.5.28 Série temporal NTK - Sistema UASB/Lagoas - fases 2, 3 e 4.....	74
Figura -.5.29 Série temporal Nitrato - Sistema UASB/Lagoas - fases 2, 3 e 4 .....	76
Figura -.5.30 Nitrogênio total - Sistema UASB/Lagoas - fase 2 .....	78
Figura -.5.31 Nitrogênio total - Sistema UASB/Lagoas - fase 3 .....	78
Figura -.5.32 Nitrogênio total - Sistema UASB/Lagoas - fase 4 .....	78
Figura -.5.33 Box and Whiskers do Fósforo total no sistema UASB/Lagoas - fases 2, 3 e 4	81
Figura -.5.34 Série temporal Fósforo total - Sistema UASB/Lagoas.....	82
Figura -.5.35 Gráfico box and Whiskers de E.coli no sistema UASB/Lagoas .....	85
Figura -.5.36 Série temporal de E.coli sistema UASB/Lagoas - fases 1, 2, 3 e 4.....	86
Figura -.5.37 Série temporal de coliformes totais - Sistema UASB/Lagoas.....	88
Figura -.5.38 Box and Whiskers de ovos de helmintos no sistema UASB/Lagoas.....	91

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o comportamento de um sistema em escala de demonstração constituído por um reator UASB, seguido de duas lagoas de polimento em paralelo, e modelar a remoção de poluentes nas lagoas.

A pesquisa foi conduzida durante 23 meses, de Janeiro/1999 a Junho/2001, na ETE piloto localizada junto à Estação de Tratamento de Esgotos Nova Vista, em Itabira, Minas Gerais.

Ao longo do sistema (esgoto bruto e efluentes do reator UASB e das lagoas) foram efetuadas análises físico-químicas de DBO, DQO, sólidos, amônia, nitrato, NTK, fósforo e microbiológicas de *Escherichia coli*, coliformes totais e ovos de helmintos. Nas lagoas foram monitorados pH, oxigênio dissolvido, temperatura e vazão afluente. Nos perfis longitudinais (ao longo das lagoas) foram analisados *E. coli* e ovos de helmintos.

A pesquisa foi dividida em 4 fases operacionais, nas quais foram alterados o tempo de detenção hidráulica do reator UASB, a quantidade de chicanas na lagoa com chicanas (alterando a relação L/B) e a profundidade das lagoas (reduzida de 1,00 m para 0,60 m). Desta forma, pôde-se avaliar o comportamento das lagoas com diferentes configurações geométricas.

Os dados coletados foram analisados estatisticamente e através de gráficos. Foi analisada a variação individual de cada parâmetro ao longo do período pesquisado e efetuadas correlações com fatores intervenientes.

Para as lagoas foi efetuada a modelagem da remoção de nitrogênio total (segundo REED, 1985), amônia (segundo MIDDLEBROOKS, 1982), remoção de ovos de helmintos (comparando-se com a equação de AYRES *et al.*, 1982), remoção de *E. coli*, através da determinação de  $K_b$  para fluxo disperso (comparando-se com modelos apresentados por VON SPERLING, 1999 e 2001) e cálculo do coeficiente de remoção de DQO (K) para fluxo disperso.

Os resultados mostraram que as lagoas de polimento alcançaram um melhor desempenho para a remoção de *E. coli* com a profundidade de 0,60 m e que a remoção de ovos de helmintos não foi afetada pela redução da profundidade. No entanto, foi observado, através do perfil que, a partir do meio da lagoa sem chicanas e da 3ª chicana (da lagoa com chicanas), a quantidade de ovos encontrada era inferior a 1 ovo/L, atendendo aos requisitos para irrigação da Organização Mundial de Saúde, relativos a ovos de helmintos. A remoção de nutrientes nas lagoas (N e P) e DBO foi maior na lagoa sem chicanas em todas as fases.

Embora na maioria dos parâmetros analisados não se tenha conseguido atingir os requisitos ambientais de lançamento de efluentes para a legislação do Estado de Minas Gerais, quando foram efetuadas as modelagens e o cálculo dos coeficientes K e  $K_b$ , verificou-se que, para as condições em que as lagoas se encontravam (elevada taxa de aplicação superficial e reduzido tempo de detenção hidráulica), elas operaram segundo os valores estimados, e algumas vezes com eficiências superiores às estimadas pela literatura.

# 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho é parte integrante de um projeto de pesquisa mais amplo (PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico), cujo objetivo geral é desenvolver e aperfeiçoar tecnologias nas áreas de água de abastecimento, águas residuárias e resíduos sólidos, que sejam de fácil aplicabilidade, baixo custo de implantação, operação e manutenção e que resultem na melhoria da qualidade de vida da população brasileira, especialmente as camadas menos favorecidas (COLETANEA PROSAB VOL 2, 2001). A presente pesquisa insere-se no tema de águas residuárias, mais especificamente pós tratamento de reatores anaeróbios.

O pós-tratamento de efluentes de reatores UASB (Reatores anaeróbios de manta de lodo de fluxo ascendente), através de lagoas de estabilização tem sido a forma mais usual no Brasil, objetivando dar polimento em termos de remoção de organismos patogênicos, nutrientes e DBO. As lagoas de estabilização são bastante indicadas para as condições brasileiras, considerando-se a disponibilidade de área em um grande número de localidades, o clima favorável (temperatura e insolação elevadas), a operação simples e a pouca necessidade de equipamento, acarretando uma redução no custo operacional.

O processo de remoção biológica de matéria orgânica pode ser aeróbio ou anaeróbio. No caso de lagoas de polimento, as principais reações são a respiração aeróbia, principalmente das bactérias que participam da degradação da matéria orgânica, e a fotossíntese promovida pelas algas. O processo que ocorre nas lagoas está diretamente ligado às condições ambientais externas, como: radiação solar, temperatura, tempo de detenção hidráulica e efeito dos ventos.

A remoção de organismos patogênicos, avaliados através da remoção de indicadores bacterianos, são pouco afetados pelo tratamento anaeróbio. Nesse sentido, as lagoas de estabilização, como unidades de pós-tratamento de efluentes anaeróbios, passam a ter um papel diferenciado no tratamento, muito mais direcionado para a remoção de microrganismos que de matéria orgânica, podendo ser melhor caracterizadas como lagoas de polimento.

Nesta pesquisa investigou-se o sistema reator UASB/Lagoas de polimento com chicanas e sem chicanas e apresenta a avaliação do sistema como um todo e em especial o desempenho das lagoas de polimento. O desempenho do reator UASB não será discutido, devido ao fato de ser parte integrante de outra pesquisa de mestrado que apresenta com detalhes o funcionamento durante o período de automação da vazão afluente e a otimização dos resultados com o controle da biomassa no seu interior.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL:

- Avaliação do comportamento de duas lagoas de polimento, com diferentes configurações geométricas (comprimento, largura e profundidade), atuando como pós-tratamento do efluente de um reator UASB compartimentado.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Esta pesquisa pretende contribuir nas seguintes direções:

- Avaliar a remoção de coliformes e ovos de helmintos nas duas lagoas de polimento
- Modelar a remoção de *E. coli*, através da determinação do coeficiente de remoção  $K_b$ , segundo o regime hidráulico de fluxo disperso nas lagoas de polimento.
- Investigar a influência da profundidade das lagoas na remoção de *E. coli*.
- Avaliar o perfil de remoção de *E. coli* e ovos de helmintos ao longo das lagoas.
- Avaliar a remoção de ovos de helmintos e compará-los com a equação de AYRES *et al*, (1992)
- Determinar o coeficiente de remoção  $K$  para DQO, segundo o regime hidráulico de fluxo disperso.
- Avaliar a remoção de nutrientes, nitrogênio total segundo REED (1985); e amônia segundo MIDDLEBROOKS (1982).
- Investigar o comportamento da primeira câmara da lagoa chicaneada, em virtude da maior taxa de aplicação orgânica superficial recebida, em termos de aerobiose/anaerobiose.
- Avaliar a remoção de matéria orgânica, nutrientes e patógenos no sistema como um todo.

Dados de projeto e operação de reatores UASB e de lagoas de estabilização encontram-se disponíveis na literatura especializada para unidades individuais (AGUIAR & MENDONÇA, 1996; VON SPERLING, 1996; CHERNICHARO, 1997), mas há ainda poucas informações sobre o sistema UASB-lagoas, principalmente no Sudeste do Brasil. O estudo do sistema conjunto UASB-lagoas encontra-se em fase inicial no Brasil, com poucas pesquisas publicadas.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 PRELIMINARES**

O tratamento biológico de esgotos ocorre inteiramente por mecanismos biológicos que reproduzem, de uma forma controlada, os processos naturais que ocorrem em um corpo d'água após o lançamento de esgotos.

A maior parte dos processos de tratamento de esgotos inclui depuração biológica, isto é, estabilização dos compostos orgânicos promovida por atividade de microrganismos aeróbios ou anaeróbios (BRANCO, 1978). A compreensão da microbiologia do tratamento dos esgotos é, portanto, essencial para a otimização do projeto e operação do sistema de tratamento de esgotos predominantemente domésticos.

No tratamento de esgotos sanitários, a utilização do reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), em regiões de clima quente como o Brasil, tem se apresentado como uma importante alternativa, sendo que este reator remove grande parte da matéria orgânica e sólidos suspensos. No entanto, fornece um efluente com residuais de matéria orgânica, sólidos suspensos, nutrientes e patógenos que usualmente necessitam de um tratamento complementar (pós-tratamento), para transformá-los em um efluente adequado aos padrões ambientais vigentes. As lagoas de maturação são uma alternativa bastante atraente para o pós-tratamento de reatores anaeróbios, atuando principalmente na remoção de patógenos, e também complementa a remoção de matéria orgânica e nutrientes.

É importante ressaltar que a presente pesquisa dá continuidade ao trabalho de BRITO (1997), que pesquisou o desempenho da mesma lagoa com chicanas (inicialmente com sete chicanas) apresentada neste trabalho, operando como pós-tratamento do reator UASB em escala real da ETE Nova Vista. Uma das sugestões apresentadas pela autora foi a construção de uma lagoa sem chicanas, funcionando em paralelo à lagoa com chicanas, ambas tratando o efluente do mesmo reator para que assim fosse verificado o desempenho de lagoas de polimento com diferentes configurações geométricas.

### **3.2 REATOR ANAERÓBIO DE MANTA DE LODO**

#### **3.2.1 PRELIMINARES**

O reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo, tradução para o português de Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (UASB), foi desenvolvido

pelo prof. Gatzke Lettinga e sua equipe na Universidade de Wageningen – Holanda, na década de 70 (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

Nas últimas décadas, proliferou no Brasil um grande número de sistemas de tratamento anaeróbio, particularmente reatores de fluxo ascendente e manta de lodo, ou reatores UASB. Nessas unidades anaeróbias de tratamento, a eficiência de remoção do material orgânico e dos sólidos em suspensão é elevada (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

O reator UASB consiste em um processo de tratamento de alta taxa, com capacidade de reter grandes quantidades de biomassa no sistema. A biomassa tem um crescimento disperso no meio líquido e apresenta elevada capacidade de absorção de substrato. Normalmente o lodo se apresenta na forma de grânulos, com diâmetros médios de 1 a 5 mm ou na forma de flocos. (CHERNICHARO, 1997).

No processo, o esgoto percorre o reator em fluxo ascendente e à medida que passa pelo reator, a matéria orgânica entra em contato com a biomassa ativa, no leito do lodo, ocorrendo a digestão anaeróbia com produção de biogás. O esgoto passa inicialmente por uma camada densa de lodo de elevada atividade, localizada no fundo do reator, denominada **leito de lodo** (muito denso e com partículas granulares com elevada capacidade de sedimentação). Em seguida o lodo passa por uma camada mais dispersa e menos densa, denominada **manta de lodo**, situada acima da primeira e próxima ao topo do reator. Os gases que se formam, resultantes da atividade anaeróbia, ajudam no movimento ascendente do esgoto.

Na parte superior do reator existe um separador trifásico, que é um mecanismo físico que permite o retorno dos sólidos ao reator, a saída dos gases (que podem ser coletados e reaproveitados ou queimados) e a saída do efluente clarificado que pode ser posteriormente tratado.

A digestão anaeróbia envolve um ecossistema, onde diversos microrganismos trabalham interativamente na conversão da matéria orgânica complexa em metano ( $\text{CH}_4$ ), gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), gás sulfídrico e amônia, além de novas células bacterianas (CHERNICHARO, 1997).

Nos sistemas anaeróbios, verifica-se que a maior parte do material orgânico biodegradável presente no despejo é convertida em biogás (cerca de 70 a 90%), que é removido da fase líquida e deixa o reator na forma gasosa. Apenas uma pequena parcela do material orgânico é convertida em biomassa microbiana (cerca de 5 a 15%), vindo a se constituir no lodo excedente do sistema (CHERNICHARO *et al* 2001).

### 3.2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS PROCESSOS ANAERÓBIOS

No Brasil, os sistemas anaeróbios encontram uma grande aplicabilidade e as principais vantagens e desvantagens estão apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 Vantagens e desvantagens dos sistemas anaeróbios

Vantagens	Desvantagens
Baixa produção de sólidos	Partida do processo lenta na ausência de lodo de sementeira próprio
Satisfatória eficiência na remoção de DBO	Remoção de nitrogênio, fósforo e patógenos insatisfatória
Conversão da matéria orgânica em metano	Possibilidades de maus odores, porém controláveis
Aplicabilidade em pequena e grande escala	Possibilidades de gerar efluentes com aspecto desagradável
Baixo consumo de nutrientes	Bioquímica e microbiologia da digestão anaeróbia são complexas e precisam ser mais estudadas
Baixos custos de implantação	As bactérias anaeróbias são susceptíveis à inibição por um grande número de compostos
Possibilidade de preservação da biomassa sem alimentação do reator por um período longo	
Tolerância às elevadas cargas orgânicas	Dificuldades em satisfazer padrões de lançamento bem restritivos, usualmente necessitando de pós-tratamento
Baixa demanda de área	
Baixo consumo de energia	

Fonte: adaptado de VON SPERLING (1996b), LETTINGA *et al* (1996), CHERNICHARO *et al* 2001

### 3.2.3 REATOR UASB COMPARTIMENTADO

O reator UASB compartimentado, proposto por CARDOSO & CHERNICHARO (1999), possui uma configuração especial: três câmaras de digestão paralelas, três separadores trifásicos e um único compartimento de decantação (Fig. 3.1)

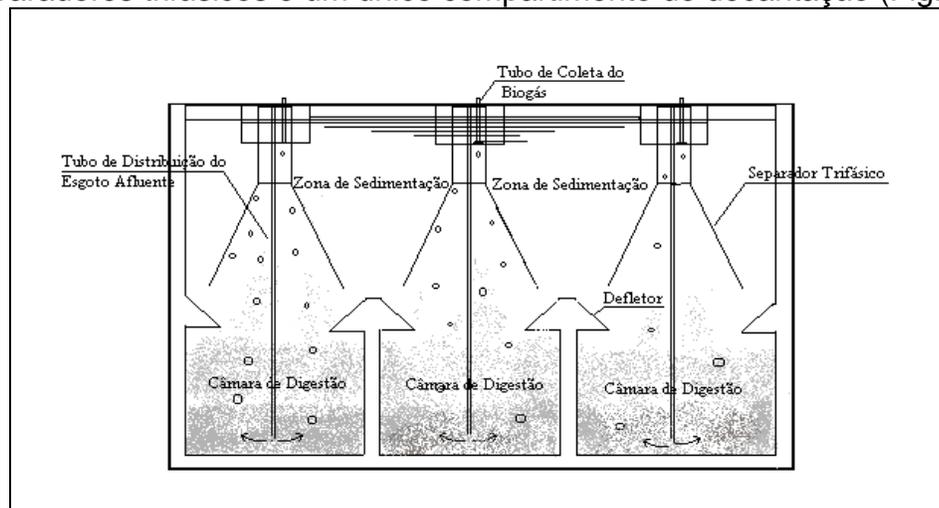


Figura -3.1 Esquema do reator UASB compartimentado

O princípio de funcionamento do reator com três compartimentos de digestão operando em paralelo, é principalmente proporcionar um regime hidráulico mais estável dentro do reator. A distribuição adequada da vazão variável de esgoto bruto (afluente), que pode ser direcionada para uma, duas ou três câmaras, permite a estabilização das velocidades ascendentes e a menor ocorrência de zonas mortas (CHERNICHARO & CARDOSO, 1999).

Esta configuração diferenciada permite condições hidráulicas mais estáveis, quando comparada ao reator UASB convencional, considerando que, as velocidades ascensionais variam consideravelmente ao longo do dia.

Em investigações experimentais com o reator UASB compartimentado, CARDOSO (1999) pôde verificar que:

- No reator compartimentado, observa-se uma menor variação nos valores da velocidade ascensional na câmara de digestão: a variação máxima é da ordem de 20% (0,52/44), enquanto que no reator convencional, esta variação é de 270% (0,52/0,14), comprovando uma condição de mistura muito mais equânime no reator UASB compartimentado.
- Quando o reator está recebendo vazão mínima, a velocidade no reator convencional é bem menor, o que também representa uma perda em termos de mistura na zona de digestão de lodo.
- No reator compartimentado, os picos de velocidade nas passagens para o decantador são bem menores, o que dificulta o arraste da biomassa para a zona de sedimentação, e eventualmente a sua saída com o efluente, com a conseqüente deterioração do mesmo.

### **3.3 PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTES DE REATORES ANAERÓBIOS**

Uma das desvantagens dos sistemas anaeróbios é a dificuldade em produzir um efluente que se enquadre à legislação ambiental.

As Tabelas 3.2 e 3.3 apresentam alguns parâmetros, estabelecidos pela Deliberação Normativa DN n.º 010/86 do Conselho de Política Ambiental de Minas Gerais, com seus padrões de lançamento de efluentes nas coleções de corpos d'água (MINAS GERAIS, 1986), e também padrões de qualidade para corpos d'água receptores na classe 2, onde estão enquadrados a maioria dos corpos d'água do Brasil.

Tabela 3.2 Padrões de lançamento de efluentes nas coleções de corpos d'água

Parâmetro	Valores
Temperatura (°C)	≤ 40
pH	5 a 9
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	≤ 60
DQO (mg/L)	≤ 90
Amônia total (mg N/l)	5,0
Sólidos sedimentáveis *	≤ 1 ml/L
Sólidos em Suspensão (mg/L)	≤ 100 máxima diária ≤ 60 média mensal

Fonte: adaptado da Deliberação Normativa DN nº 010/86 COPAM, MINAS GERAIS (1986)

\* Determinado em teste de 1 hora em cone Imhoff.

Tabela 3.3 Padrões de qualidade a serem mantidos nos corpos d'água - classe 2 (Resolução CONAMA nº 20, 18/06/1986) e DN nº 10/86 COPAM

Parâmetro	Valores
Oxigênio dissolvido (OD) (mg/L)	≥ 5
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (mg/L)	≤ 5
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 0,02
Nitrato (mg/L)	≤ 10
Fósforo total (mgP/L)	≤ 0,025
Sulfato (mgSO <sub>4</sub> /L)	≤ 250
Coliformes totais (Org/100mL)	≤ 5000
Coliformes fecais (Org/100mL)	≤ 1000

Fonte: adaptado de VON SPERLING (1996a) e Deliberação Normativa DN nº 010/86 COPAM, MINAS GERAIS (1986)

Os reatores anaeróbios usualmente não produzem um efluente que atenda aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental brasileira, tornando - se então necessário o pós-tratamento como uma forma de adequar o efluente tratado aos requisitos da legislação ambiental e também proteger os corpos receptores.

Dentre algumas alternativas pesquisadas de processos de pós-tratamento de efluentes de reatores UASB, encontram-se sistemas aeróbios e anaeróbios, destacando-se:

- Lodos ativados
- Biofiltro aerado submerso

- Aplicação no solo
- Filtro anaeróbio
- Reator anaeróbio de leito expandido
- Filtro biológico
- Lagoas de maturação ou polimento

### **3.4 LAGOAS DE MATURAÇÃO COMO PÓS TRATAMENTO DE EFLUENTES ANAERÓBIOS**

#### **3.4.1 CONCEITUAÇÃO**

Lagoas de maturação são unidades notadamente aeróbias com a função básica de reduzir a quantidade de patógenos, já que a maior parte de sólidos e DBO foram removidas no tratamento anterior (YANEZ,1993; VON SPERLING,1996c).

Também para MARA (1997), a principal função das lagoas de maturação é a remoção de patógenos. Lagoas de maturação são responsáveis por uma pequena remoção de DBO, mas sua contribuição para a remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) pode ser significativa.

KELLNER & PIRES (1998) citam que o termo lagoa de maturação é dado àquela que recebe um afluente cuja DBO está praticamente estabilizada e o oxigênio dissolvido se faz presente em toda a massa líquida. Devido à qualidade do líquido em seu interior, dependendo das condições climáticas do local, essas lagoas podem garantir significativas taxas de remoção de organismos patogênicos.

(CAVALCANTI *et al* (2001), comentam que o pós-tratamento em lagoas de polimento tem como objetivo adequar a qualidade do efluente anaeróbio à qualidade exigida pelas normas vigentes, para lançamento em águas de superfície ou uso em culturas irrigadas, sem que haja um impacto adverso no meio ambiente ou possibilidade de problemas de saúde pública. A baixa taxa de oxidação (estabilização da MO) associada à alta taxa de produção fotossintética de OD leva à prevalência da fotossíntese sobre a oxidação bacteriana. Por esta razão, o objetivo de lagoas de polimento deixa de ser estabilização do material orgânico, passando a ser remoção dos patógenos

O que existe em comum nas definições citadas é que lagoas de polimento ou de maturação funcionam como pós tratamento e principalmente para a remoção de patógenos.

Embora estes organismos sejam parcialmente eliminados nas unidades precedentes, é nas lagoas de maturação que sua remoção torna-se efetiva, pois possuem como características todos os elementos necessários para promover a

redução da concentração dos principais organismos patogênicos: oxigênio dissolvido elevado, altos teores de pH e grande zona fótica, permitindo que os raios ultra violeta atinjam as camadas mais profundas (KELLNER & PIRES, 1998).

### 3.4.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

A Tabela 3.4 apresenta as principais vantagens e desvantagens das lagoas de polimento:

Tabela 3.4 Principais vantagens e desvantagens das lagoas de polimento.

Vantagens	Desvantagens
Remoção de coliformes bastante elevada	Área necessária bastante elevada
Acumulação lenta de lodo no fundo	Possível necessidade de remoção de algas do efluente
Sem problemas de odor	
Remoção de nutrientes (remoção elevada de NH <sub>3</sub> e PO <sub>4</sub> factível sob condições favoráveis)	Necessidade de um afluente com baixa concentração de matéria orgânica e sólidos
Proximidade da população não é problema	

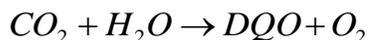
### 3.4.3 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

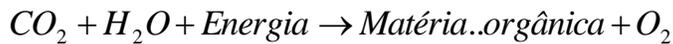
Numa lagoa de polimento as concentrações de vários constituintes do esgoto digerido mudam com o tempo, devido aos processos biológicos, químicos e físicos que se desenvolvem. Os processos biológicos mais importantes em uma lagoa de polimento são:

- (1) **Fotossíntese**, realizada pelas algas;
- (2) **Oxidação** da matéria orgânica por bactérias que usam oxigênio;
- (3) **Fermentação** da matéria orgânica durante a digestão anaeróbia no fundo da lagoa (a fermentação é mais expressiva em lagoas de estabilização facultativas).

Dos três processos biológicos, o que mais afeta às lagoas de polimento é a fotossíntese.

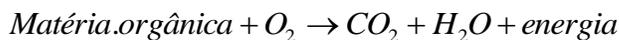
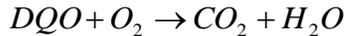
Na **fotossíntese** as algas usam energia luminosa, representada pelo sol, para reduzir o dióxido de carbono, transformando-o em material orgânico celular.





É importante notar que necessariamente a síntese de material orgânico (em termos de DQO) acompanha a produção de oxigênio, ou seja, estequiometricamente a massa de oxigênio gerada pela fotossíntese é exatamente suficiente para oxidar o material orgânico que também é gerado neste mesmo processo. Todavia, este oxigênio, em geral, não é utilizado para oxidação de material celular das algas mas, sim, para oxidar o material orgânico de natureza fecal presente no esgoto (CAVALCANTI *et al*, 2001).

A respiração ou **oxidação aeróbia bacteriana**, caracterizada pelo consumo de oxigênio e pela produção de gás carbônico, pode ser representada pela seguinte equação:



Os processos de fotossíntese e oxidação bacteriana são complementares no sentido que os produtos de um processo são os reagentes do outro. O resultado do desenvolvimento dos dois processos é a transformação de material orgânico em massa de algas, que pode formar flocos e estes flocos podem sedimentar e passar a fazer parte do lodo do fundo da lagoa, onde pode ser digerido ou então se acumular como massa orgânica não biodegradável

As bactérias, metabolizam a matéria orgânica, convertendo-a em dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O). As algas, por sua vez, utilizam o dióxido de carbono, água, amônia(NH<sub>3</sub>) e outros compostos inorgânicos para a síntese celular, liberando oxigênio para o meio líquido. É nesta relação simbiótica entre algas e bactérias que repousa o princípio do tratamento biológico de esgoto nas lagoas de maturação.

#### 3.4.4 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS NAS LAGOAS

As condições ambientais de maior importância em uma lagoa de estabilização são a radiação solar, a temperatura e o vento, as quais apresentam as influências listadas no Tabela 3.6 (JORDÃO e PESSOA, 1995 - citado por VON SPERLING, 1996c).

Tabela 3.5 Influencia dos principais fatores externos

Fator	Influência
Radiação solar	Velocidade de fotossíntese
Temperatura	Velocidade de fotossíntese
	Taxa de decomposição bacteriana
Vento	Solubilidade e transferência de gases
	Condições de mistura
	Reaeração atmosférica

Fonte: VON SPERLING, 1996c

### 3.4.5 ASPECTOS BIOLÓGICOS

#### 3.4.5.1 Função das bactérias

As bactérias são microrganismos unicelulares apresentando-se isoladamente ou em agregados, formando colônias de aspecto típico como: filamentosas, em forma de cachos de uva, etc.

Podem ser classificadas segundo a respiração (*aeróbias*, *anaeróbias* e *facultativas*); fonte de carbono (*heterótrofos* e *autótrofos*), temperatura de crescimento (*psicrófilas*, *mesófilas*, *termófilas*), etc.

As bactérias decompõem o material orgânico complexo presente no esgoto (proteínas, carboidratos, lipídeos etc.) em material solúvel, possível de ser absorvido pela parede celular, convertendo-se então em novas células. Prevalecendo a condição aeróbia, os produtos finais gerados pela solubilização da matéria orgânica são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), nitratos e fosfatos que são fundamentais para o desenvolvimento das algas. As bactérias desse grupo são encontradas na zona aeróbia das lagoas facultativas e nas lagoas de maturação. (KELLNER E PIRES, 1998).

As bactérias e as algas são, sem dúvida, os organismos mais importantes na estabilização da matéria orgânica em lagoas de maturação

#### 3.4.5.2 Função das algas

Em lagoas de polimento, as algas constituem o grupo mais importante do ponto de vista hidrobiológico. São organismos caracterizados, em parte por uma grande simplicidade de estrutura. Com exceção das algas azuis (cianobactérias), diferem

das bactérias pela presença de núcleo celular reprodução sexuada e plastos ou macrotóforos contendo os pigmentos fotossintetizantes (BRANCO,1978).

As algas são o grupo mais diversificado de microrganismos presentes nas lagoas. São também responsáveis pela geração de oxigênio molecular que mantém o ambiente aeróbio e as concentrações de supersaturação de oxigênio (KÖNIG, 2000).

De acordo com Dinges (citado por KÖNIG, 2000), o número de gêneros de algas encontrados em lagoas de estabilização é limitado. Em geral pertencem ao filo *Cyanobacteria* (algas verdes azuladas, atualmente consideradas como bactérias: cianobactérias), *Chlorophyta* (algas verdes), *Euglenophyta* (os flagelos pigmentados) e *Bacillariophyta* (as diatomáceas).

As algas realizam a fotossíntese durante as horas do dia sujeitas à radiação luminosa. Neste período, elas produzem a matéria orgânica necessária para a sua sobrevivência, convertendo a energia luminosa em energia química condensada na forma de alimento. O balanço entre produção (fotossíntese) e consumo (respiração) de oxigênio favorece amplamente o primeiro. De fato, as algas produzem cerca de 15 vezes mais oxigênio do que consomem. (VON SPERLING, 1996). Além disso, as algas consomem o dióxido de carbono (produzido pela ação das bactérias), elevando o pH durante as horas do dia.

Outro papel importante das algas é a remoção de nutrientes, em especial nitrogênio e fósforo, que são utilizados na sua síntese celular.

### **3.4.6 ORGANISMOS PATOGÊNICOS E INDICADORES**

#### **3.4.6.1 Preliminares**

Existe nos esgotos domésticos uma grande variedade de organismos patogênicos, presentes na forma de vírus, bactérias, protozoários e macro organismos (helmintos).

No Brasil, dentro do PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, várias instituições vêm desenvolvendo investigações experimentais com lagoas de polimento, em escala piloto, para estabelecer sob que condições pode ser produzido um efluente final, cuja qualidade esteja de acordo com as recomendações da OMS para irrigação restrita e irrestrita.

A legislação brasileira (Resolução CONAMA 20/86) classifica as águas superficiais de acordo com seus usos, incorporando a lógica de padrões de exigência (densidade de organismos indicadores) associados aos riscos potenciais de

saúde. Para a irrigação o critério de classificação pode ser resumido como na Tabela 4.6.

Tabela 3.6 Padrões de qualidade para irrigação (Resolução CONAMA 20/86)

Culturas irrigadas	Critério/Padrão*
Hortaliças consumidas cruas, frutas que se desenvolvem rente ao solo e, ou, são ingeridas sem remoção de película	Águas não devem ser poluídas por fezes humanas
Outras hortaliças e plantas frutíferas	< 1.000 Coliformes Fecais/100 ml < 5.000 Coliformes Totais/100 ml
Culturas arbóreas e cerealíferas	< 4.000 Coliformes Fecais/100 ml < 20.000 Coliformes Totais/100 ml

\* em 80% das amostras, mínimo de cinco amostras mensais

Fonte: citado por BASTOS (2000).

A Organização Mundial de Saúde (WHO, 2000), referindo-se ao uso, na irrigação, de efluentes de estações de tratamento de esgoto, reconhece dois tipos de organismos indicadores da qualidade sanitária desses: (1) a concentração de coliformes fecais e (2) o número de ovos de helmintos por unidade de volume. Na Tabela 3.7, apresentam-se as reflexões da OMS para uso, na agricultura, de efluentes de esgoto tratado.

Tabela 3.7 Reflexões da OMS (WHO, 2000), para uso agrícola<sup>(a)</sup> de efluentes de estações de tratamento de esgoto.

Categoria	Condições de Reuso	Grupo exposto	Ovos de helmintos <sup>(b)</sup> (média aritmética ovos/L <sup>(c)</sup> )	Coliformes fecais (média geométrica CF/100 ml <sup>(d)</sup> )
A	Irrigação de culturas que são ingeridas cruas, campos de esporte e parques públicos. <sup>(e)</sup>	Trabalhadores, consumidores, público	$\leq 1^{(f)}$	$\leq 10^{3(d)}$
B	Irrigação restrita de culturas não ingeridas cruas como: cereais, para a indústria, pastos, forragem e árvores <sup>(g)</sup>	B1 Trabalhadores (exceto crianças <15anos)	$\leq 1$	$\leq 10^{5(d)}$
		B2 como B1	$\leq 1$	$\leq 10^{3(d)}$
		B3 Trabalhadores incluindo crianças <15anos	$\leq 1$	$\leq 10^{3(d)}$
C	Irrigação de culturas da categoria B se o público e os trabalhadores não ficam expostos	Nenhum	Não se aplica	Não se aplica

Fonte: WHO, 2000 (Traduzido da fonte).

- (a) - Em casos específicos, de acordo com os fatores ambientais, epidemiológicos, locais e socioculturais, devem ser consideradas modificações das recomendações;
- (b) - Espécies de *Ascaris* e *Trichuris*
- (c) - Durante o período de irrigação;
- (d) - Durante o período de irrigação (a contagem de coliformes fecais devem ser semanais no máximo mensais)
- (e) - Recomendações mais rigorosas devem ser consideradas ( $\leq 200$  CF/100 ml) para gramados públicos onde o público tem contato direto;
- (f) - O valor limite recomendado pode ser aumentado para  $\leq 1$  (ovos/L) se (i) se as condições forem quentes e úmidas e a superfície irrigada não for utilizada (ii) se o tratamento de esgotos for com campanhas em áreas de reuso.
- (g) - No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve ser suspensa duas semanas antes da colheita, sem que sejam apanhadas do chão.

### 3.4.6.2 Coliformes

As bactérias do grupo "coliformes" são habitantes normais do intestino humano ou de outros animais homeotermos, que vivem saprofiticamente, não causando nenhum dano ao hospedeiro. São, entretanto de grande valor para o sanitarista, uma vez que a sua presença na água indica o contato com material fecal desta por fezes ou esgoto doméstico. (BRANCO, 1978.)

Como o grupo dos coliformes totais inclui gêneros que não são de origem exclusivamente fecal, isto limita sua aplicação como indicador específico de contaminação fecal. O reconhecimento deste fato levou ao desenvolvimento de métodos de enumeração de um sub grupo dos coliformes, denominados coliformes fecais (coliformes termotolerantes), os quais são diferenciados dos coliformes totais pela sua capacidade de fermentar a lactose sob temperatura elevada ( $44,5 \pm 0,2$  °C) (CHERNICHARO *et al*, 2001).

Embora a utilização dos coliformes termotolerantes em substituição aos totais, tenha determinado uma melhora significativa na detecção da contaminação fecal, logo tornou-se evidente a existência de outros coliformes termotolerantes, além da *Escherichia coli*, podendo-se estimar que cerca de 15% (este valor pode variar de acordo com o tipo de amostra) dos testes positivos para coliformes termotolerantes referem-se a outros coliformes que não de origem fecal. Segundo CALPENAS & KANAREK (1984.) e EDBERG *et al* (1988) citados por CHERNICHARO *et al* (2001). Os organismos presentes neste percentual são representados por espécies dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*, provenientes de contribuição ambiental (solo, vegetais e águas pristinas). Em ambientes aquáticos tropicais, esses gêneros são facilmente isolados em condições em que não se observa poluição fecal humana e animal.

Apesar da denominação, o grupo dos coliformes fecais também inclui bactérias de origem não-exclusivamente fecal (BAGLEY e SEIDLER, 1977; Duncan e Razell, 1972) e, principalmente em países de clima tropical, mesmo que originalmente

introduzidas na água por poluição fecal, podem adaptar-se ao meio aquático (LOPEZ-TORRES *et al.*,1977) (BASTOS, 2000).

Nesse sentido, as tendências atuais se direcionam para a detecção específica de *Escherichia coli*, que é o único componente do grupo coliforme de origem exclusivamente fecal, apresentando um percentual de ocorrência em fezes humanas e animais próximo a 94% (ALLEN, 1995, citado por CERQUEIRA, 1999).

Segundo BASTOS (2000), o indicador mais preciso da poluição fecal na água é, em qualquer situação, a *E.Coli*.

CHERNICHARO *et al* (2001) verificou que as duas técnicas comparadas, para enumeração de **coliformes fecais** (tubos múltiplos) e ***Escherichia coli*** (substrato definido), produziram resultados estatisticamente equivalentes, tanto para amostras de esgoto bruto quanto de efluente anaeróbio. Dessa forma, pode-se inferir que os resultados obtidos nas diferentes pesquisas que integram o PROSAB - Edital 2 - Tema 2, em termos de *E. coli*, podem ser analisados de forma comparativa. Além disso, pode-se verificar o enquadramento dos corpos receptores, definidos pela legislação ambiental em termos de coliformes fecais, com base nos resultados de *E. coli* obtidos pela técnica de substrato definido. (CHERNICHARO *et al*, 2001). O emprego de ovos de helmintos e coliformes fecais como indicadores tem sido utilizado na avaliação da eficiência do tratamento de esgotos e principalmente de lagoas.

#### 3.4.6.3 Ovos de helmintos

Os helmintos são parasitas do intestino humano que têm formas variadas. A transmissão ocorre através de ovos e de larvas que são eliminadas com as fezes da pessoa doente. Os ovos apresentam uma camada grossa que serve de proteção e lhes permite sobreviver por vários meses, se o ambiente for úmido e tiver temperaturas médias de 28 °C, (PEREIRA NEVES *et al.*(1995) citado por CEBALLOS, 2000.

Os ovos de helmintos se classificam em três grandes grupos:

- Cestóides;
- Trematóides;
- Nematóides;

Os ovos de *Ascaris lumbricoides* são eliminados em concentrações em torno de 10<sup>4</sup> microrganismos por grama de material fecal de indivíduos infectados. Existem em todo o mundo e são endêmicos em muitas regiões tropicais e subtropicais. Os ovos de *Ancylostoma duodenale* e *Necator americanus* são eliminados nas fezes de indivíduos infectados em concentrações de 8 x 10<sup>8</sup>/ unidades por grama de fezes (CEBALLOS, 2000).

Na maioria dos sistemas de tratamento de esgotos, alguns ovos são removidos, enquanto outros, mais resistentes, como ovos de *Ascaris*, *Toxocara*, *Toxascaris* e *Tricuris*, persistem nesses sistemas. As condições do meio ambiente em torno dos ovos contribuem para o seu desenvolvimento ou morte, observando-se que, em condições adequadas, os ovos de *Ascaris* podem sobreviver por mais de 6 anos, pois estes são altamente resistentes aos agentes físicos e químicos (POWLOWSKI, 1982), citado por ZERBINI & CHERNICHARO (2001).

### 3.4.7 COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO DAS LAGOAS

#### 3.4.7.1 Tipo de fluxo

A classificação do escoamento em uma lagoa é feita por meio da determinação do número de dispersão ( $d$ ), que indica o espalhamento real das partículas do fluido em escoamento.

São os seguintes os regimes hidráulicos utilizados para a representação de reatores:

#### **Mistura completa** (quando $d$ tende para o infinito)

Este modelo considera que as partículas que entram no tanque são imediatamente dispersas em todo o corpo do reator. O fluxo de entrada e saída é contínuo. Neste caso, todas as características do líquido contido na lagoa são iguais em qualquer ponto.

#### **Fluxo em pistão ou escoamento tubular** (quando $d = 0$ )

O fluxo se processa como um êmbolo, sem misturas longitudinais. Este tipo de fluxo é reproduzido em tanque longos (elevada relação L/B), na qual a dispersão longitudinal é mínima. Nestas condições as características variam ao longo do eixo longitudinal do reator.

#### **Fluxo disperso** (quando $0 < d < \text{infinito}$ )

É obtido em um sistema com grau de mistura intermediário entre os dois extremos, de fluxo em pistão e mistura completa.

VON SPERLING (1996), cita que o modelo de fluxo disperso pode ser utilizado como uma melhor aproximação para o projeto de lagoas de estabilização.

Pearson e colaboradores, citado por KELLNER E PIRES, 1998, estabeleceram que a relação comprimento (L) e a largura (B) de uma lagoa é um fator limitante entre as condições ideais de comportamento hidrodinâmico. Para  $L/B > 4$ , a lagoa tende para o escoamento tubular, e quando  $L/B < 4$  a tendência é para mistura completa.

Para o cálculo de **d**, é necessário se determinar o coeficiente de dispersão **D**, que pode ser obtido experimentalmente por meio de testes com traçadores, ou ser estimado para o caso de projetos.

A Tabela 3.8 apresenta as formulas para cálculo da concentração efluente das lagoas, de acordo com o tipo de modelo hidráulico.

Tabela 3.8 Fórmulas e modelos hidráulicos para cálculo da concentração efluente.

Fórmula	Modelo hidráulico
$C = \frac{C_0}{1 + K.\theta}$	Mistura completa
$C = C_0.e^{-k.\theta}$	Escoamento em pistão
$C = C_0 \cdot \frac{4.a.e^{1/2.d}}{(1+a)^2 .e^{a/2d} - (1-a)^2 .e^{-a/2d}}$ $a = \sqrt{1 + 4k.t.d}$	Escoamento disperso

Onde:

- C = concentração efluente (mg/L)
- Co = Concentração afluyente (mg/L)
- K = Constante de reação (d<sup>-1</sup>)
- θ = Tempo de detenção hidráulica (dias)
- t = Temperatura (°C)
- d = Número de dispersão = D/UL
- D = Coeficiente de dispersão longitudinal (m<sup>3</sup>/d)
- U = Velocidade média de percurso do reator (m/d)
- L = Comprimento do percurso longitudinal do reator (m)

### 3.4.7.2 Modelos para o cálculo do número de dispersão

A estimativa do Número de Dispersão **d** para o modelo de fluxo disperso pode ser efetuada utilizando-se as fórmulas propostas por Yanez (1993) e Agunwamba *et al* (1992).

- Yanez (1993)

$$d = \frac{(L/B)}{-0,261 + 0,254.(L/B) + 1,014.(L/B)^2} \quad (3.1)$$

- AGUNWAMBA *et al* (1992), fórmula original simplificada por VON SPERLING (1996a):

$$d = 0,102 \cdot \left( \frac{3 \cdot (B + 2 \cdot H) \cdot t \cdot v}{4 \cdot L \cdot B \cdot H} \right)^{-0,410} \cdot \left( \frac{H}{L} \right) \cdot \left( \frac{H}{B} \right)^{-(0,981 + 1,385H/B)} \quad (3.2)$$

onde:

- L = comprimento da lagoa (m)
- B = largura da lagoa (m);
- H = profundidade da lagoa (m);
- t = tempo de detenção (d);
- v = viscosidade cinemática da água (m<sup>2</sup>/d)

VON SPERLING (1999a) propôs ainda a Equação (3.3), de estrutura bastante simples, e que conduz a valores do Número de Dispersão praticamente iguais aos da equação de Yanez.

$$d = \frac{1}{(L/B)} \quad (3.3)$$

### 3.4.7.3 Lagoas com chicanas

Para obter-se eficiências de remoção superiores a 99,9% (3 log de remoção na remoção de coliformes, em uma lagoa única), com tempos de detenção não excessivos, necessita-se de um número de dispersão inferior a 0,3 ou preferencialmente inferior a 0,1. Tais números de dispersão são obtidos apenas com lagoas que possuem uma relação comprimento/largura (L/B) superior a 5. (VON SPERLING, 1996c).

Uma lagoa com chicanas é dotada de divisórias internas (chicanas), que permitem que a relação L/B seja elevada. Segundo VON SPERLING, (1996c), o cálculo da relação L/B pode ser feito através de:

- Divisórias paralelas à largura B:

$$\frac{L}{B} = \frac{B}{L} (n + 1)^2 \quad (3.4)$$

- Divisórias paralelas ao comprimento L:

$$\frac{L}{B} = \frac{L}{B} (n + 1)^2 \quad (3.5)$$

### 3.4.8 REMOÇÃO DE PATÓGENOS

#### 3.4.8.1 Remoção de coliformes

O ambiente ideal para os microrganismos patogênicos é o trato intestinal humano. Fora deste, quer na rede de esgotos, no tratamento de esgotos, ou no corpo receptor, os patogênicos tendem a morrer. Diversos fatores contribuem para tal, como temperatura, insolação, pH, escassez de alimento, organismos predadores, competição, compostos tóxicos etc. A lagoa de maturação é dimensionada de forma a otimizar os efeitos de alguns destes mecanismos. Vários destes mecanismos se tornam mais efetivos com menores profundidades da lagoa, o que justifica o fato de que as lagoas de maturação sejam mais rasas, comparadas aos demais tipos de lagoas. (VON SPERLING, 2000).

O regime hidráulico das lagoas tem uma grande influência na eficiência de remoção de coliformes. A ordem decrescente de eficiência é a seguinte:

- |   |                         |                  |
|---|-------------------------|------------------|
| - | <i>fluxo em pistão</i>  | Maior eficiência |
| - | <i>fluxo disperso</i>   | ↓                |
| - | <i>mistura completa</i> | Menor eficiência |

Em função dos diversos regimes hidráulicos, tem-se as fórmulas apresentadas na Tabela 3.9 para a determinação da contagem de coliformes no efluente da lagoa de maturação, utilizadas em projetos (VON SPERLING, 1996c). Para uma lagoa existente, o coeficiente  $K_b$  pode ser calculado rearranjando-se as Equações 3.7 e 3.8 e fazendo  $K_b$  explícito, desde que se conheça as concentrações afluente e efluente ( $N_0$  e  $N$ ) e o tempo de detenção  $t$ . Para o caso de fluxo disperso, há a necessidade do conhecimento do Número de Dispersão  $d$ .

Tabela 3.9 Fórmulas para estimativa da concentração efluente de coliformes N (a partir do conhecimento do coeficiente  $K_b$ ) e para a estimativa do coeficiente  $K_b$  (a partir do conhecimento de  $N_0$  e N), para diferentes regimes hidráulicos

Regime hidráulico	Fórmulas para o cálculo da concentração efluente de coliformes (N)		Fórmulas para o cálculo do coeficiente $K_b$	
	Fórmula	Equação	Fórmula	Equação
<i>Fluxo em pistão</i>	$N = N_0 e^{-K_b \cdot t}$	(3.7)	$K_b = \frac{-\ln(N/N_0)}{t}$	(3.10)
<i>Mistura completa</i>	$N = \frac{N_0}{1 + K_b \cdot t}$	(3.8)	$K_b = \frac{(N_0/N) - 1}{t}$	(3.11)
<i>Fluxo disperso</i>	$N = N_0 \cdot \frac{4ae^{1/2d}}{(1+a)^2 e^{a/2d} - (1-a)^2 e^{-a/2d}}$ $a = \sqrt{1 + 4K_b \cdot t \cdot d}$		Valor de $K_b$ não é explícito. Solução por interação (tentativa e erro ou minimização de função de erro)	

Fonte: VON SPERLING, 2000

<p><math>N_0</math> = contagem de coliformes no afluente (org/100 ml)</p> <p><math>N</math> = contagem de coliformes no efluente (org/100 ml)</p> <p><math>K_b</math> = coeficiente de decaimento bacteriano (<math>d^{-1}</math>)</p> <p><math>t</math> = tempo de detenção (d)</p> <p><math>n</math> = número de lagoas em série (-)</p>	<p><math>D</math> = número de dispersão = <math>D/U \cdot L = D \cdot t/L^2</math> (adimensional)</p> <p><math>D</math> = coeficiente de dispersão longitudinal (<math>m^2/s</math>)</p> <p><math>U</math> = velocidade média de percurso no reator (m/s)</p> <p><math>L</math> = comprimento do percurso longitudinal no reator (m)</p>
--	--

Os dados de YANEZ (1993), obtidos de experiências sul-americanas e de VON SPERLING (1999), analisando especificamente a situação no Brasil, mostram que em lagoas em escala real o número de dispersão é grande, mesmo quando se tem uma razão elevada entre o comprimento e a largura da lagoa.

Normalmente o número de dispersão é maior que 0,2 e muitas vezes maior que 0,5. Por outro lado, os trabalhos experimentais desenvolvidos dentro do PROSAB mostram que, mesmo em lagoas cuidadosamente projetadas para se obter um fluxo tubular, bem operadas e com influência limitada de ventos, o número de dispersão obtido (0,12) foi superior ao esperado. Conclui-se que, devido às imperfeições no regime de escoamento, o número de dispersão em lagoas de polimento projetadas como tubulares varia de 0,1 a 0,2. Por esta razão, o TDH necessário para uma remoção eficiente de CF será mais que o dobro do valor numa lagoa tubular idealizada (CAVALCANTI *et al* 2001)

Vários pesquisadores mostraram que o valor do **coeficiente  $K_b$**  depende de diversos fatores, sendo a temperatura, a profundidade da lagoa e o pH os mais importantes. No caso de esgotos domésticos, a temperatura da lagoa é uma variável que é determinada pela temperatura do ambiente e da água residuária. A profundidade da lagoa de polimento é uma variável de projeto importante porque, para um determinado TDH, determina a área necessária.

A profundidade tem um efeito indireto sobre o pH: se a profundidade for grande, a massa de água onde ocorre a fotossíntese é relativamente pequena e por isso o consumo biológico de  $\text{CO}_2$  e o conseqüente aumento do pH será mínimo. Em contraste, em uma lagoa de polimento rasa pode haver um aumento considerável do pH (CAVALCANTI *et al* 2001)

Para avaliar a influência da temperatura a maioria dos pesquisadores usa uma expressão de Arrhenius, tendo-se normalmente o valor de  $k_b$  a 20 °C como referência:

$$K_{bT} = K_{b20}\theta^{(t+20)} \quad (3.12)$$

onde:

$K_{bT}$  = valor do coeficiente de decaimento para qualquer temperatura ( $\text{d}^{-1}$ );  
 $K_{b20}$  = valor do coeficiente de decaimento para temperatura de referência (20 °C) ( $\text{d}^{-1}$ );  
 $\theta$  = coeficiente experimental da dependência da temperatura.

Na Tabela 3.10, observam-se valores  $K_b$  e  $\theta$  determinados por alguns pesquisadores. O valor de  $\theta = 1,07$  tem sido usado mais freqüentemente.

Tabela 3.10 Valores dos coeficientes  $K_b$  e de  $\theta$  obtidos por diferentes pesquisadores

Referência	Temperatura de referência (°C)	Valor de $k_b$ ( $\text{dia}^{-1}$ )	Valor de $\theta$
Marais (1974)	20	2,60	1,19
Sherry e Parker (1979)	20	1,5	1,06
Klock (1971)	20	1,1	1,07
Yanez (1993)	20	0,84	1,07

Fonte: CAVALCANTI *et al* (2001)

SOARES *et al* (2001b) encontraram valores de  $K_b$  (observado a 20°C), para duas lagoas de polimento, variando de 0,55 a 2,42  $\text{d}^{-1}$ .

Quanto à influência da profundidade sobre o valor de  $K_b$ , a literatura fornece relativamente poucos dados. VAN HAANDEL e LETTINGA (1994) sugeriram, a partir de dados disponíveis, uma relação hiperbólica da constante  $K_b$  com a profundidade.

VON SPERLING (1999) estabeleceu a seguinte equação, na qual  $K_b$  varia com H:

$$K_b = H^{-0,877}. \quad (3.13)$$

onde

H = profundidade da lagoa (m).

#### 3.4.8.2 Remoção de ovos de helmintos

Os ovos de helmintos podem sobreviver por anos em ambientes como os sistemas de tratamento de esgoto. Desta forma, a redução não se dá propriamente pela inviabilização ou mesmo destruição dos ovos, mas pela remoção física, resultado da adsorção em flocos de lodo ou sedimentação simples, em virtude dos ovos apresentarem maior densidade que a água. O tempo de detenção para uma remoção eficiente de ovos de helmintos é de alguns dias somente (CAVALCANTI *et al*, 2000b, SOARES *et al*, 2000b).

O mecanismo básico de remoção de ovos de helmintos em sistemas de tratamento de esgoto é a sedimentação (simples ou aderida nos sólidos presentes). (GLOYNA, 1971; FEACHEM *et al*, 1983). Isso implica que todos os fatores que afetam o processo de sedimentação irão afetar a remoção de ovos de helmintos, incluindo o tempo de detenção hidráulica, que pode ser afetado por curto circuito (que pode reduzir o TDH real) e turbulência (que pode retardar a sedimentação); temperatura (como demonstrado na lei de Stoke), elevadas temperaturas, aumentam a velocidade de sedimentação e o tamanho e peso dos ovos também afetam o processo de sedimentação (HINDIYEH, 1995).

A remoção de ovos de helmintos em lagoas, se deve ao mecanismo físico de sedimentação, assumindo-se sedimentação discreta. Sua eficiência de remoção depende da taxa de escoamento superficial e independe da profundidade da lagoa. Dados experimentais mostram que ovos de helmintos são quantitativamente eliminados em lagoas de polimento em escala piloto quando a taxa de escoamento superficial ou carga hidráulica superficial é menor que 0,2 m/dia.

No Nordeste do Brasil, foi determinada a quantidade de dos ovos de helmintos em uma lagoa de polimento com 0,60 m de profundidade, operada a uma temperatura de 25° C, com três dias de TDH, cujo efluente era essencialmente livre de ovos de helmintos (CAVALCANTI *et al* 2000b). Desta forma, para uma contribuição *per capita* de 100 L/dia, estimou-se então que a área *per capita* necessária para a

remoção de ovos de helmintos será de  $0,1/0,2 = 0,5 \text{ m}^2/\text{hab}$ . Logo, uma remoção, essencialmente completa, de ovos de helmintos pode ser esperada no efluente líquido de lagoas de polimento.

A concentração típica de ovos de helmintos no efluente das lagoas de polimento é em torno de zero. No entanto, os ovos removidos são incorporados ao lodo de fundo. Usualmente, a fração de ovos viáveis é elevada, mesmo após vários anos de operação da lagoa. Este aspecto tem de ser levado em consideração, ao se analisar a alternativa de utilização do lodo das lagoas na agricultura.

AYRES *et al* (1992) propõem a seguinte equação para a estimativa da remoção de ovos de helmintos:

$$E = [1 - 0.14 \exp(-0.38.t)] \quad (3.14)$$

Onde:

E = eficiência de remoção  
t = tempo de detenção hidráulica (dias)

Esta equação pode ser usada para a estimativa da quantidade de ovos de helmintos no efluente das lagoas. Mas pesquisas realizadas no Brasil (CAVALCANTI *et al* 2001, SOARES *et al* 2000b) indicam que no efluente, na maioria dos casos, não são encontrados ovos de helmintos, os quais ficam retidos no lodo localizado no fundo das lagoas.

### 3.4.9 REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E SÓLIDOS

Na Tabela 3.11. encontra-se ilustrada a carga de  $\text{DBO}_5$  recomendada para as lagoas em regiões de clima tropical.

Tabela 3.11 Cargas de  $\text{DBO}_5$  recomendadas para lagoas em regiões de clima tropical

Lagoas facultativas	$< 300 \text{ kgDBO}_5.\text{ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$
Lagoas de maturação	$< 150 \text{ kgDBO}_5.\text{ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$

Fonte: CAVALCANTI *et al* (2001)

Em lagoas de maturação ocorre somente uma pequena remoção de DBO. Cerca de 70 - 90 % da DBO efluente de lagoas de maturação é devido às algas. (MARA, 1997)

Quando se aplica tratamento anaeróbio eficiente (por exemplo num reator UASB) antes de lançar o esgoto numa lagoa (que seria então uma lagoa de polimento), a

concentração de material orgânico se reduz substancialmente, na faixa de 65 a 80% (VAN HAANDEL e LETTINGA, 1994), de maneira que a DBO lançada na lagoa de polimento é menos que 1/3 da DBO do esgoto bruto.

### 3.4.9.2 Remoção de DBO segundo os regimes hidráulicos idealizados

A remoção de DBO processa-se segundo uma reação de primeira ordem (sendo a taxa de reação diretamente proporcional à concentração do substrato). Segundo a cinética de primeira ordem, a taxa de remoção de DBO é tanto mais elevada quanto maior for a concentração de DBO no meio. (VON SPERLING, 1996b).

As equações utilizadas para remoção de DBO são as mesmas utilizadas para a caracterização do regime hidráulico apresentadas no item 3.4.6.

O coeficiente de remoção de matéria orgânica (K) é uma constante do reator que varia conforme o modelo hidráulico, que depende da carga orgânica afluente, do tempo de detenção hidráulica e da temperatura.

Para diferentes valores de temperatura, o valor de K pode ser corrigido para 20°, pela equação de Arrhenius:

$$K = K_{20} \cdot \theta^{T-20} \quad (3.15)$$

Onde:

K = Coeficiente à temperatura T (d<sup>-1</sup>)

K<sub>20</sub> = Coeficiente à temperatura de 20 °C

θ = Coeficiente de temperatura = 1,085 (GLOYNA,1976)

= 1,035 (ARCEIVALA,1981)

= 1,07 (YANEZ,1993)

BRITO (1997) cita valores de K obtidos por PEARSON *et al* (1995) em Campina Grande (PB): para lagoas facultativas valores entre 0,33e 0,44 d<sup>-1</sup>, e para lagoas secundárias (TDH = 2d, L/B =1), K= 0,33 d<sup>-1</sup>, a uma temperatura média de 25°C no líquido

VON SPERLING (1996c) apresenta valores para K em regime de fluxo disperso, adaptadas a partir de fórmulas originais de ARCEIVALA (1981) e VIDAL (1983).

$$K = 3,132 \log L_s - 0,146 \quad (3.16)$$

Para θ =1,035

$$K = 0,091 + 2,05 \cdot 10^4 \cdot L_s \quad (3.17)$$

Para θ < 1,035

### 3.4.10 REMOÇÃO DE NUTRIENTES

O aumento do pH abre a possibilidade de se efetuar também nas lagoas de polimento a remoção de nutrientes. Quando o pH sobe, o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) tende a se transformar em amônia molecular livre ( $\text{NH}_3$ ), um gás que irá se desprender da fase líquida. Desta maneira, haverá remoção de nitrogênio através da dessorção de amônia.

#### 3.4.10.1 Remoção de Nitrogênio total

Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este alterna-se entre várias formas e estados de oxidação, como resultado de diversos processos bioquímicos. No meio aquático pode ser encontrado nas seguintes formas: (VON SPERLING, 1996a)

- Nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ) (escapando para a atmosfera)
- Nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão)
- Amônia (livre -  $\text{NH}_3$  e ionizada -  $\text{NH}_4^+$ )
- Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ )
- Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )

Os principais mecanismos de remoção de nitrogênio em lagoas de estabilização são (ARCEIVALA, 1981; EPA, 1983; SOARES *et al*, 1995). Citado por VON SPERLING, 1996a).

- Volatilização da amônia
  - Assimilação da amônia pelas algas
  - Assimilação dos nitratos pelas algas
  - Nitrificação -desnitrificação
  - Sedimentação do nitrogênio orgânico particulado
- Destes mecanismos o mais importante é o da volatilização da amônia.

A concentração de nitrogênio em águas residuárias municipais é bem documentada. A faixa geral de valores varia de 15 a 50 mg/L, dos quais 60 % são *N-amoniaca*, 40% são *N-orgânico* e uma pequena quantidade (1%) é *N-nitrito* e *N-nitrato*. (EPA, 1975)

Durante o tratamento biológico a maior parte do *N-orgânico* particulado transforma-se em amônia e outras formas inorgânicas. Uma fração da amônia é assimilada como parte da matéria celular da biomassa. (MIRANDA, 2001).

Nos esgotos domésticos brutos, as formas predominantes são o nitrogênio orgânico e a amônia que são determinados em laboratório pelo método Kjeldahl, denominado *Nitrogênio total Kjeldahl (NTK)*.

- NTK = amônia + nitrogênio orgânico  
(forma predominantemente nos esgotos domésticos)
- NT = NTK + NO<sub>2</sub><sup>-</sup> + NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Nitrogênio total)

A Tabela 3.12 apresenta as concentrações típicas das diferentes formas de nitrogênio no esgoto bruto.

Tabela 3.12 Concentrações do Nitrogênio no esgoto bruto

Parâmetro	Faixa	Típico
Nitrogênio total (mgN/L)	35 - 70	50
Nitrogênio orgânico (mgN/L)	15 - 30	20
Amônia (mgNH <sub>3</sub> N/L)	20 - 40	30
Nitrito (mgNO <sub>2</sub> N/L)	0	0
Nitrato (mg NH <sub>3</sub> N/L)	0 - 2	0

Fonte: VON SPERLING, (1996 a)

Em lagoas facultativas e de maturação, a amônia é incorporada na nova biomassa algal. Eventualmente as algas morrem e se sedimentam no fundo da lagoa; cerca de 20 % da massa celular das algas não é biodegradável e o nitrogênio associado com esta fração permanece imobilizado no sedimento da lagoa. O nitrogênio associado à fração biodegradável, eventualmente difusa no fundo da lagoa, retorna para as células das algas para começar o processo novamente. Com o pH elevado, parte da amônia poderá sair da lagoa através da volatilização (MARA, 1997).

A EPA1990, patrocinou vários estudos sobre sistemas de lagoas de tratamento de esgotos. Os resultados obtiveram verificação que uma grande remoção de nitrogênio ocorre em sistemas de lagoas. Estes resultados obtiveram um consenso sobre investigações prévias, que a remoção de nitrogênio estava de alguma maneira relacionada ao pH, tempo de detenção hidráulica e a temperatura dentro da lagoa. (WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, 1990).

A Tabela 3.13 apresenta um resumo dos estudos da EPA.

Tabela 3.13 Tabela resumo dos estudos da EPA (valores anuais)

	TDH (dias)	Temperatura água (°C)	pH (médio)	Nitrogênio afluyente (mg/L)	% remoção
Peterborough, N.H	107	11	7,1	17,8	43
Kilmichael, Miss	214	18,4	8,2	35,9	80
Eudora, Kans	231	14,7	8,4	50,8	82
Corine, Utah	42	10	9,4	14	43

\*Todos os sistemas continham três células.

Fonte: Manual of Practice, Water Pollution Control Federation (1990).

A grande quantidade de dados permitiu a análise todas as outras variáveis inclusas, e foi desenvolvido o modelo: (REED S.C., 1984), citado por Manual of practice, Natural systems for wastewater treatment, (1990).

A equação do modelo desenvolvido por REED é a seguinte:

$$N_e = N_o \cdot e^{-kT (t + 60,6 (pH - 6,6))} \quad (3.18)$$

Onde:

$N_e$  = Nitrogênio total efluente (mg/L)

$N_o$  = Nitrogênio total afluente (mg/L)

$Kt = K_{20} (\theta)^{(T-20)}$

$K_{20}$  = constante a 20 °C = 0,0064

$\theta = 1,039$

$$t = \frac{0,5 Ta + Q ti}{0,5A + Q} \quad (3.19)$$

Onde:  $A$  = Área superficial da lagoa. (m<sup>2</sup>)

$Ta$  = Temperatura do ar (°C)

$Ti$  = Temperatura do afluente (°C)

$Q$  = Vazão afluente (m<sup>3</sup>/d)

$t$  = Tempo de detenção hidráulica (dias)

$pH$  = pH próximo da superfície do líquido

Trata-se de um modelo de primeira ordem, utilizado para determinar o valor esperado de nitrogênio total no efluente a partir do valor do afluente, dependendo do pH, temperatura e tempo de detenção hidráulica. Embora esteja sendo analisada a remoção de nitrogênio total, está implícito no desenvolvimento do modelo, que a volatilização da amônia é a maior responsável pela remoção de nitrogênio em lagoas de estabilização como tratamento de esgotos (WPCF, 1990).

#### 3.4.10.2 Remoção de Amônia

MARA, 1997, cita equação apresentada por Pano e Middlebroks (1982) para remoção de nitrogênio amoniacal em lagoas facultativas e de maturação (PANO, A & MIDDLEBROOKS, 1982). São duas equações, (3.20 e 3.21), para temperatura abaixo e acima de 20°C:

- Temperaturas abaixo de 20 °C:

$$C_e = C_i / \{1 + [(A/Q)(0.0038 + 0.000134T) \exp((1.041 + 0.044T)(pH - 6.6))]\} \quad (3.20)$$

- Temperaturas acima de 20 °C:

$$C_e = C_i / \{1 + [5.035 \times 10^{-3} (A/Q)] [\exp(1.540 \times (\text{pH} - 6.6))]\} \quad (3.21)$$

Onde:

$C_e$  = Concentração de nitrogênio amoniacal efluente (mg N/l)

$C_i$  = Concentração de nitrogênio amoniacal afluente (mg N/l)

$A$  = Área da lagoa ( $\text{m}^2$ )

$Q$  = Vazão afluente ( $\text{m}^3/\text{d}$ )

Esta equação pode ser aplicada a lagoas facultativas e lagoas de maturação em série cujas concentrações de amônia no efluente podem ser determinadas.

### 3.4.10.3 Remoção de fósforo

Não existem modelos matemáticos para a remoção de fósforo em lagoas de estabilização para tratamento de esgoto. Huang e Gloyna, 1981 (citado por MARA, 1997), mostraram que o efluente de fósforo total em um sistema de lagoas é aproximadamente 2/3 inorgânico e 1/3 orgânico.

Todavia, isto não é o que se observa na prática: a remoção de fósforo em lagoas é bem inferior daquela correspondente ao equilíbrio termodinâmico e o mecanismo parece ser mais a sedimentação de fosfato orgânico do que a precipitação de minerais. GONÇALVES *et al* (2000) mostraram que a remoção de fósforo é bastante eficiente quando se usa produtos como sulfato de alumínio ou sulfato ferroso como coagulante na clarificação do efluente da lagoa de polimento (CAVALCANTI *et al*, 2001). SOARES *et al* (2001a) mostraram que a remoção de nutrientes, é significativa em lagoas de polimento com pequena profundidade (inferior a 1 m) quando o pH se encontrava superior a 8,5.

A remoção de fósforo pode se dar por sedimentação de material orgânico no fundo da lagoa e também pela precipitação de sais minerais de fosfato. A solubilidade de fosfatos em águas residuárias depende da concentração de cátions e do pH, que, por sua vez, determina a concentração relativa das espécies de fosfato:  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ .

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 LOCALIZAÇÃO**

A pesquisa foi conduzida em instalações em escala de demonstração/piloto implantadas junto à ETE (Estação de Tratamento de Esgotos) Nova Vista, no município de Itabira/MG, a aproximadamente 100 km de Belo Horizonte. A estação de tratamento situa-se na latitude 19°37'00" sul e longitude 43°13'40" oeste, a uma altitude de 781 m acima do nível do mar. O experimento contou com o apoio do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Itabira/MG, sendo parte integrante do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB, Edital 2, Tema 2.

A ETE Nova Vista em escala real é constituída de um reator UASB e de uma lagoa facultativa, projetados para atender à uma população de 7.000 habitantes.

### **4.2 UNIDADES EXPERIMENTAIS**

O esgoto que chega à ETE Nova Vista é basicamente doméstico, sendo coletado dos bairros Nova Vista, Bela Vista, Campestre e Eldorado, todos de classe média baixa.

Após chegar por gravidade à unidade de tratamento preliminar, o esgoto é bombeado através da estação elevatória para o reator UASB compartimentado de onde segue para as duas lagoas em paralelo. O efluente das lagoas é lançado em uma lagoa de rejeitos da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), próxima à ETE.

A Figura 4.1 apresenta esquematicamente as unidades experimentais do estudado, as quais podem ser visualizadas na Figura 4.2.

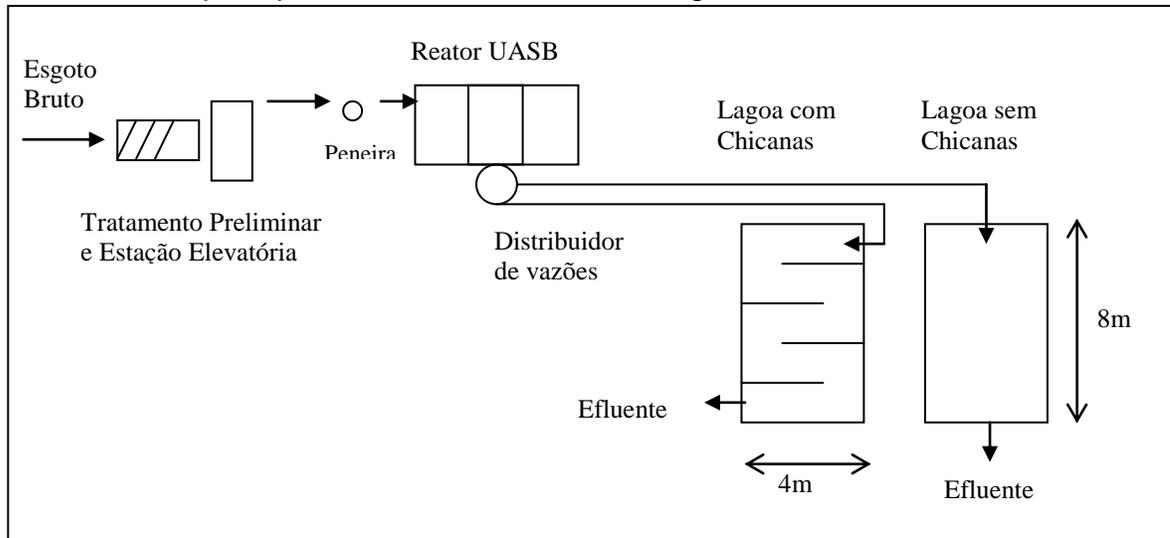


Figura -4.1 Croquis das unidades experimentais da ETE piloto



Figura -4.2 - Vista do reator UASB e das lagoas.

### 4.3 FASES OPERACIONAIS

A pesquisa foi dividida em quatro fases operacionais, conforme listado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Fases operacionais

Fase	Período	Regime	TDH médio			Relação L/B		Profundidade lagoa (m)
			Hidráulico Reator UASB	Lagoa sem chicanas	Lagoa com chicanas	Lagoa sem chicanas	Lagoa com chicanas	
1	Ago-Dez 1999	permanente	5,0 h	*8,0 d	*8,0 d	2	32	1,00
2	Jan-Set 2000	transiente	5,0 h	**4,0	**4,1	2	12,5	1,00
3	Set-Dez 2000	transiente	7,5 h	7,3 d	6,5 d	2	12,5	1,00
4	Jan-Jun 2001	transiente	7,5 h	9,3	9,5 d	2	12,5	0,60

\* Tempo de detenção hidráulica teórico

\*\* Tempo de detenção hidráulica calculado a partir da vazão medida de 28/06/00 até 05/09/00

Durante as fases operacionais ocorreram as seguintes alterações operacionais descritas por BRITO *et al* (2001):

- Fase 2: aproximadamente 2 meses iniciais sem peneira na tubulação de chegada ao reator UASB. A partir do terceiro mês, a limpeza da peneira era realizada quinzenalmente. Depois do quarto mês, a limpeza do pré-filtro passou a ser efetuada duas vezes por semana.
- No início da fase 4, o reator UASB operou com regime hidráulico permanente, devido a problemas com a automação.

As unidades que compõem o aparato experimental estão descritas na Tabela 4.4, segundo as distintas fases operacionais da pesquisa:

Tabela 4.2 Características das instalações piloto em cada fase operacional

Característica	Reator UASB				Lagoa sem chicanas				Lagoa com chicanas			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
Largura (m)	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Comprimento total (m)	3,0	3,0	3,0	3,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Profundidade (m)	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	0,60	1,0	1,0	1,0	0,60
Volume útil (m <sup>3</sup> )	9,0	9,0	9,0	9,0	32,0	32,0	32,0	19,2	32,0	32,0	32,0	19,2
TDH (médio)	5,0 hora s	5,0 hora s	7,5 hora s	7,5 hora s	<sup>(a)</sup> 8,0 dias	<sup>(b)</sup> 4,0 dias	7,3 dias	9,3 dias	<sup>(a)</sup> 8,0 dias	<sup>(b)</sup> 4,1 dias	6,5 dias	9,5 dias
Vazão média de operação (m <sup>3</sup> /d)	-	-	-	-	<sup>(a)</sup> 4,0	<sup>(b)</sup> 8,6	5,1	2,3	<sup>(a)</sup> 4,0	<sup>(b)</sup> 8,2	6,0	2,2
Relações L/B	-	-	-	-	2,0	2,0	2,0	2,0	32,0	12,5	12,5	12,5
Número de chicanas	-	-	-	-	-	-	-	-	7,0	4,0	4,0	4,0

\* Média do tempo de detenção hidráulica

<sup>(a)</sup> Tempo de detenção hidráulica e vazão teóricos

<sup>(b)</sup> Tempo de detenção hidráulica calculado a partir da vazão medida de 28/06/00 até 05/09/00

#### 4.3.2 TRATAMENTO PRELIMINAR

O tratamento preliminar é constituído de duas grades finas em série, dois desarenadores em paralelo e uma calha Parshall para medição da vazão afluyente.

As Figuras 4.3 e 4.4 apresentam vista do tratamento preliminar



Figura -.4.3 Gradeamento

Figura -.4.4 Desarenadores

A limpeza das grades e dos desarenadores era realizada manualmente, com rastelo, uma vez ao dia, e o material sólido recolhido era colocado em uma caçamba de 4000 L e encaminhado ao aterro sanitário municipal.

Apesar do esgoto ser basicamente doméstico, foi verificado nos desarenadores um grande acúmulo de minério, devido ao fato de na cidade de Itabira estar localizada uma grande mineradora, a Companhia Vale do Rio Doce (CVRD). Apesar da cidade contar com um sistema separador de coleta de esgotos domésticos e drenagem pluvial, este minério era provavelmente levado pela chuva às redes coletoras chegando à ETE.

Em Dezembro de 2000 foi feita a limpeza do poço de sucção (Fig.4.7) das bombas e foram trocadas as grades do tratamento preliminar (Fig. 4.3), que já se encontravam danificadas. A partir daí foi verificada uma redução na quantidade de sólidos afluentes ao reator anaeróbio UASB.

### 4.3.3 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

Após passar pelo tratamento preliminar o esgoto é encaminhado para o poço de sucção da casa de bombas (Figuras 4.5, 4.6 e 4.7), composta por três bombas

(sendo uma delas de reserva) onde ocorre uma pequena derivação responsável pela alimentação do reator UASB compartimentado em escala piloto.

A casa de bombas e o poço de sucção estão apresentadas nas Figuras 4.5, 4.6 e 4.7



Figura -4.5 Vista da unidade de tratamento preliminar e da casa de bombas



Figura -4.6 - Vista das bombas



Figura -4.7 Vista poço de sucção

#### 4.3.4 PENEIRA

Após a implantação do sistema de automação da vazão afluente ao reator UASB compartimentado, verificou-se que a válvula controladora de vazão estava entupindo com muita frequência (várias vezes ao dia). Para um melhor desempenho na automação, optou-se pela instalação de uma peneira na tubulação de recalque que encaminhava o esgoto para o reator, dentro de um compartimento à montante das válvulas, que pudesse ser retirada e efetuada a

limpeza de sólidos grosseiros que porventura tivessem passado pelo tratamento preliminar, impedindo assim o entupimento das válvulas. A peneira foi instalada com uma malha de  $\frac{1}{2}$  polegada, tendo solucionado em grande parte os problemas de entupimento das válvulas. Na rotina de operação do reator foi inserida a atividade de limpeza do filtro, com frequência de duas vezes por semana.

As Figuras 4.8 e 4.9 mostram a peneira que antecede o reator UASB.



Figura -4.8 Vista do compartimento que contém a peneira



Figura -4.9 Vista do peneira e reator UASB

#### 4.3.5 REATOR ANAERÓBIO DE MANTA DE LODO (UASB)

O reator UASB compartimentado foi construído em 1997, sendo objeto de uma dissertação de mestrado (CARDOSO, 1997). Neste sistema, o esgoto percorre o reator em fluxo ascendente, passando inicialmente pelo leito de lodo localizado no fundo do reator (lodo denso, de alta atividade e com partículas de elevada capacidade de sedimentação), em seguida, pela manta de lodo (lodo mais disperso e leve) localizada acima do leito, sendo finalmente descartado em sua parte superior. A parte superior do reator apresenta um dispositivo (separador trifásico) que possibilita a separação de gases e retorno de sólidos, impedindo que estes últimos saiam com o efluente.

No reator UASB compartimentado, as variações de vazão são acomodadas em uma, duas ou três câmaras de digestão, fazendo com que as variações de velocidade ascensional em cada câmara sejam menores

A Tabela 4.3 apresenta as principais características do reator UASB compartimentado utilizado na pesquisa.

Tabela 4.3 Características do reator UASB compartimentado

Descrição	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Material
Tanque	3,40	3,00	1,2	Concreto armado
Separador trifásico	Base: .0,90 Topo: 0,20	Base: .0,90 Topo: 0,20	0,52	Chapa metálica
Câmara de digestão	1,00	1,00	1,70	Alvenaria

O reator UASB sofreu diversas alterações no funcionamento durante o período avaliado, sendo motivo de uma outra pesquisa em paralelo direcionada especificamente à automação como objeto de melhora no desempenho do reator.

A ETE piloto possui um sistema de automação que permite que a vazão afluente ao UASB seja controlada, compondo um hidrograma típico de esgotos domésticos.

A Figura 4.10 apresenta uma vista parcial do reator UASB compartimentado.



Figura -4.10 Vista do Reator anaeróbico de manta de lodo

A fim de obter maior precisão dos resultados, optou-se pela automação do sistema, constituída de válvula medidora/controladora de vazão (Fig.4.11) e amostradores automáticos.

A Figura 4.11 apresenta as válvulas controladoras de vazão instaladas em cada compartimento do reator UASB, permitindo assim que a vazão seja distribuída em uma, duas ou três câmaras



Figura -4.11 Vista do sistema de automação de vazão

#### 4.3.6 CAIXA DE DISTRIBUIÇÃO DE VAZÃO PARA AS LAGOAS

Apesar o reator UASB possuir um sistema de automação de vazão, o controle e o ajuste da vazão nas lagoas era efetuado manualmente.

O experimento teve 4 fases. Durante a fase 2 as medidas de vazão eram efetuadas diariamente, às 10:00 e às 14:00 horas, procurando-se assim obter dados da maior e menor vazão diárias, para posterior cálculo da média diária. Nas fases 3 e 4 as medidas eram efetuadas cinco vezes ao dia, às 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 e 16:00 horas, e a ajuste quando necessário.

Apesar da quantidade de medidas diárias, o ajuste para que as duas lagoas recebessem a mesma vazão nem sempre foi possível, devido à grande variação do efluente do reator UASB e ao fato de que ele estava em processo de implantação do sistema de automação.

A Figura 4.12 apresenta uma vista da caixa distribuidora de vazões.

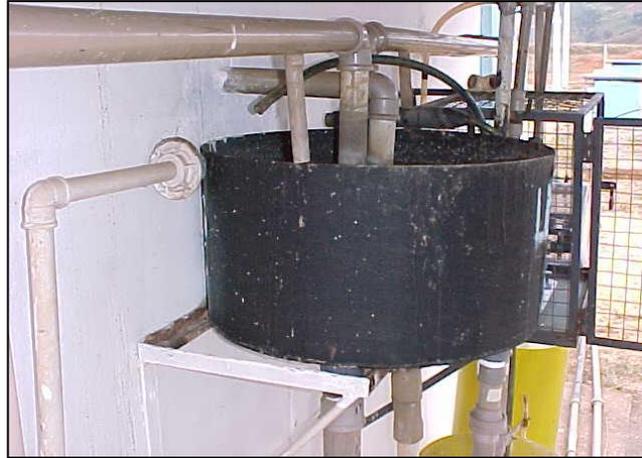


Figura -4.12 Vista da caixa distribuidora de vazões

A caixa distribuidora de vazões recebia o efluente do reator UASB e distribuía aproximadamente 80% para o sistema de escoamento superficial (que apesar de fazer parte da ETE piloto não é objeto desta pesquisa) e 10 % para cada uma das lagoas.

A divisão era feita por vertedores que deveriam distribuir a vazão igualmente para as duas lagoas. O que não foi observado, porque quando ocorria a variação da vazão devido ao funcionamento de 1, 2 ou 3 câmaras, a lâmina d'água ficava maior ora para uma, ora para outra lagoa.

#### **4.3.7 LAGOA COM CHICANAS**

O sistema conta com duas lagoas em paralelo, uma com chicanas e outra sem chicanas (cujo objetivo principal de projeto foi a remoção de patógenos que é baixa no UASB).

A lagoa com chicanas foi construída em 1997, inicialmente com sete chicanas, sendo objeto de uma dissertação de mestrado (BRITO, 1997). As características das lagoas estão apresentadas nas Tabelas 4.1 e 4.2.

As Figuras 4.13 e 4.14 apresentam a lagoa com chicanas, com sete chicanas (fase 1) e quatro chicanas (fases 2, 3 e 4).



Figura -.4.13 Vista da lagoa com sete chicanas (fase 1)



Figura -.4.14 Vista da lagoa com quatro chicanas (fases 2, 3 e 4)

A lagoa com chicanas trabalhou com sete chicanas (relação comprimento/largura de 32) na fase inicial da pesquisa, tendo passado posteriormente a operar com quatro chicanas (relação comprimento/largura) de 12,5 como mostra a Tabela 4.3.

Além da mudança na quantidade de chicanas, foi reduzida a borda da chicana que ficava fora d'água causando sombra dentro da lagoa.

### 4.3.8 LAGOA SEM CHICANAS

A lagoa sem chicanas foi construída com o objetivo de se comparar o seu desempenho com a lagoa com chicanas.

A lagoa sem chicanas operou em todas as fases com uma relação comprimento/largura de 2 e os demais dados em todas as fases estão apresentados nas Tabelas 4.1 e 4.2

A Figura 4.15 apresenta uma vista da lagoa sem chicanas



Figura -.4.15 Vista da lagoa sem chicanas (fases 1, 2, 3 e 4)

## 4.4 MONITORAMENTO DO SISTEMA

### 4.4.1 PARÂMETROS ANALIZADOS

O monitoramento do sistema iniciou-se em agosto de 1999 e estendeu-se até o mês de junho/2001. Foram realizadas análises físico-químicas de DBO, DQO, sólidos, NTK, N-amoniaco, nitrato, fósforo, e análises microbiológicas de *Escherichia coli*, coliformes totais e ovos de helmintos. As amostras foram coletadas no afluente e efluente do reator UASB e efluentes das lagoas nos pontos 1, 2, 7 (lagoa com chicanas) e 4 (lagoa sem chicanas), conforme Figura 4.17.

A Tabela 4.4 apresenta os parâmetros monitorados, a periodicidade das análises e o horário de coleta das amostras do afluente e efluente do UASB, e efluente das lagoas.

Tabela 4.4 Monitoramento do afluente ao UASB, efluente do UASB, e efluente das lagoas

Parâmetro	Periodicidade	Horário
pH	três dias por semana	8:00 e 14:00 horas
Oxigênio dissolvido	três dias por semana	8:00 e 14:00 horas
Temperatura	três dias por semana	8:00 e 14:00 horas
Vazão	cinco dias por semana	cinco vezes ao dia (8,10,12,14,16 hs)
DQO total	dois dias por semana	amostra composta 24 horas
DQO filtrada	dois dias por semana	amostra composta 24 horas
DBO total	dois dias por semana	amostra composta 24 horas
Sólidos em suspensão	dois dias por semana	amostra composta 24 horas
Sólidos sedimentáveis	dois dias por semana	amostra composta 24 horas
Amônia	um dia por semana	amostra composta 24 horas
NTK	um dia por semana	amostra composta 24 horas
Nitrato	um dia por semana	amostra composta 24 horas
Fósforo	um dia por semana	amostra composta 24 horas
Escherichia coli	um dia por semana	amostra pontual (10:00 hs)
Coliformes totais	um dia por semana	amostra pontual (10:00 hs)
Ovos de helmintos	um dia por semana	amostra composta 24 horas
Perfil <i>E.coli</i> e ovos de helmintos	um dia por semana (fases 2 e 4)	amostrador em coluna nas lagoas (10: 00 horas)

As medidas de pH e temperatura foram feitas nos mesmos pontos da coleta das amostras (1,2,3,4,5,6 e 7), três vezes por semana, às 8:00 e 14:00 horas. O oxigênio dissolvido foi medido nas lagoas a 20 e 80 cm (nas fases 1,2 e 3) e a 20 cm da lâmina d'água na fase 4. As medidas de pH e temperatura foram efetuadas a 20 cm da lâmina d'água. As medidas de vazão foram realizadas na entrada das lagoas três vezes ao dia, na fase 2, e cinco vezes ao dia nas fases 3 e 4, para a obtenção da média diária e do real tempo de detenção hidráulica das lagoas.

A Figura 4.16 mostra o croqui do sistema UASB/lagoas com todos os pontos de coleta de amostras inclusive os pontos dentro das lagoas sem chicanas. Ponto 3 (lagoa sem chicanas) e pontos 3, 4, 5, 6 (lagoa sem chicanas).

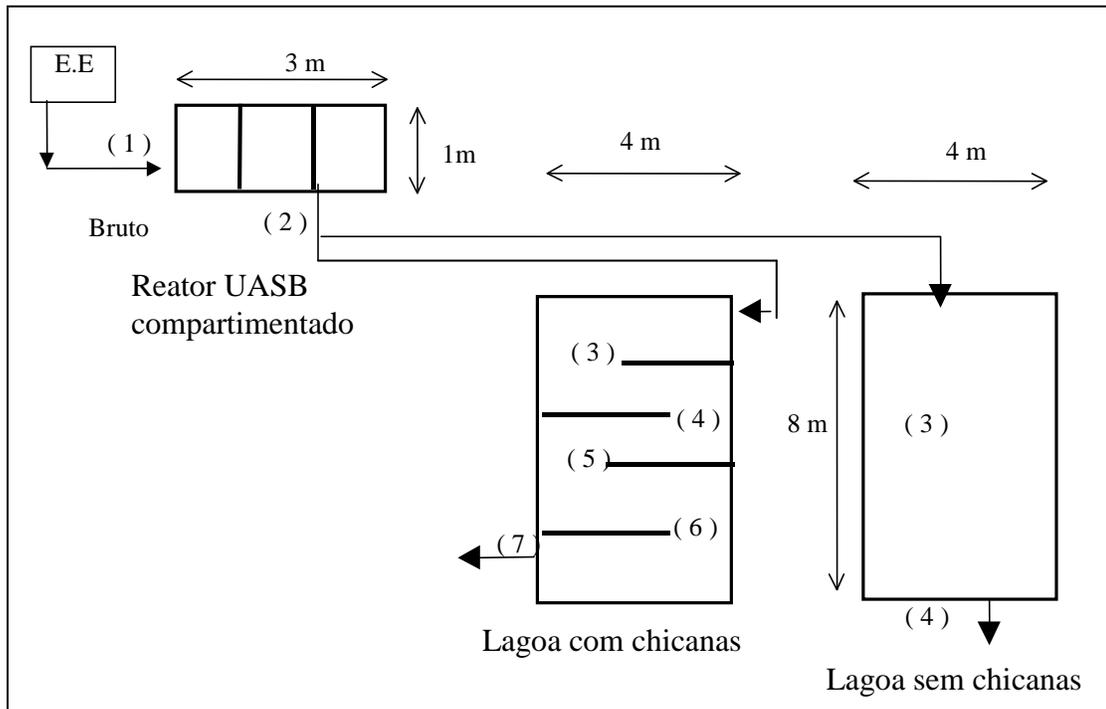


Figura -4.16 Pontos de amostragem do sistema pesquisado

Para a avaliação dos parâmetros microbiológicos (*E. coli* e ovos de helmintos) ao longo do perfil longitudinal das lagoas, pontos 3, 4, 5 e 6 (Figura 4.16, foram coletadas amostras em coluna nos pontos dentro das lagoas; e pontualmente no afluente e efluente de cada unidade, (ver Figura 4.16). A amostragem em coluna foi feita com um tubo de PVC de 100 mm de diâmetro, que permite a coleta de toda a coluna d'água, desde a superfície da lagoa até um ponto localizado a 20 cm do fundo, para evitar a coleta de lodo depositado no fundo da lagoa. Todas as amostras foram coletadas uma vez por semana, no horário compreendido entre 9:00 e 10:00 horas.

A Figura 4.17 mostra os pontos de coleta de amostras na lagoa com chicanas no afluente (ponto 1), efluente UASB (ponto 2), os pontos dentro da lagoa (para o perfil) com chicanas (3, 4, 5 e 6) e o efluente (ponto 7).

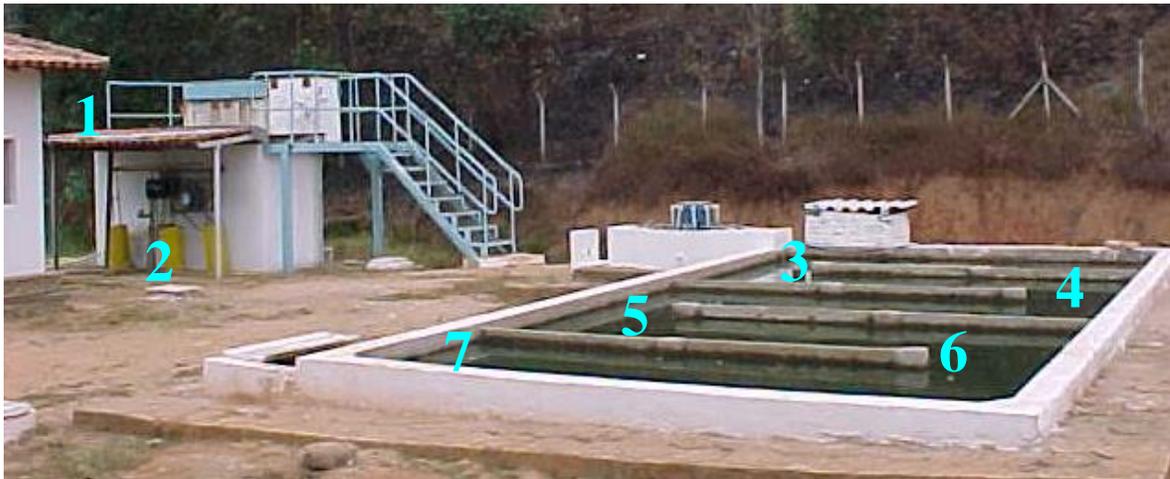


Figura -.4.17 Vista do Reator UASB compartimentado e da Lagoa com Chicanas com os pontos de coleta de amostras para o perfil

É importante ressaltar que durante a fase 2 o esgoto bruto foi coletado após o tratamento preliminar, antes da elevatória, e que nas Fases 3 e 4 foi coletado após a peneira, na entrada do reator UASB.

#### 4.4.2 MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO E ANÁLISE

As amostras foram preservadas em gelo e transportadas para processamento no Laboratório de Microbiologia do DESA/UFMG, sendo observados os tempos de coleta e preservação preconizados pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AWWA /APHA/WEF, 1998). Para a quantificação de *E. coli* foi utilizada a técnica do Substrato Definido/Quantitray 2000 – Colilert (AWWA/APHA/WEF, 1998). Para as análises de ovos de helmintos, foi utilizado o método da sedimentação, desenvolvido por BAILENGER (1979) e modificado por AYRES & MARA (OMS, 1996).

#### 4.4.3 AMOSTRADORES

Os amostradores automáticos foram instalados junto às caixas de passagem na entrada e na saída das unidades de tratamento, sendo controlados por “software”

que define os horários das coletas, sendo as amostras compostas pela coleta de um litro por hora durante 24 horas.

As amostras coletadas foram preservadas temporariamente no próprio amostrador e posteriormente encaminhadas para a realização de análises físico-químicas e bacteriológicas. A instalação destes dispositivos automáticos possibilitou maior agilidade na coleta de amostras e conseqüente otimização do monitoramento do sistema.

As Figuras 4.18, 4.19 apresentam os amostradores utilizados para coleta de amostras durante o período pesquisado



Figura -.4.18 Vista do amostrador automático



Figura -.4.19 Vista do amostrador em PVC 100 mm para coleta no perfil

Segundo KÖNIG 2000, a diversidade de algas nas lagoas de estabilização pode ser estudada através da identificação dos microrganismos presentes em amostras coletadas no efluente e na coluna d'água. Este tipo de amostra pode ser coletada em um tubo de PVC de comprimento adequado à profundidade do reator. Na extremidade inferior da coluna se coloca um dispositivo de abertura e fechamento que se maneja de cima através de um arame de aço inoxidável conectado a um suporte que permite introduzir na água a coluna de PVC aberta, até chegar à profundidade na qual se deseja coleta a amostra. Alcançada a profundidade desejada, fecha-se a coluna com o cabo aço. Ao se retirar a coluna da lagoa é

possível coletar "uma coluna da água" do reator, desde a superfície até o fundo (com exceção do lodo).

Para coleta de amostras ao longo da lagoa foi fabricado um dispositivo de PVC com válvulas (de garrafas de uísque) ao fundo que não permitiam que o líquido saísse após coletado. Este dispositivo permitia também que a amostra coletada fosse representativa do perfil analisado em todas as profundidades.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos após 687 dias de monitoramento, iniciando em agosto/1999 e finalizando em junho/2001, foram condensados em tabelas - resumo divididas por fases, apresentando estatísticas básicas (número de dados, mínimo, média geométrica (coliformes totais e *E.coli*), média aritmética (demais parâmetros), máximo, desvio padrão e mediana) para cada parâmetro analisado.

Foi analisado o desempenho do sistema UASB/Lagoa com chicanas e sem chicanas no item 5.1 e o comportamento das lagoas quanto à modelagem da remoção de poluentes no item 5.2. A avaliação do comportamento do reator UASB não é parte integrante desta pesquisa (tema coberto em outra dissertação de mestrado), sendo apresentados os valores afluentes e efluentes ao UASB pelo fato destes serem necessários para avaliação do desempenho do sistema e das lagoas.

As Tabelas 4.3 e 4.4 apresentam cada fase com seu respectivo período operacional e fornecem as principais características referentes a cada Fase Na fase 1 foram realizadas apenas análises microbiológicas (*E.coli* e ovos de hemintos

A pesquisa foi realizada ao longo de 23 meses, sendo dividida em 4 fases operacionais. A Tabela 5.1. resume cada fase com seu respectivo período operacional

Tabela 5.1 – Fases operacionais e dias de experimento

Fase	Período operacional	Dias de experimento	Total de dias
1	12/Ago-31/dez 1999	1-142	142
2	01/Jan-05/Set 2000	143-391	249
3	06/Set-15/Dez 2000	392-508	117
4	01/Jan-28/Jun 2001	509-687-	179

## 5.1 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA UASB/LAGOAS DE MATURAÇÃO

### 5.1.1 MATÉRIA ORGÂNICA

#### 5.1.1.1 DBO<sub>5</sub>

A Tabela 5.2 apresenta os valores das concentrações médias, a eficiência individual e do sistema UASB/Lagoas nas fases 2, 3 e 4.

Tabela 5.2 Estatísticas descritivas de concentrações de DBO e eficiências de remoção no sistema UASB/Lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001).

Fase	Estatística básica	Concentração DBO total (mg/L)				Eficiência (%)			Eficiência média do Sistema (%)	
		UASB		Efluente Lagoas		Reator UASB	Lagoas		UASB/Lagoas	
		Afluentes	Efluentes	Sem Chicanas	Com chicanas		Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
2	N dados	41	39	41	39	39	39	37	41	39
	Mínimo	120	70	39	20	-44	-31	-100	-25	8
	<b>Média</b>	<b>364</b>	<b>215</b>	<b>115</b>	<b>120</b>	<b>34</b>	<b>43</b>	<b>40</b>	<b>64</b>	<b>65</b>
	Máximo	600	360	340	300	88	81	90	93	96
	Desvio	130	69	62	70	26	29	38	23	20
	Mediana	360	210	98	104	36	55	50	74	68
3	N dados	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Mínimo	90	50	20	33	-18	-80	-94	4	-6
	<b>Média</b>	<b>289</b>	<b>167</b>	<b>87</b>	<b>92</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>65</b>	<b>62</b>
	Máximo	686	412	211	233	78	90	88	92	92
	Desvio	174	95	57	55	25	42	44	24	24
	Mediana	241	149	72	85	40	51	48	71	71
4	N dados	28	27	27	25	27	26	24	27	25
	Mínimo	130	70	10	20	9	-31	-57	33	24
	<b>Média</b>	<b>251</b>	<b>113</b>	<b>61</b>	<b>73</b>	<b>49</b>	<b>46</b>	<b>33</b>	<b>73</b>	<b>65</b>
	Máximo	720	150	170	160	82	90	81	96	90
	Desvio	121	22	37	34	19	34	32	16	20
	Mediana	233	117	57	70	50	55	37	77	68

Notas :Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

Foi observado um decréscimo no valor médio da DBO no esgoto bruto ao longo das fases: 364, 289, e 251 mg/l, nas fases 2, 3 e 4 respectivamente. O valor médio esteve dentro dos valores citados na literatura de 250 - 350 mg/L (VON SPERLING, 1996a), 200 - 350 mg/L (CAVALCANTI *et al* 2001), exceto na fase 2 que esteve ligeiramente superior (nesta fase o coletor de amostras para esgoto bruto estava posicionado antes da estação elevatória).

No entanto, o efluente do reator UASB manteve valores superiores ao indicado pela literatura: 50 a 100 mg/L (CAVALCANTI *et al* 2001) e de valores de 124 mg/l

encontrados por BRITO (1997), tendo sido observados valores médios de 215, 167 e 113 mg/L nas fases 2, 3 e 4 respectivamente. Apenas na fase 4 o efluente se aproximou ao valor esperado pela literatura.

As Figuras 5.1 e 5.2 apresentam o gráfico Box and Whiskers e a série temporal da DBO total no sistema UASB/lagoas ao longo das fases 2, 3 e 4.

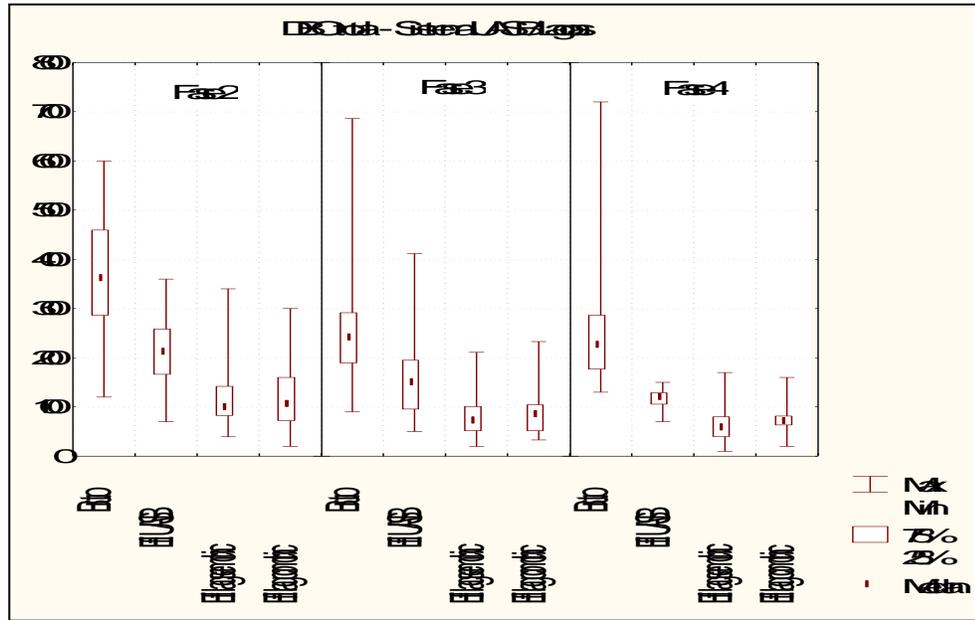


Figura -5.1 Box and Whiskers Sistema UASB/Lagoas - fases 2, 3 e 4

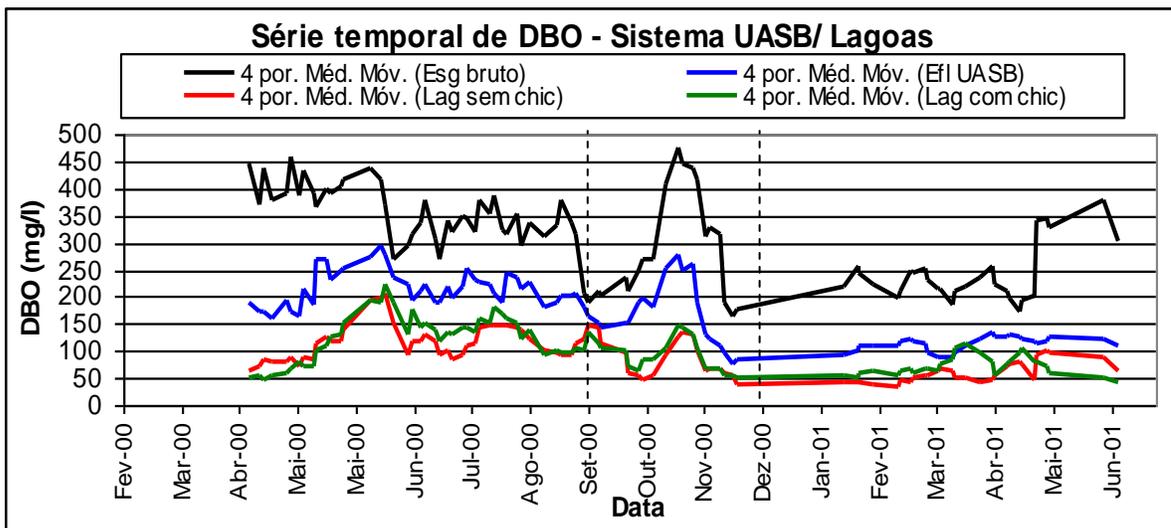


Figura -5.2 Série temporal de DBO total ao longo das fases 2, 3 e 4

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 - Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

A Figura 5.2 apresenta a média móvel de 4 pontos, o que corresponde a uma média quinzenal, sendo que as amostras eram coletadas duas vezes por semana,

onde pode ser observado que em abril/00 e no início da fase 4 (fevereiro, março e abril/01) o efluente das lagoas esteve inferior a 60 mg/L, valor máximo permitido para lançamento de efluentes em corpos d'água. (Tabela 3.2).

O reator UASB apresentou baixa eficiência, em média, devido ao reduzido tempo de detenção hidráulica adotado (5,0 e 7,0 horas), à reduzida altura do reator (3 m, enquanto que o usual é superior a 4,5 m) e principalmente devido ao regime hidráulico transiente a que foi imposto, levando-o a adquirir grandes velocidades ascensionais no lodo durante os horários de maior vazão. Este fato elevou também a quantidade de sólidos afluentes ao sistema, o que conseqüentemente afetou o desempenho das lagoas, que trabalharam em sobrecarga orgânica grande parte do tempo. Este fato encontra-se detalhado por BRITO *et al* (2001).

A concentração média de DBO efluente das lagoas variou de maneira decrescente ao longo das fases, com a lagoa sem chicanas apresentando um efluente ligeiramente inferior à lagoa com chicanas em todas as fases. O valor médio da DBO efluente das lagoas sem chicanas e com chicanas foi respectivamente: 115 e 120 mg/L (fase 1), 87 e 92 mg/L (fase 2), 61 e 73 mg/L (fase 3), não atendendo aos padrões de lançamento (DN 10/86 COPAM, Minas Gerais - inferior a 60 mg/L), em nenhuma das fases.

A Figura 5.3 apresenta a série temporal das eficiências de remoção de DBO total durante as fases 2, 3 e 4.

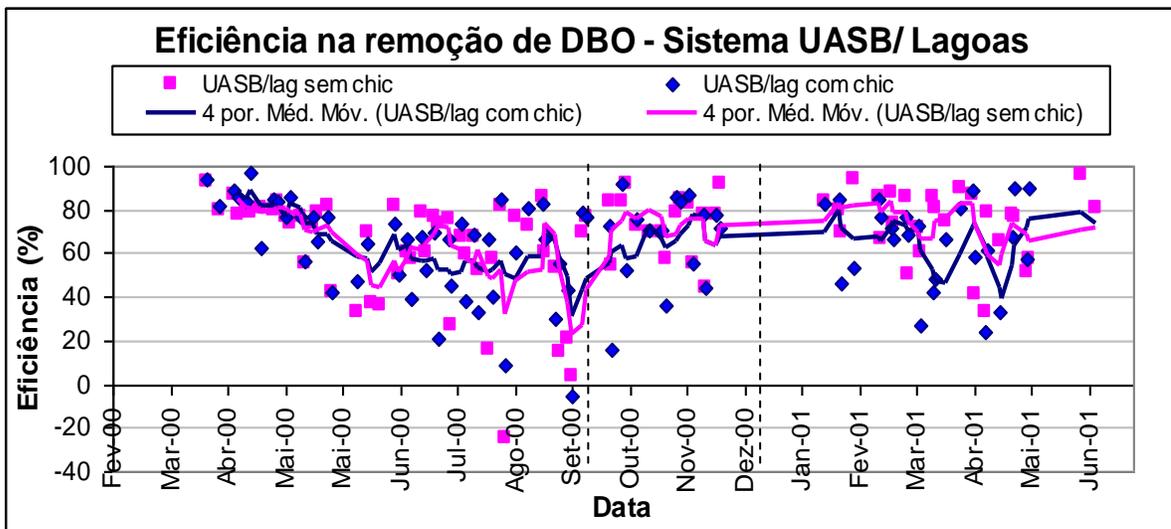


Figura -5.3 Eficiência de remoção de DBO total no Sistema UASB/Lagoas

OBS: Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

**Sistema UASB/Lagoa sem chicanas x UASB/ Lagoa com chicanas**

A eficiência total do sistema, nas fases 2, 3 e 4, foi de 64, 65 e 73% (UASB/Lagoa sem chicanas) e 65, 62, e 65% (UASB/Lagoa com chicanas), tendo sido

observada uma melhora gradual no desempenho do sistema UASB /lagoa sem chicanas ao longo das 3 fases operacionais.

Nas fases 3 e 4, o sistema UASB/Lagoa sem chicanas apresentou melhor desempenho médio na remoção de DBO e na fase 2 houve maior remoção no sistema UASB/Lagoa com chicanas.

### Remoção complementar das lagoas (comparação entre fases)

A remoção complementar individual da lagoa sem chicanas (em média) foi melhor que a com chicanas, em todas as fases (43, 40, e 46 %); enquanto que na lagoa com chicanas foi de 40, 35 e 33%, nas fases 2, 3 e 4 respectivamente.

As lagoas de polimento não foram projetadas para a remoção de DBO e sim para remoção de patógenos. No entanto, foi observada uma considerável remoção complementar nas duas lagoas. É importante ressaltar que uma das principais atividades que ocorrem dentro das lagoas é a fotossíntese realizada pelas algas, que usam a energia luminosa, representada pelo sol, para reduzir o dióxido de carbono, transformando-o em material orgânico celular, que sai no efluente em forma de algas.

#### 5.1.1.2 DQO Total

A Tabela 5.3 apresenta os valores das concentrações médias, a eficiência individual e do sistema UASB/Lagoas nas fases 2, 3 e 4.

Tabela 5.3 Estatísticas descritivas de concentrações e eficiências de remoção de DQO total no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001)

Fase	Estatística básica	Concentração DQO total (mg/L)				Eficiência (%)			Eficiência Sistema (%)	
		UASB		Efluente Lagoas		Reator UASB	Lagoas		UASB/Lagoas	
		Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas		Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
2	N dados	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Mínimo	192	144	137	128	10	-247	-163	-109	-37
	<b>Média</b>	<b>547</b>	<b>329</b>	<b>293</b>	<b>285</b>	<b>37</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>40</b>	<b>43</b>
	Máximo	999	558	968	657	64	73	70	85	80
	Desvio	197	101	151	127	15	55	47	38	28
	Mediana	536	324	284	244	35	11	24	49	48
3	N dados	22	23	23	23	22	23	23	22	22
	Mínimo	218	83	73	83	-110	-49	-120	-15	-35
	<b>Média</b>	<b>437</b>	<b>253</b>	<b>212</b>	<b>249</b>	<b>36</b>	<b>8</b>	<b>-4</b>	<b>48</b>	<b>39</b>
	Máximo	1024	531	510	606	74	68	58	74	77
	Desvio	182	123	86	138	43	27	42	22	30
	Mediana	423	228	195	210	51	12	-3	51	46
4	N dados	29	28	29	27	28	28	26	29	27
	Mínimo	149	106	10	84	-8	-76	-102	4	-56
	<b>Média</b>	<b>518</b>	<b>203</b>	<b>157</b>	<b>217</b>	<b>52</b>	<b>21</b>	<b>-11</b>	<b>63</b>	<b>45</b>
	Máximo	1261	319	434	410	92	93	55	97	93
	Desvio	264	60	85	68	22	37	37	23	31
	Mediana	453	197	143	210	51	22	-14	63	56

Notas:\*Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias

A Figura 5.5 mostra a variação da concentração de DQO total ao longo das fases operacionais. Observa-se que há uma grande variação da DQO do esgoto afluente ao reator UASB, com valor mínimo de 149 mgDQO/L (fase 4) e máximo de 1261 mgDQO/L (fase 4), sendo também a fase 4 que apresentou maior desvio padrão (264 mgDQO/L).

A concentração no esgoto bruto de DQO total, segundo VON SPERLING, (1996a) deveria estar na faixa de 450 a 800 mg/l, sendo que os valores médios observados estão dentro desta faixa, 547, 437 e 518 mg/l (fases 2, 3 e 4 respectivamente). A mediana esteve próxima ao valor médio do esgoto bruto na fase 2 (média 547 e mediana 536 mgDQO/L) e fase 3 (media 437 e mediana 423 mgDQO/L), enquanto que na fase 4 o valor médio foi de 518 e a mediana foi 453mg/L.

A concentração do efluente do reator UASB apresentou um decréscimo ao longo das fases 2, 3 e 4 respectivamente: 329, 253, e 203 mgDQO/L, indicando uma melhora gradual no desempenho do reator UASB.

Os valores médios do efluente das lagoas sem chicanas e com chicanas foram de 293 e 285 mgDQO/L (fase 2), 212 e 249 mgDQO/L (fase 3), 157 e 217 mgDQO/L (fase 4). Em nenhuma das fases o efluente das lagoas atendeu ao padrão (do estado de Minas Gerais) para lançamento de efluentes em corpos d'água (Tabela 3.2) que deveria ser menor que 90 mgDQO/L.

As Figuras 5.4 e 5.5 apresentam o gráfico Box and Whiskers e a série temporal da DQO total no sistema UASB/lagoas ao longo das fases 2, 3 e 4.

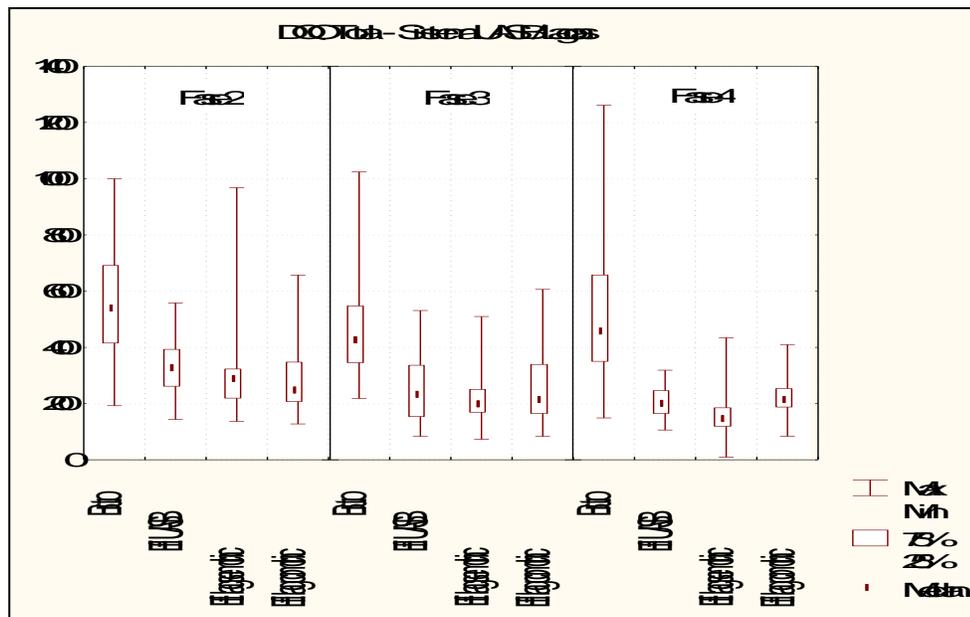


Figura -.5.4 Box plot DQO total Sistema UASB/Lagoas

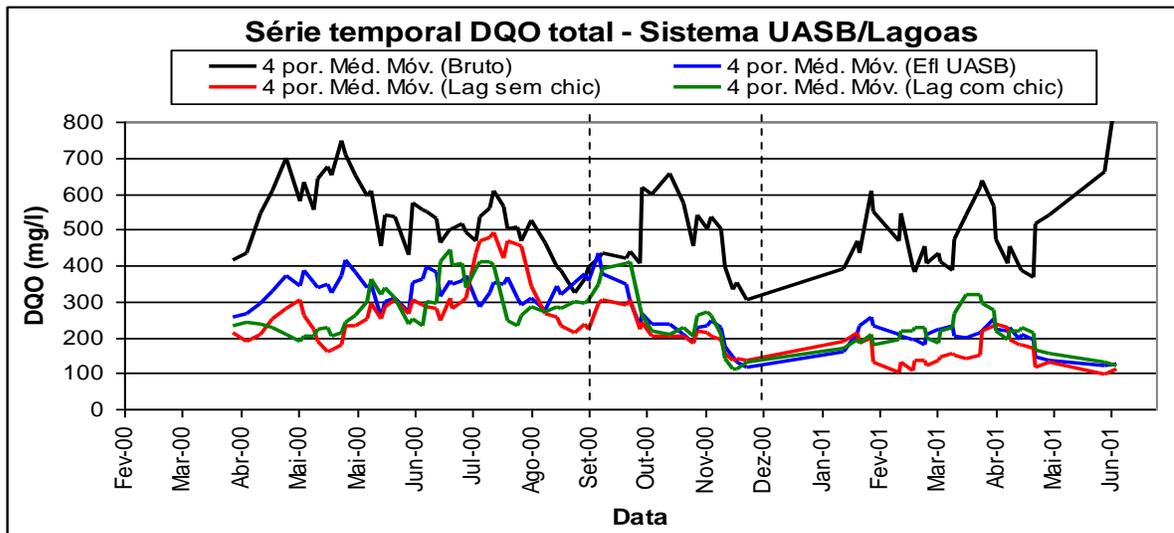


Figura -5.5 Série temporal de DQO total ao longo das fases 2,3 e 4.

OBS: Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

Houve uma variação temporal da DQO bruta ao longo dos meses pesquisados, podendo ser observado na Figura 5.5 que nos meses de Abril e Maio/00, a concentração foi mais elevada (em torno de 600 mgDQO/L); nos meses Junho, Julho e Agosto/00 a concentração permaneceu por volta de 500mgDQO/L e nos demais meses sofreu picos próximos de 600 mgDQO/L, com valores intermediários bastante variados.

A remoção complementar de DQO efetuada pelas lagoas foi muito baixa, chegando a ser negativa nas fases 3 (-4%) e 4 (-11%) na lagoa com chicanas.

Segundo KÖNIG (2000), a presença de algas no efluente aumenta também os valores de DBO<sub>5</sub>, DQO e sólidos suspensos, o que justifica o valor da DQO efluente nas lagoas com chicanas na fase 4, superior ao afluente (eficiência negativa). Nesta fase, foi observado que a lagoa com chicanas esteve mais "verde", com uma maior quantidade de algas.

Considerando a eficiência de remoção de DQO como na Equação 5.1, foi feita a Tabela 5.4.

$$Eficiência = \frac{(DQO_{totalAfl.} - DQO_{filtradaEfl.})}{DQO_{totalAfl.}} \quad (5.1)$$

A Tabela 5.4 apresenta as eficiências individuais e do sistema UASB/Lagoas, na remoção de DQO nas fases 2, 3 e 4, segundo a Equação 5.1

Tabela 5.4 Eficiências de remoção de DQO no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001), considerando-se a DQO total afluyente e a DQO filtrada efluente.

Fase	Estatística básica	Eficiência (%)			Eficiência Sistema (%)	
		Reator UASB	Lagoas		UASB/Lagoas	
			Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
2	N dados	42	42	42	42	42
	Mínimo	46	41	4	66	35
	<b>Média</b>	<b>71</b>	<b>73</b>	<b>68</b>	<b>83</b>	<b>81</b>
	Máximo	87	95	95	98	96
	Desvio	9	12	20	8	12
	Mediana	72	73	73	82	84
3	N dados	20	21	22	20	21
	Mínimo	59	46	-55	62	20
	<b>Média</b>	<b>82</b>	<b>72</b>	<b>66</b>	<b>83</b>	<b>79</b>
	Máximo	96	96	95	98	98
	Desvio	10	16	35	10	21
	Mediana	84	70	80	84	85
4	N dados	28	27	25	28	26
	Mínimo	47	15	27	34	49
	<b>Média</b>	<b>75</b>	<b>68</b>	<b>61</b>	<b>84</b>	<b>80</b>
	Máximo	99	100	93	100	99
	Desvio	14	18	22	14	15
	Mediana	73	67	67	86	84

Notas :Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias

A Figura 5.6 apresenta a série temporal das eficiências de remoção de DQO total durante as fases 2, 3 e 4.

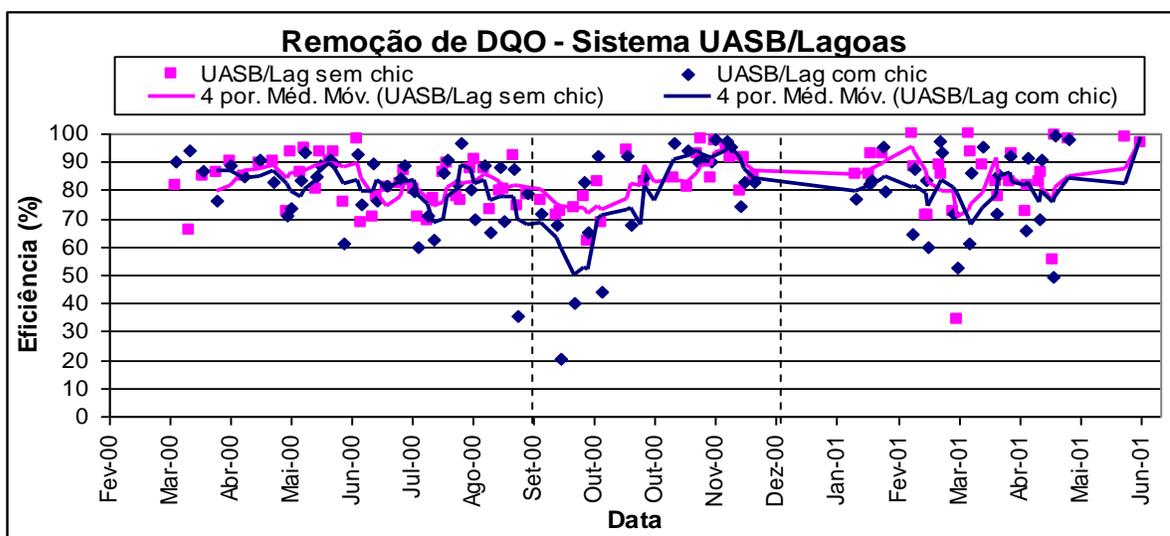


Figura -5.6 Série temporal remoção DQO Sistema UASB/Lagoas

OBS: Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

Obs.: A eficiência = (DQO total afl. - DQO filtrada efl. )/ DQO total afl.

### Sistema UASB/Lagoa sem chicanas x UASB/ Lagoa com chicanas

A eficiência total do sistema nas fases 2, 3 e 4, foi de 83, 83 e 84% (UASB/Lagoa sem chicanas) e 81, 79, e 80% (UASB/Lagoa com chicanas). Tendo sido observada uma eficiência ligeiramente superior no sistema UASB/Lagoa sem chicanas em todas as três fases.

### Remoção complementar das lagoas (comparação entre fases)

A remoção complementar individual da lagoa sem chicanas (em média) foi melhor que a com chicanas, em todas as fases (73, 72, e 68 %); enquanto que na lagoa com chicanas foi de 68, 66 e 61%, nas fases 2, 3 e 4 respectivamente.

#### 5.1.1.3 DQO filtrada e DQO particulada

A Tabela 5.5 apresenta as estatísticas descritivas das concentrações de DQO filtrada e particulada no sistema UASB/Lagoas, nas fases 2, 3 e 4.

Tabela 5.5 Estatísticas descritivas das concentrações de DQO filtrada e DQO particulada no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001).

Fase	Estatística básica	DQO filtrada (mg/L)				DQO particulada (mg/L)			
		UASB		Efluente Lagoas		UASB		Efluente Lagoas	
		Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas	Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas
2	N dados	42	42	42	42	42	42	42	42
	Mínimo	67	45	12	15	68	72	77	18
	<b>Média</b>	<b>191</b>	<b>152</b>	<b>87</b>	<b>103</b>	<b>356</b>	<b>177</b>	<b>207</b>	<b>183</b>
	Máximo	480	312	258	318	724	344	908	524
	Desvio	77	55	42	68	153	67	150	105
	Mediana	184	143	76	86	350	164	170	141
3	N dados	18	21	21	22	19	21	22	22
	Mínimo	38	10	11	10	47	51	53	47
	<b>Média</b>	<b>134</b>	<b>78</b>	<b>70</b>	<b>84</b>	<b>313</b>	<b>168</b>	<b>150</b>	<b>171</b>
	Máximo	227	164	175	353	797	425	417	564
	Desvio	59	45	46	83	163	96	81	115
	Mediana	128	71	65	54	312	150	136	137
4	N dados	29	28	26	26	29	28	26	27
	Mínimo	46	7	10	10	85	22	22	62
	<b>Média</b>	<b>158</b>	<b>105</b>	<b>68</b>	<b>74</b>	<b>359</b>	<b>98</b>	<b>96</b>	<b>146</b>
	Máximo	286	187	130	149	1151	170	334	377
	Desvio	64	52	34	41	258	38	73	70
	Mediana	144	105	70	73	296	87	78	148

Notas :Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

A Tabela 5.5 mostra que o valor máximo da DQO filtrada no esgoto bruto foi de 480 mg/L (fase 2) e que o mínimo foi de 38 mg/L (fase 3). Para DQO particulada os valores máximo e mínimo foram de 1151 mg/L (fase 4) e 47 mg/L (fase 3) e o maior desvio padrão (258 mg/L) foi detectado na fase 4.

As Figuras 5.7 e 5.8 apresentam a série temporal da DQO filtrada e DQO particulada durante as fases 2, 3 e 4.

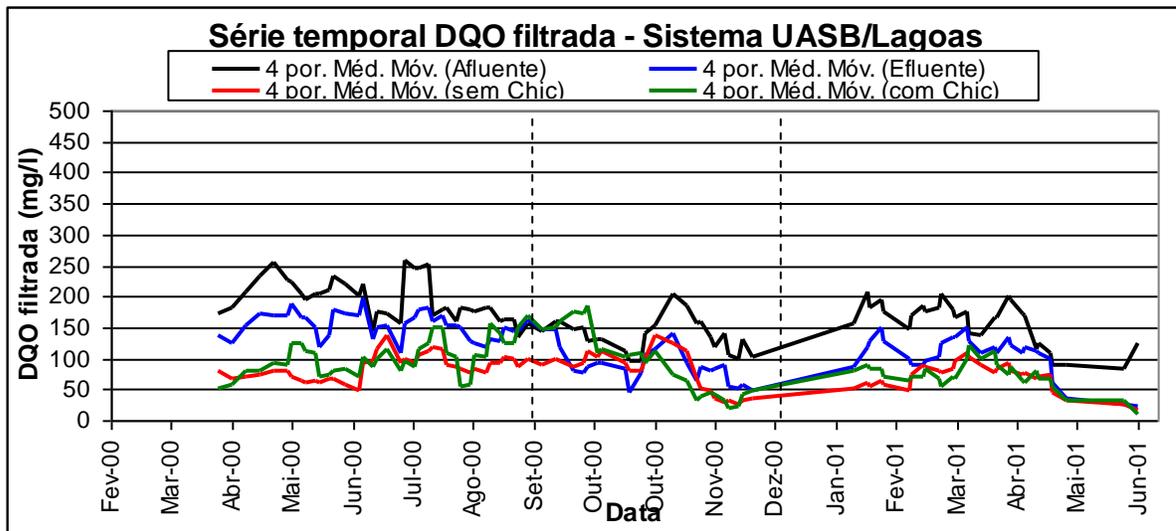


Figura -.5.7 Série temporal DQO filtrada ao longo das fases 2,3 e 4.

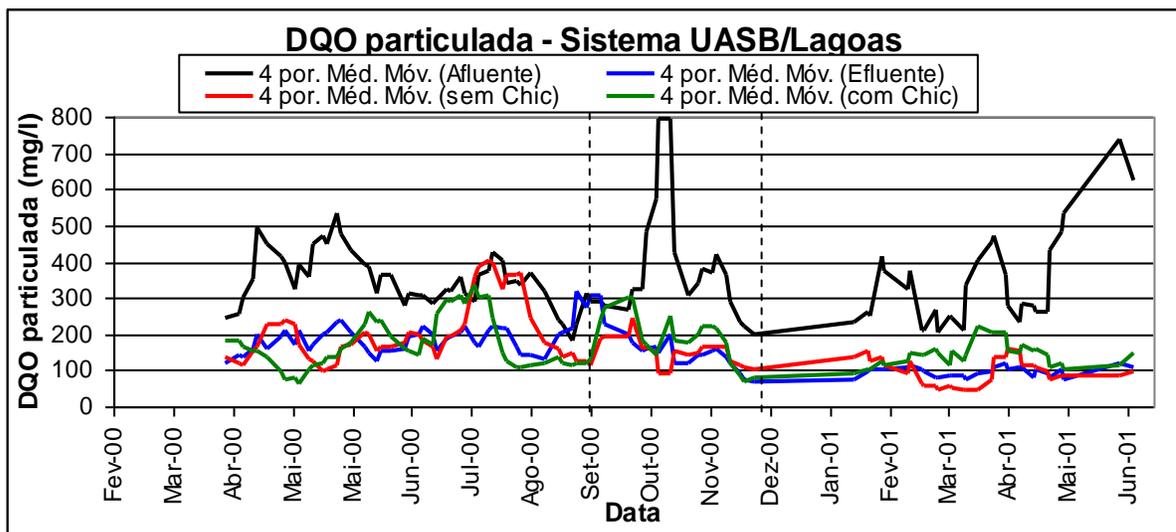


Figura -.5.8 Série temporal DQO particulada ao longo das fases 2, 3 e 4.

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

A DQO total é considerada como a DQO solúvel + DQO particulada. A DQO particulada do esgoto bruto é devida aos sólidos em suspensão, que são convertidos em dissolvidos (DQO filtrada), através de enzimas lançadas ao meio pelas próprias bactérias. A DQO total do efluente é causada por duas fontes: pela DQO remanescente do tratamento (DQO solúvel) e a DQO causada pelos sólidos em suspensão (DQO particulada), que em lagoas de polimento, são predominantemente algas. (VON SPERLING, 1996 a).

Devido à dificuldade de se avaliar o consumo de oxigênio que realmente ocorre no corpo receptor em função da quantidade de DQO no efluente de lagoas facultativas, uma abordagem prática é a de se desconsiderar a DQO das algas, ou dos sólidos em suspensão. Assim, a DQO das lagoas facultativas pode ser considerada como sendo apenas a DQO solúvel, como proposto pela legislação europeia para esgotos urbanos. (VON SPERLING, 1996c).

### **DQO filtrada**

A DQO filtrada no efluente da lagoa com chicanas foi superior à da lagoa sem chicanas em todas as fases, sendo de 87 e 103 mg/L (fase 2), 70 e 84 mg/L (fase 3), 68 e 74 mg/L (fase 4) para a lagoa sem chicanas e com chicanas respectivamente.

O valor mínimo da DQO filtrada efluente foi de 10 mg/L nas lagoas com chicanas e sem chicanas na fase 4 e na lagoa sem chicanas na fase 3. O maior valor encontrado foi de 353 mg/L na lagoa com chicanas na fase 3, sendo que também nesta fase foi observado o maior desvio padrão 353 mg/L (Tabela 5.5).

Segundo a Tabela 5.5, foi observado um decréscimo nos valores médios da DQO filtrada ao longo das fases 2, 3 e 4 nas duas lagoas, mostrando uma melhora gradativa na qualidade do efluente, já que a DQO filtrada ou solúvel no efluente é a parte da remanescente da DQO do esgoto bruto.

### **DQO particulada**

O valor da DQO particulada no efluente das duas lagoas foi sempre superior à DQO particulada afluente, exceto nas fases 3 e 4 na lagoa sem chicanas.

O valor máximo de DQO particulada efluente das lagoas foi de 908 mg/L, encontrado na fase 1 na lagoa sem chicanas, e o valor mínimo foi de 18 mg/L (fase 1), na lagoa com chicanas.

Também foi observada uma diminuição no valor da DQO particulada no efluente das duas lagoas ao longo das fases 2, 3 e 4.

### 5.1.1.4 Relação DQO/DBO total

A Tabela 5.6 apresenta as estatísticas descritivas da relação DQO total/ DBO total no sistema UASB/lagoas nas fases 2, 3 e 4,

Tabela 5.6 Estatísticas descritivas da relação DQO total/ DBO total no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001)

Fase	Estatística básica	Relação DQO/ total			
		UASB		Efluente Lagoas	
		Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas
2	N dados	38	36	38	36
	Mínimo	0,7	0,7	0,8	1,0
	<b>Média</b>	<b>1,8</b>	<b>1,6</b>	<b>2,9</b>	<b>2,8</b>
	Máximo	4,5	3,3	7,0	6,9
	Desvio	0,9	0,6	1,4	1,5
	Mediana	1,6	1,6	2,8	2,4
3	N dados	19	20	20	20
	Mínimo	0,4	0,9	0,9	1,0
	<b>Média</b>	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,0</b>
	Máximo	4,1	3,8	13,4	12,7
	Desvio	0,9	0,8	2,9	3,1
	Mediana	2,2	1,8	3,5	3,0
4	N dados	27	26	27	25
	Mínimo	0,6	0,8	0,6	1,2
	<b>Média</b>	<b>2,0</b>	<b>1,8</b>	<b>3,0</b>	<b>3,5</b>
	Máximo	3,8	3,2	8,8	7,9
	Desvio	0,7	0,6	2,1	2,0
	Mediana	2,1	1,8	2,3	3,3

Nota :Média aritmética

Para esgotos domésticos brutos, a relação DQO/DBO<sub>5</sub> varia em torno de 1,7 a 2,4. Dependendo da magnitude da relação, pode-se tirar conclusões sobre a biodegradabilidade dos despejos e do processo de tratamento a ser empregado (BRAILE e CAVALCANTI, 1979, citado por VON SPERLING, 1996a)

A relação DQO/DBO<sub>5</sub> varia também à medida que o esgoto passa pelas diversas unidades de tratamento. A tendência para a relação é aumentar, devido à redução paulatina da fração biodegradável, ao passo que a fração inerte permanece inalterada. Assim o efluente final do tratamento biológico possui valores da relação DQO/ DBO<sub>5</sub> usualmente superiores a 3,0 (VON SPERLING 1996b). Conforme Tabela 5.6, os valores médios da relação DQO/DBO<sub>5</sub> no esgoto bruto foram 1,8; 2,1 e 2,0 nas fases 2, 3 e 4 respectivamente, estando de acordo com a literatura (VON SPERLING, 1996b).

No efluente das lagoas foi observado um aumento na relação DQO/ DBO<sub>5</sub> em relação ao afluente, indicando um aumento na fração não biodegradável no efluente.

A Figura 5.9 apresenta a série temporal da DQO total/DBO total no sistema UASB/Lagoas durante as fases 2, 3 e 4.

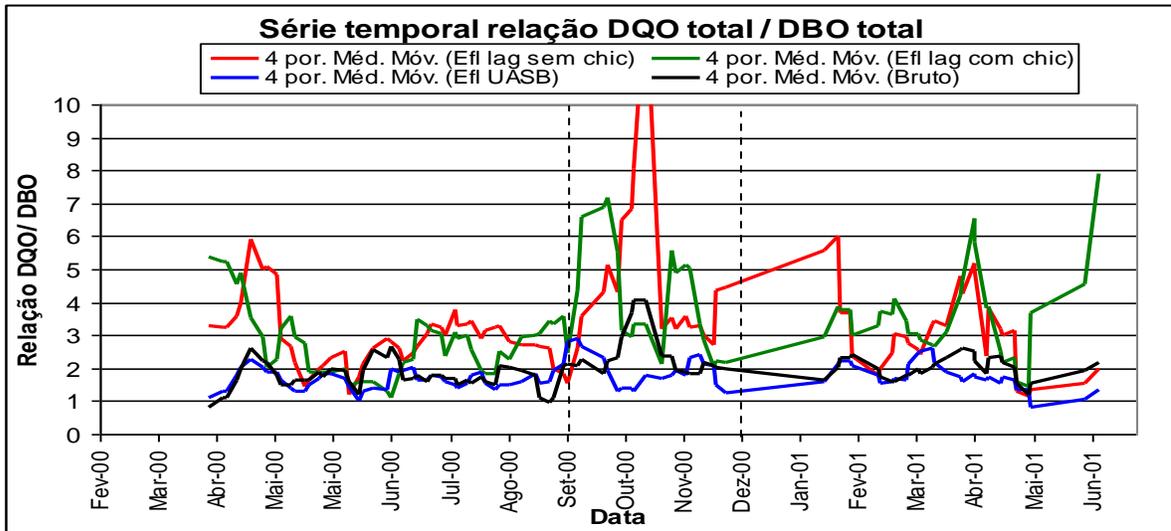


Figura -5.9 Série temporal de DQO total/DBO<sub>5</sub> ao longo das fases 2,3 e 4.

OBS: Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

Na figura 5.9 observa-se que na fase 2 os valores DQO/DBO total mostraram-se mais homogêneos, sem grandes variações. Na fase 3 houve grandes variações na relação DQO/DBO total, tanto no esgoto bruto, quanto no efluente das lagoas. Na fase 3 foi observada uma grande variação no esgoto bruto, tanto na DQO, quanto na DBO (ver figuras 5.1 e 5.5), sendo também o período de menor eficiência na remoção de DQO (figuras 5.6).

As Figuras 5.10, 5.11, 5.12 e 5.13 apresentam a correlação entre DQO e DBO em cada unidade experimental no sistema UASB/Lagoas durante as fases 2, 3 e 4.

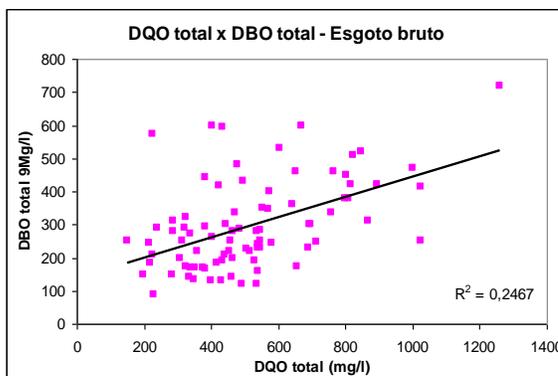


Figura -5.10 Correlação entre DQO e DBO - Esgoto bruto

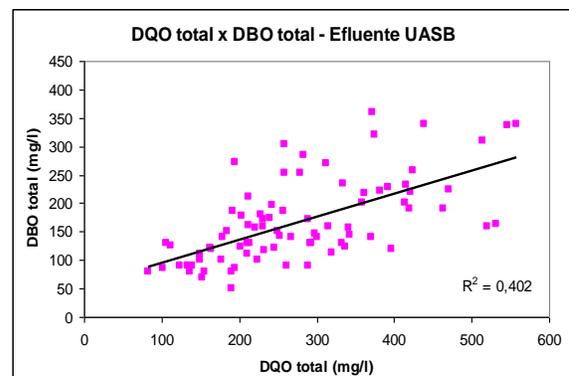


Figura -5.11 Correlação entre DQO e DBO - Efluente UASB

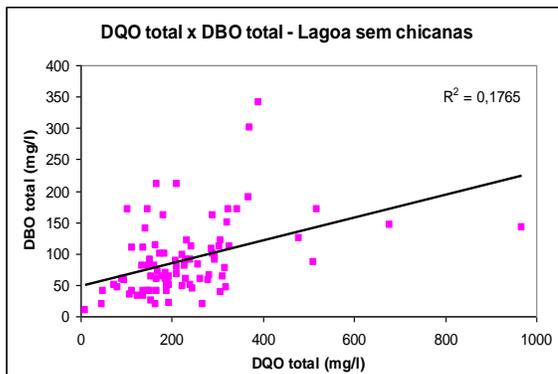


Figura -5.12 Correlação entre DQO e DBO - Lagoa sem chicanas

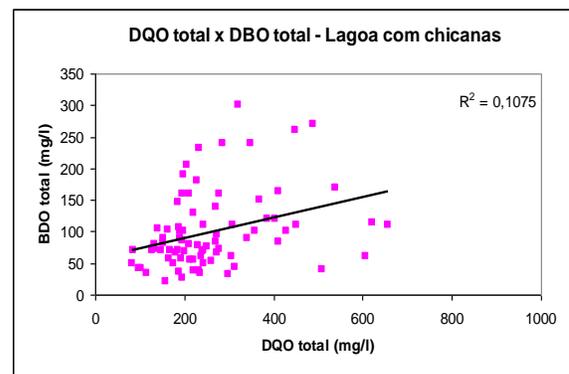


Figura -5.13 Correlação entre DQO e DBO - Lagoa com chicanas

O maior coeficiente de correlação apresentado nas Figuras 5.10 a 5.13 foi no efluente do reator UASB (0,402), e o menor foi na lagoa sem chicanas (0,018).

Na lagoa sem chicanas os valores de DBO e DQO estavam mais compactos, na maioria menores que 400 mg/L (para DQO) e menores que 250 mg/L (para DBO) com alguns pontos dispersos. A lagoa com chicanas apresentou uma dispersão maior dos dados quando comparada com a lagoa sem chicanas.

## 5.1.2 SÓLIDOS

### 5.1.2.1 Sólidos suspensos totais

A Tabela 5.7 apresenta os valores das concentrações e eficiências de remoção sólidos suspensos totais no sistema UASB/Lagoas nas fases 2, 3 e 4.

Tabela 5.7 Estatísticas descritivas das concentrações e eficiências de remoção de Sólidos suspensos totais no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001)

Fase	Estatística básica	Concentração Sólidos suspensos totais (mg/L)				Eficiência (%)			Eficiência Sistema (%)	
		UASB		Efluente Lagoas		Reator UASB	Lagoas		UASB/Lagoas	
		Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas		Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
2	N dados	40	39	40	40	39	39	39	40	40
	Mínimo	108	38	20	4	-5	-359	-387	-253	-76
	<b>Média</b>	<b>311</b>	<b>129</b>	<b>154</b>	<b>128</b>	<b>51</b>	<b>-26</b>	<b>-11</b>	<b>35</b>	<b>52</b>
	Máximo	930	237	620	386	93	80	94	94	99
	Desvio	185	50	109	86	21	86	94	70	37
	Mediana	268	128	133	111	51	-1	24	49	64
3	N dados	21	20	21	21	20	20	20	21	21
	Mínimo	106	14	44	37	40	-216	-257	-81	-20
	<b>Média</b>	<b>336</b>	<b>97</b>	<b>133</b>	<b>117</b>	<b>68</b>	<b>-60</b>	<b>-50</b>	<b>46</b>	<b>55</b>
	Máximo	960	270	290	214	90	44	72	88	89
	Desvio	237	61	56	53	14	72	89	38	27
	Mediana	260	81	122	117	68	-59	-9	54	65
4	N dados	29	29	29	26	28	28	25	28	25
	Mínimo	43	18	6	10	15	-231	-318	-20	-181
	<b>Média</b>	<b>242</b>	<b>53</b>	<b>58</b>	<b>117</b>	<b>65</b>	<b>-7</b>	<b>-131</b>	<b>64</b>	<b>10</b>
	Máximo	847	116	150	230	97	81	75	97	93
	Desvio	204	21	48	42	23	86	102	33	76
	Mediana	162	51	36	116	71	21	-126	83	31

Notas :Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

Segundo VON SPERLING (1996a), os valores típicos de sólidos suspensos totais no esgoto bruto variam de 200 a 450 mg/L, ao passo que CAVALCANTI *et al* (2001) citam de 300 a 400 mg/L.

Os valores médios de sólidos totais no esgoto bruto foram de 311, 336 e 242 nas fases 2, 3 e 4 respectivamente, estando de acordo com a literatura. O menor valor foi de 43 mg/L na fase 3 e o maior valor foi de 960 mg/L na fase 2. Em todas as fases o valor da mediana não esteve próximo da média, e o desvio padrão foi elevado: 185, 237 e 204 nas fases 2, 3 e 4 respectivamente.

Segundo MARA (1995), citado por VON SPERLING (1996c), os sólidos em suspensão de lagoas facultativas são em torno de 60 a 90 % algas. Cada 1 mg de algas gera uma DBO<sub>5</sub> em torno de 0,45 mg, fato este que explica a quantidade de sólidos no efluente das lagoas superiores ao afluente em todas as fases.

As Figuras 5.14 e 5.15 apresentam o gráfico Box and Whiskers e a série temporal de Sólidos suspensos totais no sistema UASB/lagoas ao longo das fases 2, 3 e 4.

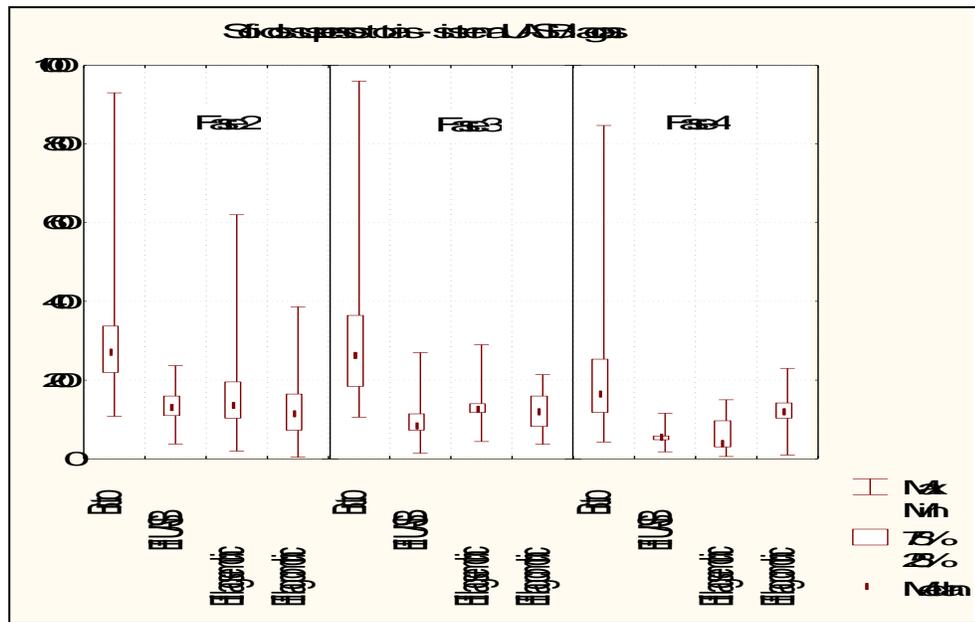


Figura -5.14 Box and Whiskers dos Sólidos suspensos totais no sistema

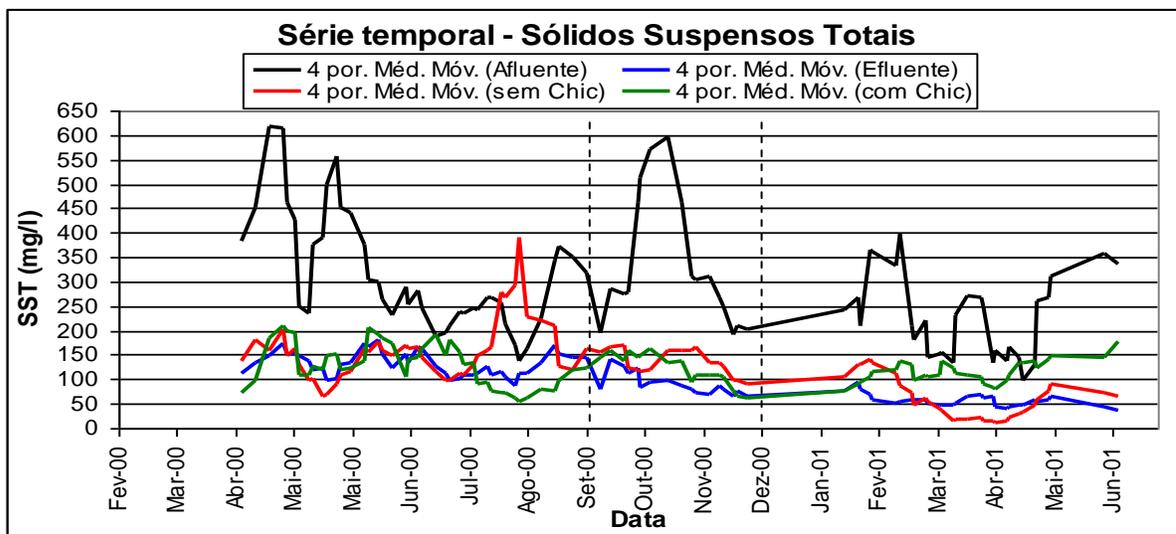


Figura -5.15 Série temporal Sólidos suspensos totais Sistema UASB/Lagoas

OBS: Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

A Figura 5.5 mostra que houve uma grande variação nos valores de sólidos suspensos totais no esgoto bruto, com valores máximos (de média móvel) próximos de 600 mg/L nas fases 2 e 3.

A concentração efluente média de sólidos totais na lagoa sem chicanas foi de 154, 133 e 58 mg/L e com chicanas foi 128, 117 e 117 nas fases 2, 3 e 4 respectivamente. Apenas na fase 4 o efluente da lagoa sem chicanas atendeu ao padrão de lançamento de efluente no corpo receptor de 60 mg/L (Tabela 3.2).

Nas fases 2 e 3, a lagoa sem chicanas apresentou valores médios de SST no efluente superiores aos encontrados na lagoa com chicanas. Apenas na fase 4 a lagoa com chicanas apresentou um valor efluente de SST superior à lagoa sem chicanas.

Em termos de remoção de sólidos em suspensão, a lagoa de polimento não é particularmente eficiente, mais uma vez por causa da presença de algas (CAVALCANTI *et al*, 2001).

### 5.1.2.2 Relação Sólidos suspensos totais x DQO particulada

As Figuras 5.16 e 5.17 apresentam a correlação entre Sólidos suspensos totais e DQO particulada nas lagoas durante as fases 2, 3 e 4.

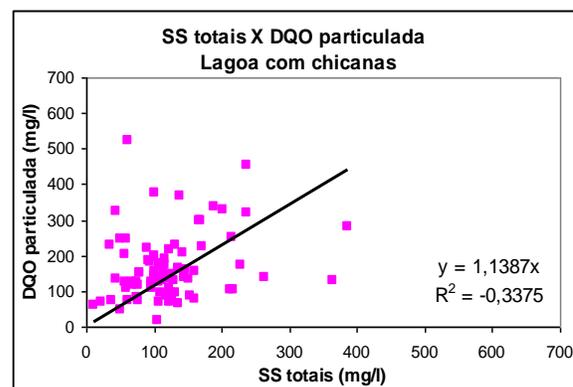
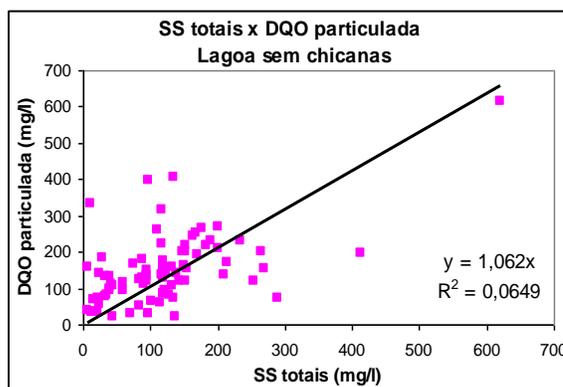


Figura -5.16 SST x DQO particulada - Lagoa sem chicanas

Figura -5.17 SST x DQO particulada - Lagoa com chicanas

Conforme citado anteriormente, em torno de 60 a 90% dos sólidos em suspensão no efluente de lagoas de polimento são algas, que geram DQO. O efluente da lagoa sem chicanas apresentou melhor coeficiente de determinação (0,07), indicando que existe uma tendência de que quanto maior a quantidade de SST, maior o valor da DQO particulada. A lagoa com chicanas não apresentou boa correlação entre SST e DQO particulada efluente ( $R^2 = -0,34$ ).

Com base nas Tabelas 5.5 e 5.7 foram efetuados os cálculos de DQO particulada/SS e apresentados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 DQO particulada / SS nas lagoas - fases 2, 3 e 4

Fase	DQO part /SS - Valores médios			
	Lagoa sem chicanas		Lagoa com chicanas	
2	207/154	1,34	183/128	1,43
3	150/133	1,13	171/117	1,46
4	96/58	1,66	146/117	1,26

Foi observado que 1mg SS/L gerou uma DQO em torno de 1,13 a 1,66 mg/L nas lagoas com chicanas e sem chicanas, (Tabela 5.8).

### 5.1.2.3 Sólidos suspensos voláteis e sólidos suspensos fixos

As Tabelas 5.9 e 5.10 apresentam os valores das concentrações, e eficiências de remoção de sólidos suspensos totais e fixos no sistema UASB/Lagoas nas fases 2, 3 e 4.

Tabela 5.9 Estatísticas descritivas das concentrações e eficiências de remoção de Sólidos suspensos voláteis no sistema UASB/lagoas (Jan/00-Jun/01)

Parâmetro	Fase	Estatística básica	Concentrações (mg/L0)				Eficiência (%)		
			UASB		Efluente Lagoas		Reator UASB	Lagoas	
			Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas		Sem chicanas	Com chicanas
Sólidos suspensos voláteis (mg/L)	2	N dados	38	37	38	37	37	37	36
		Mínimo	88	31	14	3	-5	-364	-400
		<b>Média</b>	<b>259</b>	<b>106</b>	<b>119</b>	<b>118</b>	<b>50</b>	<b>-20</b>	<b>-23</b>
		Máximo	753	197	520	338	93	90	95
		Desvio	167	42	90	82	23	87	102
		Mediana	204	103	105	96	49	0	18
	3	N dados	21	20	21	21	20	20	20
		Mínimo	74	12	42	30	37	-400	-283
		<b>Média</b>	<b>256</b>	<b>73</b>	<b>107</b>	<b>95</b>	<b>68</b>	<b>-72</b>	<b>-60</b>
		Máximo	679	203	237	175	90	41	67
		Desvio	175	43	45	41	15	100	89
		Mediana	187	63	106	96	67	-59	-35
	4	N dados	29	29	29	26	28	28	25
		Mínimo	34	11	4	8	18	-250	-336
		<b>Média</b>	<b>188</b>	<b>42</b>	<b>48</b>	<b>97</b>	<b>65</b>	<b>-12</b>	<b>-137</b>
		Máximo	576	100	133	200	98	84	74
		Desvio	150	19	42	35	24	95	102
		Mediana	134	39	26	94	71	32	-124

Notas :Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

Tabela 5.10 Estatísticas descritivas das concentrações e eficiências de remoção de Sólidos suspensos fixos no sistema UASB/lagoas (Jan/00-Jun/01)

Parâmetro	Fase Estatística básica	Concentrações (mg/L)				Eficiência (%)			Eficiência Sistema (%)		
		UASB		Efluente Lagoas		Reator UASB	Lagoas		UASB/Lagoas		
		Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas		Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas	
Sólidos suspensos fixos (mg/L)	2	N dados	38	37	38	38	37	37	37	38	38
		Mínimo	20	7	3	1	-5	-375	-336	-241	-78
		<b>Média</b>	<b>71</b>	<b>24</b>	<b>32</b>	<b>23</b>	<b>56</b>	<b>-41</b>	<b>-8</b>	<b>39</b>	<b>55</b>
		Máximo	407	68	120	102	91	80	92	95	98
		Desvio	67	12	26	20	23	103	99	64	46
		Mediana	53	23	24	20	57	-7	25	51	71
	3	N dados	21	20	21	21	20	20	20	21	21
		Mínimo	25	2	2	2	16	-172	-225	-83	-22
		<b>Média</b>	<b>81</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>22</b>	<b>66</b>	<b>-36</b>	<b>-20</b>	<b>48</b>	<b>62</b>
		Máximo	317	87	53	80	94	89	90	96	96
		Desvio	70	20	14	18	19	68	92	44	32
		Mediana	60	17	22	17	68	-42	11	60	72
	4	N dados	29	29	29	26	29	28	25	28	25
		Mínimo	9	4	0	2	-17	-157	-329	-9	-271
		<b>Média</b>	<b>54</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>64</b>	<b>11</b>	<b>-110</b>	<b>67</b>	<b>18</b>
		Máximo	271	35	38	52	100	100	78	98	94
		Desvio	57	6	9	12	30	69	122	35	84
		Mediana	37	10	7	19	75	31	-117	87	58

Notas :Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

Observa-se nas Tabelas 5.9 e 5.10 que os valores médios dos SS voláteis foram sempre superiores aos valores dos SS fixos, indicando uma maior quantidade de matéria orgânica presente.

Segundo VON SPERLING (1996 a), as concentrações típicas no esgoto bruto de SS fixos e SS voláteis são respectivamente: 80 mg/L (faixa 40 - 100 mg/L) e 320 mg/L (faixa 165 - 350 mg/L). Segundo as Tabelas 5.9 e 5.10 as concentrações médias de SSV e SSF no esgoto bruto, estão dentro da faixa citada na literatura.

Os valores médios de SSV no efluente das lagoas foram sempre superiores ao afluente em todas as fases, no entanto foi observada uma redução ao longo das fases 2, 3 e 4: 119,107 e 48 mg/L (Lagoa sem chicanas); 118, 95 e 97 mg/L (Lagoa com chicanas). Apenas na fase 4 a lagoa com chicanas apresentou um valor de SSV no efluente ligeiramente superior ao encontrado na fase 3.

Segundo BRANCO, (1978) as algas tendem a aumentar o teor de matéria orgânica dos esgotos, uma vez que sintetizam essas substâncias a partir de compostos minerais.

As Figuras 5.18 e 5.19 apresentam a série temporal de sólidos suspensos fixos e voláteis no sistema UASB/Lagoas ao longo das fases 2, 3 e 4.

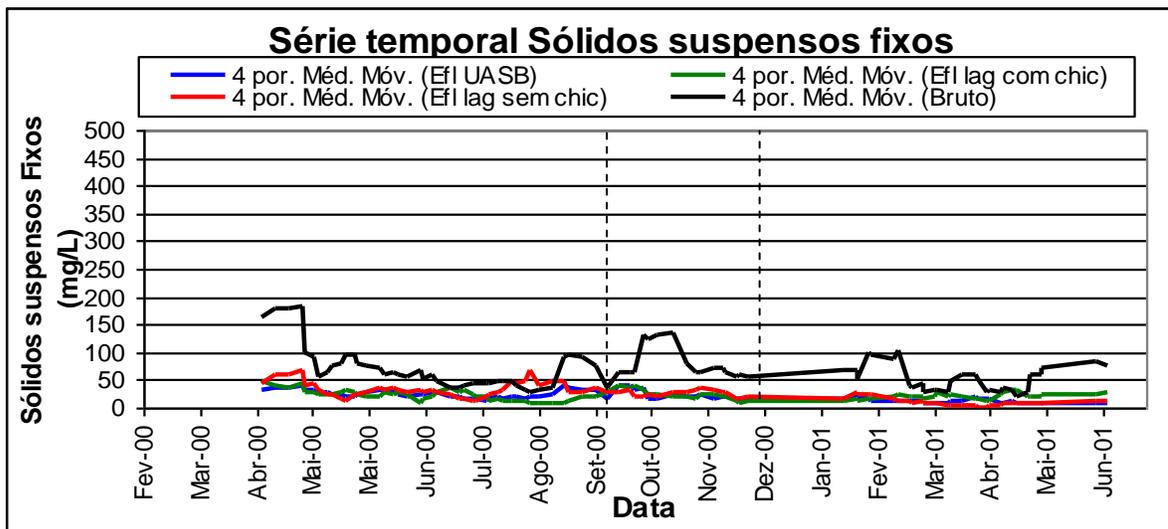


Figura -5.18 Série temporal sólidos suspensos fixos sistema UASB/ Lagoas

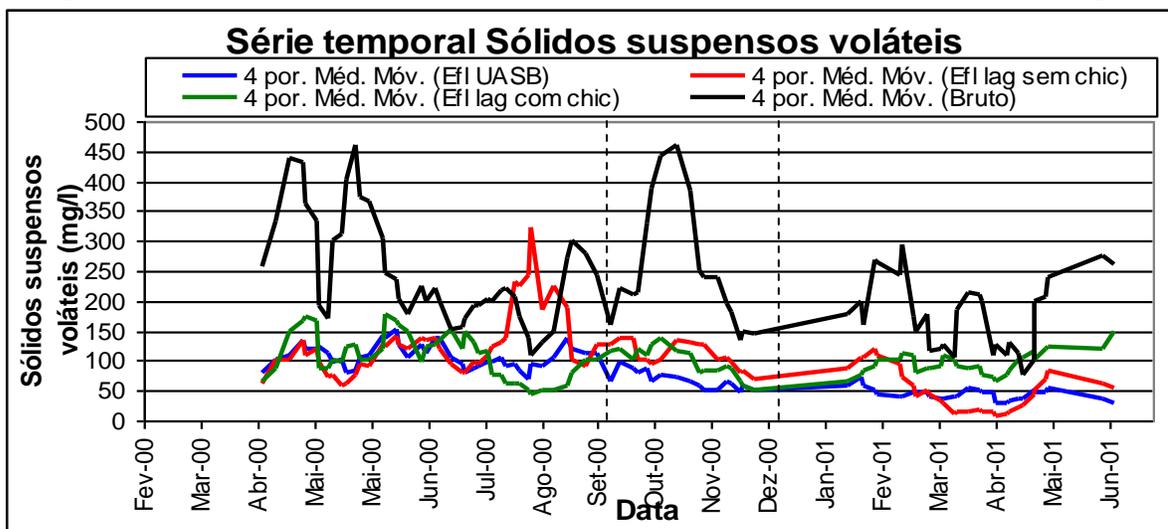


Figura -5.19 Série temporal sólidos suspensos voláteis sistema UASB/ Lagoas

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

Os valores médios do afluente e efluente ao reator UASB de SS voláteis foram de 259 e 106 mg/L (fase 2); 256 e 73 mg/L (fase 3) e de 188 e 42 mg/L (fase 4). (Tabela 5.9).

Entre o mês de Setembro/00 e Outubro/00 observa-se uma descarga atípica de sólidos suspensos voláteis no esgoto bruto, fato também observado no início da fase 2 (Abril e Maio/00). Trata-se de uma característica específica do esgoto bruto coletado, que não teve sua causa identificada pelos operadores da ETE.

### 5.1.2.4 Relação SSV/SST

A Tabela 5.11 e a Figura 5.20 apresentam as estatísticas básicas da relação sólidos suspensos voláteis/ sólidos suspensos totais no sistema UASB/Lagoas nas fases 2, 3 e 4.

Tabela 5.11 Estatísticas descritivas da relação Sólidos suspensos voláteis/Sólidos suspensos totais no sistema UASB/lagoas (Janeiro 2000 a Junho 2001)

Fase	Estatística básica	UASB		Efluente Lagoas	
		Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas
2	N dados	37	37	38	36
	Mínimo	0,49	0,69	0,41	0,55
	<b>Média</b>	<b>0,79</b>	<b>0,81</b>	<b>0,79</b>	<b>0,83</b>
	Máximo	0,84	0,93	0,95	0,98
	Desvio	0,07	0,04	0,10	0,09
	Mediana	0,81	0,81	0,81	0,82
3	N dados	21	20	21	21
	Mínimo	0,62	0,52	0,71	0,59
	<b>Média</b>	<b>0,77</b>	<b>0,76</b>	<b>0,81</b>	<b>0,83</b>
	Máximo	0,86	0,86	0,95	0,97
	Desvio	0,06	0,08	0,07	0,09
	Mediana	0,78	0,77	0,81	0,82
4	N dados	29	29	29	26
	Mínimo	0,68	0,40	0,61	0,66
	<b>Média</b>	<b>0,79</b>	<b>0,78</b>	<b>0,82</b>	<b>0,83</b>
	Máximo	0,89	0,93	1,00	0,92
	Desvio	0,04	0,10	0,08	0,07
	Mediana	0,79	0,80	0,83	0,82

Notas :Média aritmética

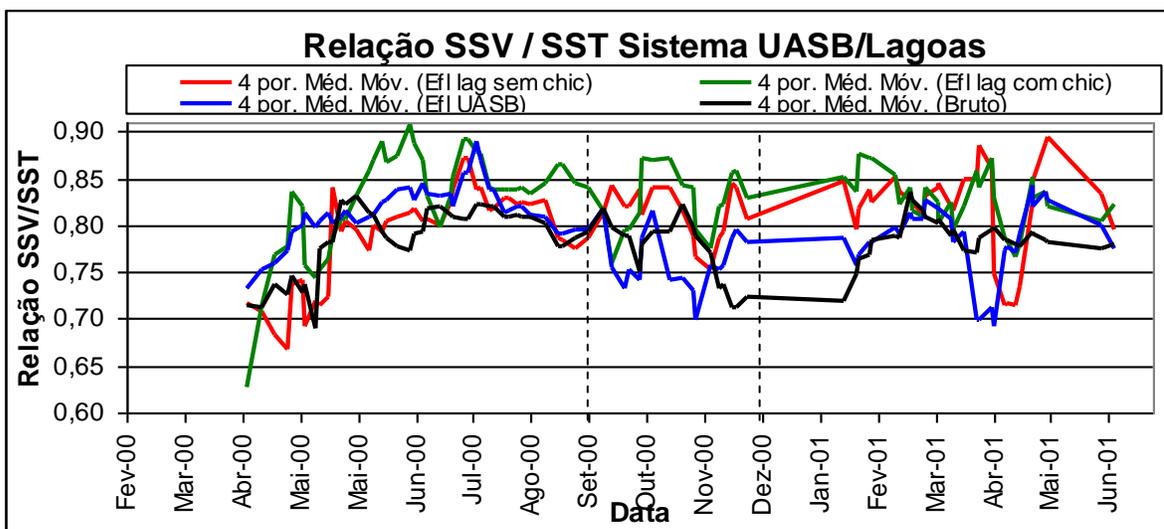


Figura -5.20 Série temporal - relação SSV/SST sistema UASB/Lagoas

OBS: Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

A relação SS voláteis/SS totais indica a porcentagem de SS voláteis (matéria orgânica) presente nos sólidos em suspensão no esgoto.

O maior coeficiente de determinação foi observado na lagoa sem chicanas na fase 4 (1,0) e o menor foi no efluente do reator UASB na fase 4 (0,40). O desvio padrão foi baixo em todas as unidades experimentais durante todas as fases, sendo o maior desvio de 0,92 na lagoa com chicanas (fase 4) e o menor de 0,04 no esgoto bruto (fase 4) e no efluente do reator UASB (fase 2). (Tabela 5.11).

Na Figura 5.20 e na Tabela 5.11, observa-se que o valor SSV/SST esteve próximo de 0,8 em todas as fases, exceto no início da fase 2 (Abril e Maio/00) que esteve ligeiramente inferior.

As Figuras 5.21, 5.22, 5.23 e 5.24 apresentam a correlação entre SSV/SST em cada unidade experimental no sistema UASB/Lagoas.

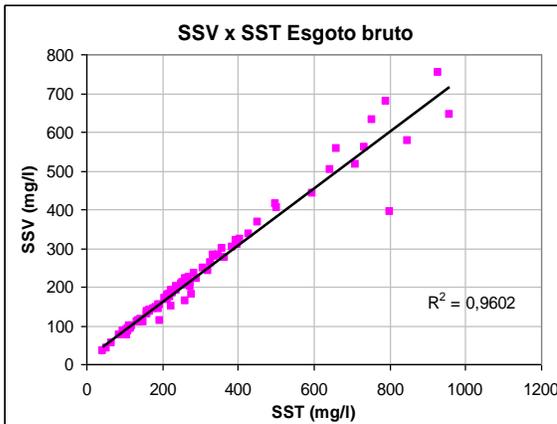


Figura -5.21 SSV x SST - Bruto

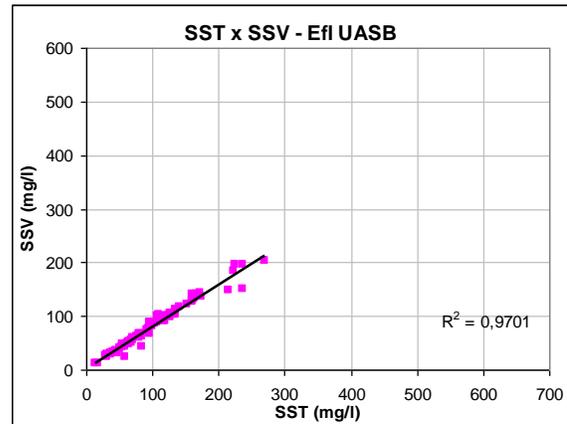


Figura -5.22 SSV x SST Efl. UASB

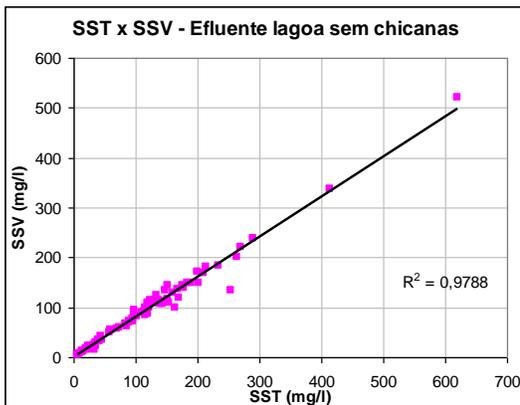


Figura -5.23 SSV x SST - Lagoa sem chicanas

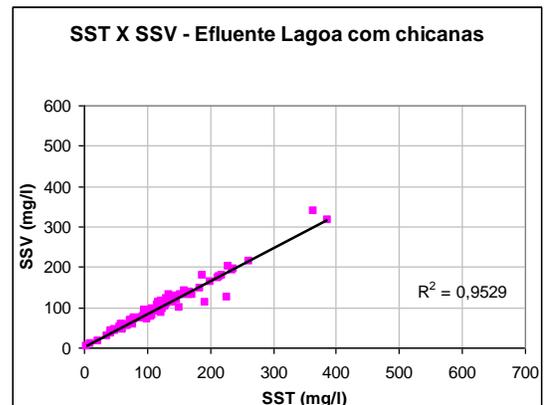


Figura -5.24 SSV x SST - Lagoa com chicanas

Os coeficientes de determinação observados foram de 0,96; 0,97; 0,98 e 0,95 para o esgoto bruto, efluente do reator UASB, efluente da lagoa sem chicanas e efluente da lagoa com chicanas, respectivamente.

### 5.1.2.5 Sólidos sedimentáveis

A Tabela 5.12 apresenta as estatísticas básicas das concentrações de Sólidos sedimentáveis no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001)

Tabela 5.12 Estatísticas descritivas básicas das concentrações de Sólidos sedimentáveis no sistema UASB/lagoas (Janeiro 2000 a Junho 2001)

Fase	Estatística básica	UASB		Efluente Lagoas	
		Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas
2	N dados	37	37	29	24
	Mínimo	1,6	0,1	0,1	0,1
	<b>Média</b>	<b>5,6</b>	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>	<b>0,2</b>
	Máximo	10,0	3,5	10,0	0,5
	Desvio	2,4	0,6	1,8	0,1
	Mediana	5,0	0,8	0,1	0,1
3	N dados	17	16	15	12
	Mínimo	1,7	0,1	0,1	0,0
	<b>Média</b>	<b>6,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>
	Máximo	21,0	3,2	0,5	0,7
	Desvio	5,8	0,8	0,2	0,2
	Mediana	4,5	0,4	0,2	0,1
4	N dados	29	5	3	2
	Mínimo	0,2	0,1	0,2	0,0
	<b>Média</b>	<b>3,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>
	Máximo	9,0	0,7	0,4	0,1
	Desvio	2,7	0,3	0,1	0,1
	Mediana	3,0	0,2	0,3	0,1

Notas:\*Média aritmética

O padrão de lançamento de efluentes (Resolução CONAMA nº 50, 18/06/1986) define que o valor deve ser inferior a 1 ml/L. Todos os valores médios do efluente do UASB e das lagoas estiveram abaixo de 1,0 ml/L, atendendo ao padrão de lançamento deste parâmetro.

Na Tabela 5.12 observa-se que o valor máximo de sólidos sedimentáveis no efluente do reator UASB na fase 4 (0,7 ml/L) foi inferior ao valor médio nas fases 2 (0,9 ml/L) e 3 (0,8 ml/L) indicando uma melhora no desempenho do reator UASB na fase 4.

A Figura 5.25 apresenta o gráfico Box and Whiskers de sólidos sedimentáveis no sistema UASB/Lagoas durante as fases 2, 3 e 4.

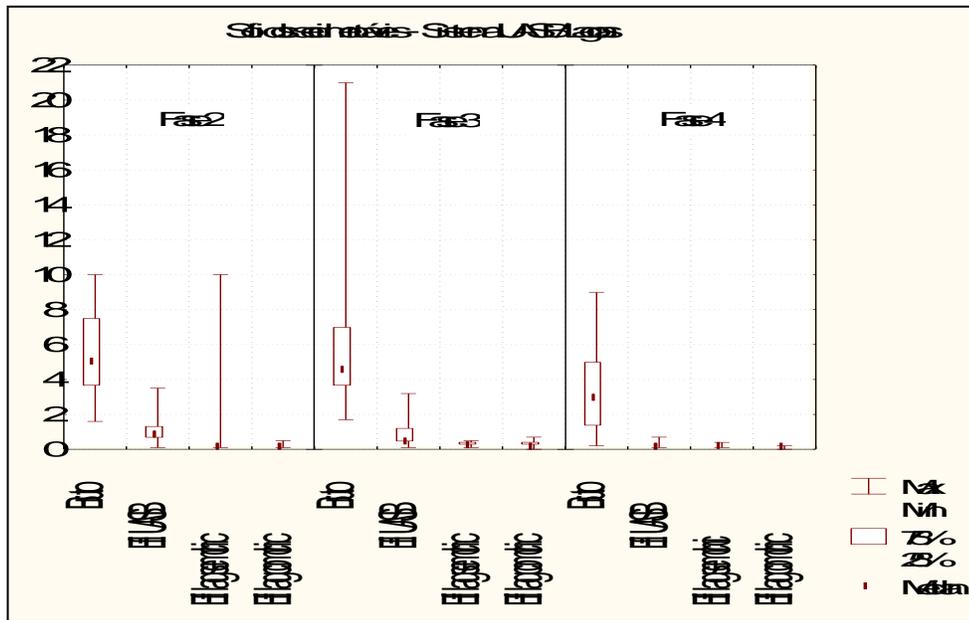


Figura -5.25 Box and Whiskers Sólidos sedimentáveis - Sistema UASB/Lagoas

OBS: Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

O valor da concentração média de Sólidos sedimentáveis foi de 0,5 e 0,2 (fase 2); 0,3 e 0,2 (fase 3); 0,3 e 0,1 (fase 4), nas lagoas sem chicanas e com chicanas respectivamente, sendo observado que a lagoa sem chicanas apresentou um valor médio de sólidos sedimentáveis ligeiramente superior à lagoa com chicanas em todas as fases.

### 5.1.3 NUTRIENTES

#### 5.1.3.1 Nitrogênio

##### 5.1.3.1.1 Nitrogênio amoniacal e Nitrogênio orgânico

A Tabela 5.13 apresenta as estatísticas básicas das concentrações de nitrogênio amoniacal e orgânico no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001), nas fases 2, 3 e 4.

Tabela 5.13 Estatísticas descritivas das concentrações e eficiências de remoção de nitrogênio amoniacal e orgânico Amônia no sistema UASB/lagoas

Parâmetro	Fase básica	Estatística	Concentrações				Eficiência (%)			Eficiência Sistema (%)	
			UASB		Efluente Lagoas		Reator UASB	Lagoas		UASB/Lagoas	
			Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas		Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
Amônia (mg/L)	2	N dados	21	23	23	21	21	23	21	21	19
		Mínimo	14,68	21,07	13,41	8,30	-81	-21	-11	-18	-55
		<b>Média</b>	<b>27,02</b>	<b>33,88</b>	<b>23,84</b>	<b>25,46</b>	<b>-27</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>4</b>
		Máximo	39,09	42,84	31,95	34,99	25	63	61	60	51
		Desvio	5,29	6,15	4,77	6,34	25	17	22	20	30
		Mediana	27,28	33,70	23,13	26,37	-28	28	25	5	8
	3	N dados	10	9	11	10	8	9	8	10	9
		Mínimo	11,23	17,79	7,93	6,52	-76	3	-6	-26	-79
		<b>Média</b>	<b>20,38</b>	<b>29,46</b>	<b>17,22</b>	<b>19,66</b>	<b>-43</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>-2</b>
		Máximo	31,36	39,65	25,50	31,43	-12	77	72	38	52
		Desvio	6,12	7,80	5,29	9,56	26	22	31	20	38
		Mediana	19,05	29,06	19,16	20,35	-32	44	33	14	4
	4	N dados	12	14	13	13	12	13	14	11	12
		Mínimo	9,91	15,72	3,49	2,64	-167	51	53	-7	28
		<b>Média</b>	<b>20,72</b>	<b>24,82</b>	<b>7,20</b>	<b>7,69</b>	<b>-31</b>	<b>72</b>	<b>71</b>	<b>61</b>	<b>62</b>
		Máximo	29,72	29,11	12,81	12,23	20	83	100	81	100
		Desvio	6,60	3,78	2,68	2,61	54	9	13	26	17
		Mediana	20,51	25,62	6,06	7,57	-16	76	68	69	63
Nitrogênio orgânico (mg/L)	2	N dados	18	19	20	18	16	18	16	17	15
		Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,57	-2700	-500	-1000	-500	-533
		<b>Média</b>	<b>6,89</b>	<b>6,15</b>	<b>5,62</b>	<b>7,07</b>	<b>-185</b>	<b>-71</b>	<b>-167</b>	<b>-28</b>	<b>-62</b>
		Máximo	21,94	19,57	13,65	19,04	100	100	93	100	75
		Desvio	5,81	5,62	4,49	4,87	695	190	313	148	161
		Mediana	6,24	4,15	4,25	6,67	41	25	-74	30	14
	3	N dados	8	7	9	8	6	7	6	8	7
		Mínimo	4,63	1,48	1,46	0,00	-27	-280	-257	-15	-285
		<b>Média</b>	<b>7,82</b>	<b>6,27</b>	<b>5,42</b>	<b>8,07</b>	<b>28</b>	<b>-34</b>	<b>-63</b>	<b>30</b>	<b>-17</b>
		Máximo	17,18	9,25	13,22	29,65	71	79	100	74	100
		Desvio	4,02	3,06	3,70	10,20	41	116	142	36	131
		Mediana	6,90	7,93	4,63	4,26	32	-7	-77	21	23
	4	N dados	12	14	13	13	11	13	14	10	11
		Mínimo	0,00	1,32	0,00	1,21	-700	-300	-450	-200	-500
		<b>Média</b>	<b>6,14</b>	<b>7,22</b>	<b>2,55</b>	<b>3,91</b>	<b>-94</b>	<b>36</b>	<b>9</b>	<b>35</b>	<b>0</b>
		Máximo	12,81	14,54	5,29	7,57	86	100	100	100	100
		Desvio	4,29	4,69	1,71	2,18	216	106	141	88	168
		Mediana	5,18	6,48	2,64	2,97	-38	67	57	64	41

Notas :Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

Segundo Tabela 3.12 da revisão bibliográfica, as concentrações típicas do esgoto bruto para amônia e N-orgânico são, respectivamente, 30mg/L (faixa 20 - 40) e :20 mg/L (faixa 15 - 30).

Os valores médios de amônia encontrados no esgoto bruto nas fases 2, 3 e 4 foram respectivamente 27, 20 e 21 mgNH<sub>3</sub><sup>-</sup>/mL, estando, portanto, dentro da faixa indicada pela literatura. O maior valor foi de 39 mgNH<sub>3</sub><sup>-</sup>/mL (fase 2) e o menor valor foi de 10 mgNH<sub>3</sub><sup>-</sup>/mL (fase 4).

As concentrações médias de N-amoniaco aumentaram no efluente do reator UASB, como resultado do processo de amonificação (conversão de N-orgânico a N-amoniacal). Isto explica as "eficiências negativas" do reator UASB (Tabela 5.13).

Verificou-se que as concentrações médias, no esgoto bruto, de N-Organico estiveram abaixo dos valores citados na literatura. Nas fases 2, 3 e 4, respectivamente, foram observados: 6,89; 7,82 e 6,14 mg/L (abaixo da faixa 15 - 30 mg/L). No entanto, as concentrações estiveram próximas ao valor encontrado por MIRANDA (2001), que pesquisou um esgoto tipicamente doméstico da região central de Belo Horizonte/MG.

As lagoas apresentaram uma eficiência média de remoção de maneira crescente ao longo das fases 2, 3 e 4: 28, 40 e 72% (Lagoa sem chicanas); 23, 30 e 71% (Lagoa com chicanas). Observa-se que na fase 4 as duas lagoas tiveram um desempenho bem melhor, isto porque nesta fase ocorreu a redução na profundidade das lagoas, de 1,00 m para 0,60 m. Nas lagoas a remoção da amônia ocorre basicamente pela volatilização, devido ao aumento do pH.

Em nenhuma das fases o valor da concentração média no efluente foi inferior ao determinado pelo padrão de lançamento de 5 mgN/mL.

As Figuras 5.26 e 5.27 apresentam a série temporal de Nitrogênio amoniacal e orgânico no sistema UASB/Lagoas ao longo das fases 2, 3 e 4.

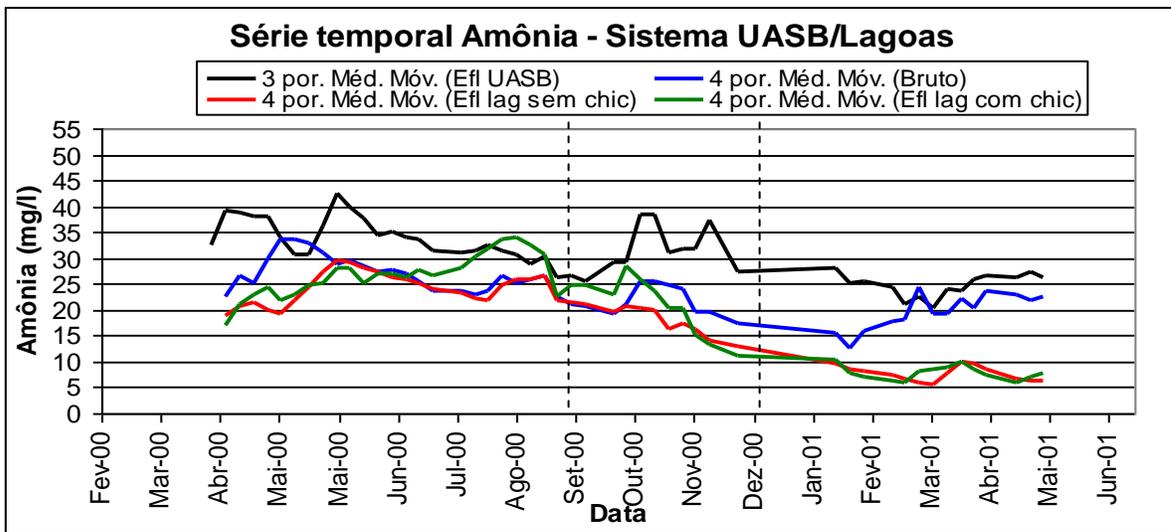


Figura -5.26 Série temporal de amônia - sistema UASB/lagoas - fases 2, 3 e 4

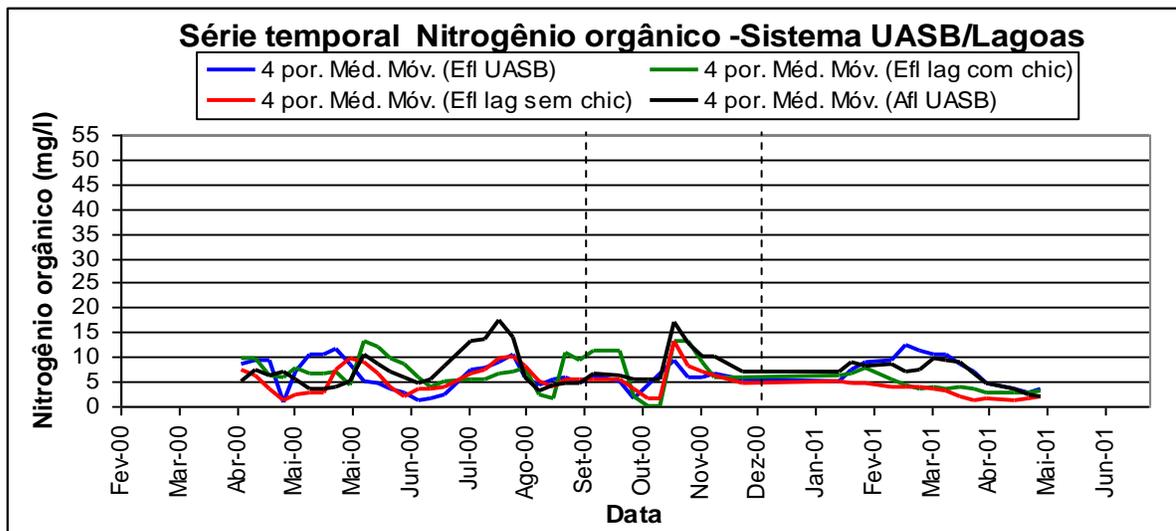


Figura -5.27 Série temporal de N-orgânico - sistema UASB/lagoas - Fases 2, 3 e 4

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

A Figura 5.27 mostra que a concentração de amônia no esgoto bruto sofreu um decréscimo nos meses de Maio/00 a Setembro/00, o mesmo não tendo sido observado com relação ao N- Orgânico.

Observou-se uma redução no valor da concentração média de N-Orgânico no efluente do reator UASB nas fase 2 e 3, como resultado da amonificação.

O efluente da lagoa sem chicanas foi sempre (em média) inferior ao afluente, enquanto que apenas na fase 4 o efluente da lagoa sem chicanas foi superior.

#### 5.1.3.1.2 Nitrogênio Total Kjeldahl - NTK

A Tabela 5.14 apresenta as estatísticas básicas das concentrações NTK no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001).

Tabela 5.14 Estatísticas descritivas de concentrações médias e eficiências de remoção de NTK no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001)

Fase	Estatística básica	Concentração NTK (mg/L)				Eficiência (%)		Eficiência Sistema (%)	
		UASB		Efluente Lagoas		Lagoas		UASB/Lagoas	
		Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
2	N dados	19	20	21	19	20	18	19	17
	Mínimo	16,60	22,54	15,51	13,41	0	-12	-25	-17
	<b>Média</b>	<b>33,66</b>	<b>37,83</b>	<b>28,83</b>	<b>31,17</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>7</b>
	Máximo	51,59	49,64	41,88	45,41	64	51	67	32
	Desvio	8,42	6,76	6,79	6,79	18	19	22	15
	Mediana	32,56	36,38	27,99	31,99	22	14	9	14
3	N dados	9	8	10	9	8	7	9	8
	Mínimo	18,50	25,77	12,56	9,91	0	-39	-22	-69
	<b>Média</b>	<b>28,20</b>	<b>37,06</b>	<b>23,04</b>	<b>27,19</b>	<b>33</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>-11</b>
	Máximo	44,69	54,88	32,93	37,63	71	77	28	23
	Desvio	8,35	10,01	6,03	9,36	22	36	18	35
	Mediana	25,20	36,98	24,13	30,40	37	13	16	4
4	N dados	12	14	13	13	14	14	12	12
	Mínimo	20,48	27,90	6,06	7,88	53	50	35	35
	<b>Média</b>	<b>26,86</b>	<b>32,04</b>	<b>9,76</b>	<b>11,60</b>	<b>72</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>58</b>
	Máximo	40,31	40,97	15,86	15,20	100	100	100	100
	Desvio	5,71	3,39	2,69	2,64	10	13	16	17
	Mediana	25,02	30,93	9,58	11,89	72	66	67	59

Notas:\*Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

O nitrogênio Kjeldahl (NTK) representa o total de nitrogênio em forma orgânica e amoniacal, sendo esta a forma predominante nos esgotos brutos domésticos.

Concentrações de NTK em águas residuárias domésticas brutas variam de um modo geral de 30 a 60 mg/L, (EPA, 1985, VON SPERLING, 1996 a).

Apenas na fase 2, a concentração média de NTK no esgoto bruto esteve dentro da faixa citada pela literatura, nas fases 3 e 4 foi observado um valor médio inferior (Tabela 5.14).

As concentrações médias efluentes do reator UASB foram, em todas as fases, superiores às concentrações afluentes. No efluente das lagoas ocorreu a redução da concentração de NTK acompanhando a remoção da amônia que é parte integrante do NTK.

A Figura 5.28 apresenta a série temporal de NTK no sistema UASB/Lagoas durante as fases 2, 3 e 4.

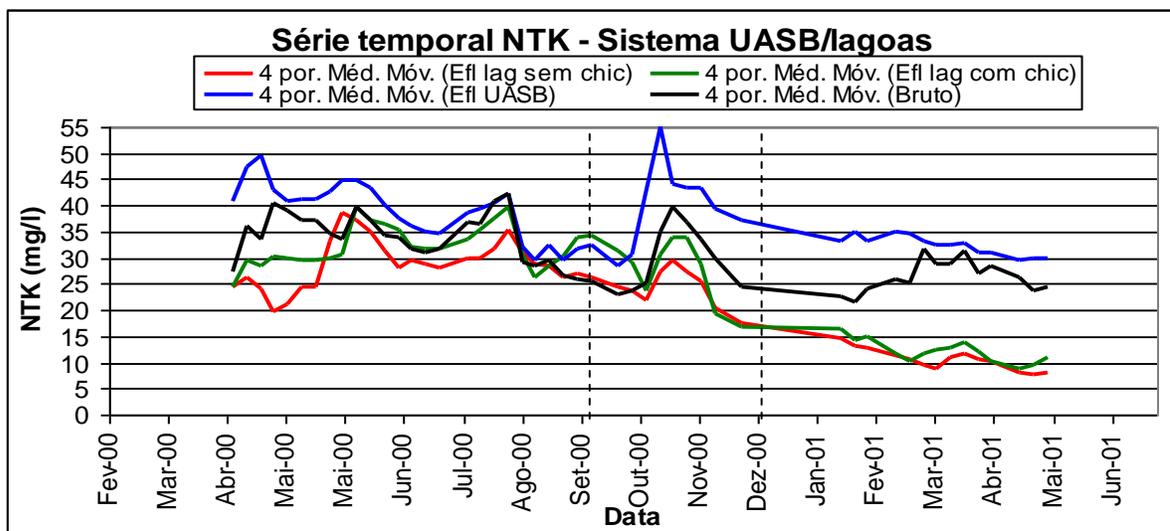


Figura -5.28 Série temporal NTK - Sistema UASB/Lagoas - fases 2, 3 e 4

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

Na Figura 5.28 observa-se um decréscimo na concentração de NTK no esgoto bruto nos meses de Maio /00 até setembro/00. Em outubro houve um "pico", que começou a diminuir gradativamente nos meses posteriores.

Observa-se claramente na Figura 5.28, que na fase 4 o desempenho das lagoas na remoção de NTK foi otimizado. Nesta fase o reator UASB obteve um melhor desempenho e as lagoas tiveram uma redução na profundidade.

A eficiência de remoção de NTK foi maior na lagoa sem chicanas (22, 33 e 72 %), enquanto que na lagoa com chicanas foi de 15, 14 e 66%, nas fases 2, 3 e 4 respectivamente.

### 5.1.3.1.3 Nitrato

A Tabela 5.15 apresenta as estatísticas básicas das concentrações de nitrato no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001).

Tabela 5.15 Estatísticas descritivas das concentrações e eficiências de remoção de nitrato no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001)

Fase Estatística básica	Concentração Nitrato (mg/L)				Eficiência (%)			Eficiência Sistema (%)	
	UASB		Efluente Lagoas		Reator UASB	Lagoas		UASB/Lagoas	
	Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas		Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
N dados	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Mínimo	0,16	0,17	0,22	0,19	-104	-235	-254	-272	-267
<b>2 Média</b>	<b>0,73</b>	<b>0,88</b>	<b>1,33</b>	<b>1,17</b>	<b>-23</b>	<b>-68</b>	<b>-44</b>	<b>-98</b>	<b>-63</b>
Máximo	1,35	1,72	2,24	3,29	38	32	45	0	30
Desvio	0,33	0,43	0,53	0,74	39	70	83	82	79
Mediana	0,66	0,85	1,28	0,93	-11	-38	-11	-85	-26
N dados	11	11	11	10	11	11	11	11	11
Mínimo	0,16	0,16	0,25	0,19	-78	-281	-131	-189	-133
<b>3 Média</b>	<b>0,30</b>	<b>0,30</b>	<b>0,52</b>	<b>0,42</b>	<b>-4</b>	<b>-87</b>	<b>-40</b>	<b>-75</b>	<b>-32</b>
Máximo	0,54	0,70	0,97	0,81	47	0	100	-6	100
Desvio	0,12	0,15	0,26	0,19	36	91	77	57	68
Mediana	0,28	0,25	0,41	0,38	9	-55	-60	-74	-35
N dados	11	14	14	14	11	14	14	11	11
Mínimo	0,14	0,09	0,13	0,14	-69	-234	-147	-178	-117
<b>4 Média</b>	<b>0,25</b>	<b>0,38</b>	<b>0,33</b>	<b>0,35</b>	<b>-18</b>	<b>-21</b>	<b>-23</b>	<b>-39</b>	<b>-43</b>
Máximo	0,44	1,11	0,67	0,77	54	71	73	38	45
Desvio	0,08	0,29	0,16	0,18	39	78	68	66	55
Mediana	0,25	0,34	0,29	0,32	-21	1	-14	-20	-44

Notas :Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

Segundo VON SPERLING (1996 a), a faixa de concentração de nitrato no esgoto bruto é de 0 a 2 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L. Observando-se pela Tabela 5.15 que as concentrações médias no esgoto bruto estiveram dentro desta faixa, 0,73; 0,3 e 0,25 mg/L, nas fases 2, 3 e 4 respectivamente.

Para os corpos d'água tipo 2, o padrão do corpo receptor é de 10 mg/L para nitrato, sendo observado que no efluente o valor máximo foi de 3,29 na lagoa com chicanas na fase 2.

Nas fases 2 e 3, quando as concentrações de amônia no efluente final das lagoas diminuíram, as concentrações de nitrato aumentaram, possivelmente indicando o processo de conversão da amônia a nitrato. Na fase 4 este processo não foi observado, porque houve uma redução, tanto da amônia, quanto do nitrato no efluente das duas lagoas.

A Figura 5.29 apresenta a série temporal de nitrato no sistema UASB/Lagoas durante as fases 2, 3 e 4.

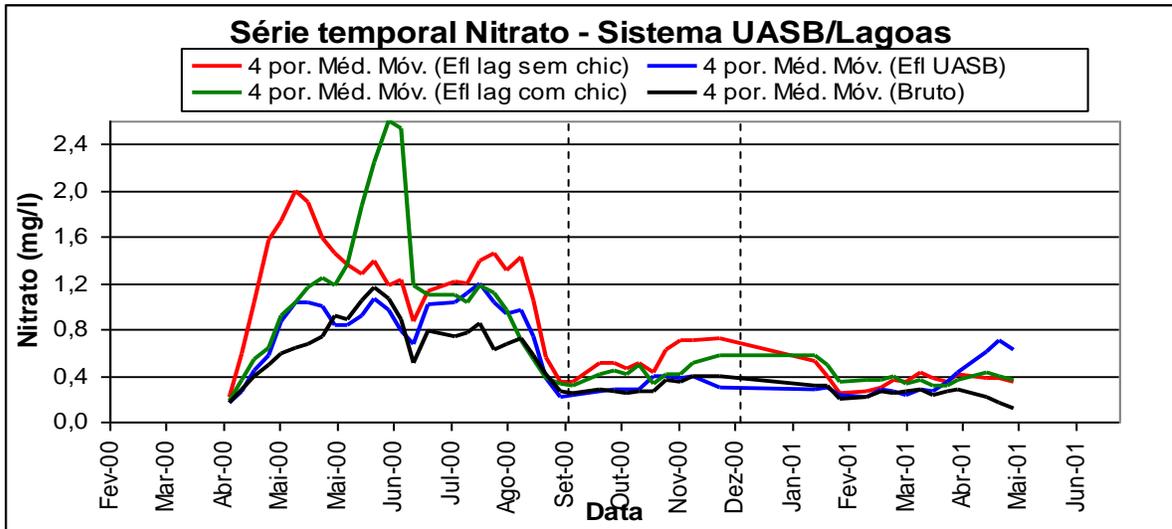


Figura -5.29 Série temporal Nitrato - Sistema UASB/Lagoas - fases 2, 3 e 4

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

Na Figura 5.29 observa-se a grande variação da concentração de nitrato no sistema. Na fase 2, as concentrações afluentes e efluentes às lagoas eram elevadas e bastante variáveis, enquanto que nas fases 3 e 4 as concentrações foram mais baixas e menos variáveis. Isto reflete o processo de otimização do reator UASB e a melhora do desempenho das lagoas, a partir da redução da profundidade.

#### 5.1.3.1.4 Nitrogênio Total

A Tabela 5.16 apresenta os valores das concentrações e eficiências de remoção de Nitrogênio total no sistema UASB/Lagoas nas fases 2, 3 e 4.

Tabela 5.16 Estatísticas descritivas das concentrações e eficiências de remoção de Nitrogênio total no sistema UASB/lagoas (Janeiro 2000 a Junho 2001).

Fase Estatística básica	Concentração Nitrogênio total (mg/L)				Eficiência (%)			Eficiência Sistema (%)	
	UASB		Efluente Lagoas		Reator UASB	Lagoas		UASB/Lagoas	
	Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas		Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
N dados	13	15	15	13	13	15	13	13	11
Mínimo	27,95	33,11	17,33	28,11	-40	0	-12	-25	-12
<b>2 Média</b>	<b>37,39</b>	<b>41,60</b>	<b>31,24</b>	<b>34,62</b>	<b>-12</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>7</b>
Máximo	52,22	53,26	42,81	47,32	10	60	44	64	31
Desvio	7,42	5,85	7,30	5,51	17	17	16	24	14
Mediana	33,92	40,81	30,48	33,49	-11	28	18	10	10
N dados	7	6	8	7	5	6	5	7	6
Mínimo	21,54	26,26	13,26	10,72	-37	-1	-39	-23	-69
<b>3 Média</b>	<b>27,54</b>	<b>36,31</b>	<b>23,39</b>	<b>26,82</b>	<b>-23</b>	<b>30</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>-14</b>
Máximo	35,42	43,40	27,58	36,44	5	69	75	26	22
Desvio	5,61	7,09	4,80	9,54	17	25	43	19	39
Mediana	25,60	37,45	24,80	30,71	-25	26	9	13	4
N dados	12	14	13	13	12	13	14	11	12
Mínimo	20,66	28,92	6,32	8,66	-99	52	49	35	35
<b>4 Média</b>	<b>27,06</b>	<b>32,42</b>	<b>10,10</b>	<b>11,95</b>	<b>-24</b>	<b>69</b>	<b>66</b>	<b>61</b>	<b>57</b>
Máximo	40,45	41,19	16,53	15,70	13	78	100	76	100
Desvio	5,71	3,28	2,72	2,57	28	7	13	13	17
Mediana	25,15	31,36	9,89	12,35	-23	71	66	64	58

Notas: Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

O cálculo do nitrogênio total é feito a partir da equação:

- Nitrogênio Total = NTK + Nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) + Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ )

Na Tabela 5.11, foi desconsiderada a participação do nitrito no cálculo do valor do nitrogênio total, por se tratar de uma quantidade inferior a 1%, sendo consideradas as seguintes equações:

- Nitrogênio total = amônia + Nitrogênio orgânico + Nitrato
- Nitrogênio orgânico = NTK - amônia

O maior valor de NTK encontrado no esgoto bruto foi de 52,22 mgN/L (fase 2) e o menor foi de 20,66 mgN/L (fase 3), segundo Tabela 5.16.

As Figuras 5.30 e 5.31 e 5.32 apresentam a distribuição entre as formas do nitrogênio total ao longo do sistema UASB/Lagoas, nas fases 2, 3 e 4.

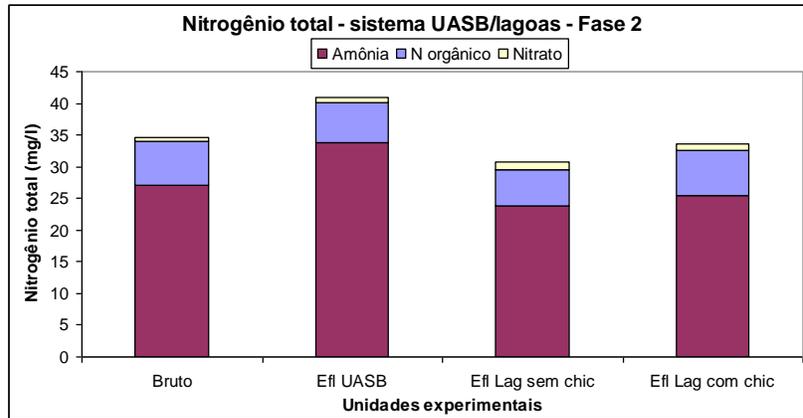


Figura -5.30 Nitrogênio total - Sistema UASB/Lagoas - fase 2

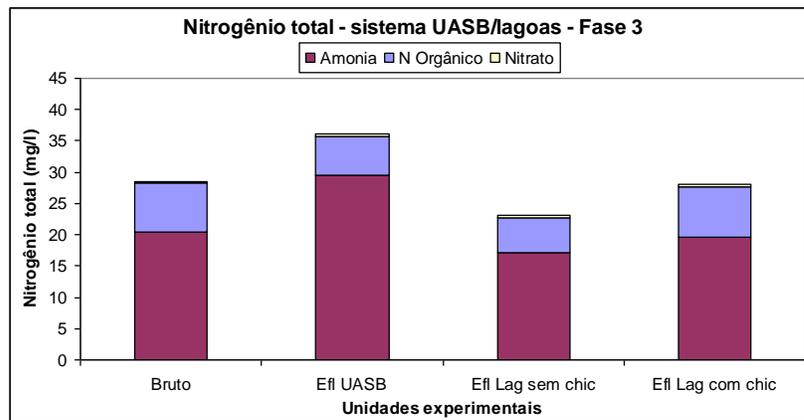


Figura -5.31 Nitrogênio total - Sistema UASB/Lagoas - fase 3

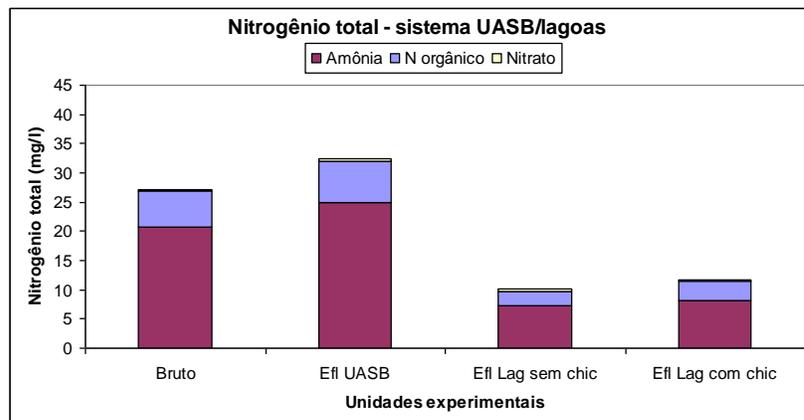


Figura -5.32 Nitrogênio total - Sistema UASB/Lagoas - fase 4

A quantidade de dados, para o cálculo do nitrogênio total, foi menor, devido ao fato de que era necessário ter todas as análises no mesmo dia (nitrato, N-orgânico e amônia).

A concentração média de N-total no efluente das lagoas ao longo das fases 2, 3 e 4 respectivamente: 31,2; 23,3 e 10,1 mg/l (lagoa sem chicanas) 34,6; 26,8 e 12,0 mg/l (lagoa com chicanas).

A remoção complementar (média) de N-total nas lagoas sem chicanas e com chicanas foi de 24 e 15% (fase 2), 30 e 11% (fase 3), 69 e 66% (fase 4), sendo observado um melhor desempenho da lagoa sem chicanas em todas as Fases.

É importante ressaltar que nem sempre é desejável uma remoção dos nutrientes (neste caso nitrogênio), do efluente de estações de tratamento, porque se forem utilizados para irrigação, é até desejável que se tenha uma quantidade de nutrientes disponível. No entanto para o uso na piscicultura é necessário remover amônia.

#### **5.1.3.2 Fósforo**

A Tabela 5.17 apresenta os valores das concentrações e eficiências de remoção de fósforo total no sistema UASB/Lagoas nas fases 2, 3 e 4.

Tabela 5.17 Estatísticas descritivas de concentrações e eficiências de remoção de fósforo total no sistema UASB/lagoas (Janeiro/2000 a Junho/2001).

Fase Estatística básica	Concentração Fósforo total (mg/L)				Eficiência (%)			Eficiência Sistema (%)	
	UASB		Efluente Lagoas		Reator UASB	Lagoas		UASB/Lagoas	
	Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas		Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
N dados	18	18	16	18	18	16	18	16	18
Mínimo	1,62	1,31	0,19	0,33	-120	-3	-33	-44	-78
<b>2 Média</b>	<b>3,99</b>	<b>4,57</b>	<b>2,88</b>	<b>3,62</b>	<b>-24</b>	<b>40</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>6</b>
Máximo	7,14	6,39	4,63	6,54	33	97	84	97	82
Desvio	1,60	1,17	1,39	1,86	40	29	36	40	50
Mediana	3,81	4,86	3,16	4,34	-20	35	10	21	1
N dados	8	9	8	9	8	8	9	7	8
Mínimo	2,91	3,23	0,49	1,37	-59	-8	-54	10	-38
<b>3 Média</b>	<b>4,05</b>	<b>4,32</b>	<b>2,33</b>	<b>3,62</b>	<b>-13</b>	<b>45</b>	<b>14</b>	<b>38</b>	<b>9</b>
Máximo	5,86	5,73	3,73	5,07	44	89	58	78	53
Desvio	0,99	0,89	1,18	1,30	36	33	36	22	30
Mediana	3,89	4,31	2,62	3,61	-16	44	18	40	10
N dados	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Mínimo	1,87	2,00	1,97	2,08	-9	-2	-4	-5	-11
<b>4 Média</b>	<b>5,14</b>	<b>4,51</b>	<b>3,70</b>	<b>3,84</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>25</b>	<b>21</b>
Máximo	6,68	6,22	5,17	5,15	40	42	31	64	49
Desvio	1,47	1,32	1,21	0,92	19	16	12	23	20
Mediana	5,50	4,80	4,10	4,02	4	14	12	21	23

Notas: Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

A remoção de fósforo pode se dar por sedimentação do material orgânico no fundo da lagoa e também pela precipitação de sais minerais de fosfato.

As concentrações (médias) no esgoto bruto variaram de 1,62 mg/P/L até o valor máximo de 7,14 mg P/L (ambos na fase 2).

Observou-se um aumento na concentração de fósforo no efluente do reator UASB. Tal fato também foi relatado por BRITO (1997), que cita que o reator UASB elevou as concentrações de fósforo na média geral e em cada uma das fases em particular. CATUNDA et al (1993), citados por BRITO (1997), num estudo sobre pós-tratamento em lagoas de estabilização de esgotos digeridos anaerobicamente, também encontraram elevação de 7 para 9 mgP/L entre o esgoto bruto e o efluente ao UASB.

Este fato poderia ser explicado através da análise laboratorial utilizada para a determinação do fósforo total. Primeiramente o esgoto bruto é filtrado, sendo analisado apenas o líquido que contém os sólidos dissolvidos. A parte que fica

retida no filtro (sólidos em suspensão) não é analisada. No esgoto bruto, a quantidade de sólidos suspensos é mais elevada que no efluente do reator UASB, onde ocorre a hidrólise (transformação dos polímeros em monômeros) e outros processos de decomposição da matéria orgânica realizados pelas bactérias ali presentes. Tal fenômeno deverá ser estudado de forma mais aprofundada para que se tenha uma avaliação mais conclusiva do fato.

As concentrações médias do efluente das lagoas nas fases 2, 3 e 4 foram respectivamente: 2,88; 2,33 e 3,7 mg/l (lagoa sem chicanas); e 3,62; 3,62 e 3,84 mg/l (lagoa com chicanas). A lagoa sem chicanas apresentou uma menor concentração efluente em todas as fases. Não existe padrão de lançamento para fósforo, apenas padrão de qualidade para corpos receptores, que é de 0,025 mgP/L (para as classes 1, 2 e 3).

As Figuras 5.33 e 5.34 apresentam o gráfico de box and Whiskers e a série temporal de fósforo total no sistema UASB/Lagoas ao longo das fases 2, 3 e 4.

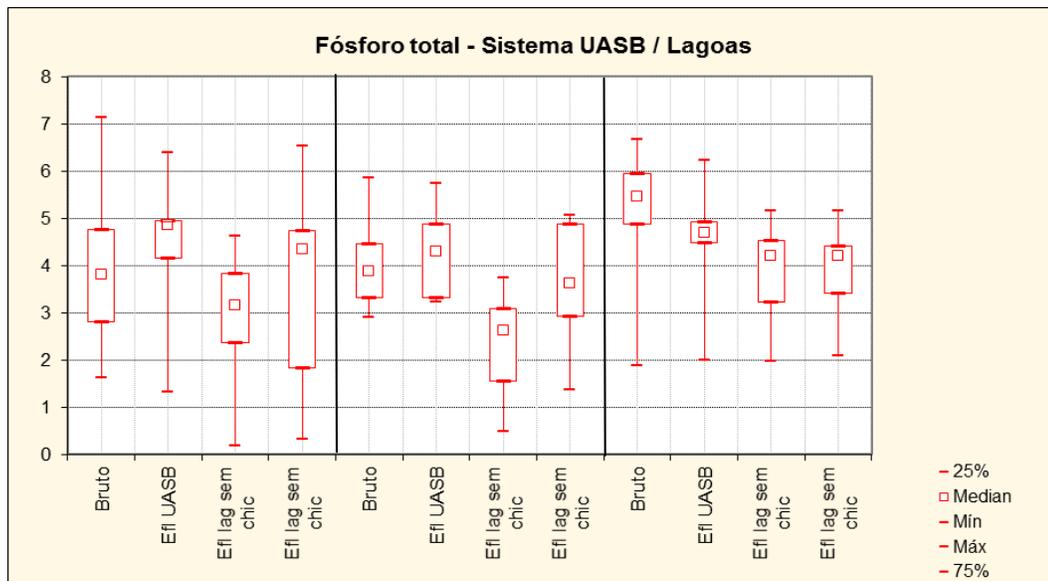


Figura -5.33 Box and Whiskers do Fósforo total no sistema UASB/Lagoas - fases 2, 3 e 4

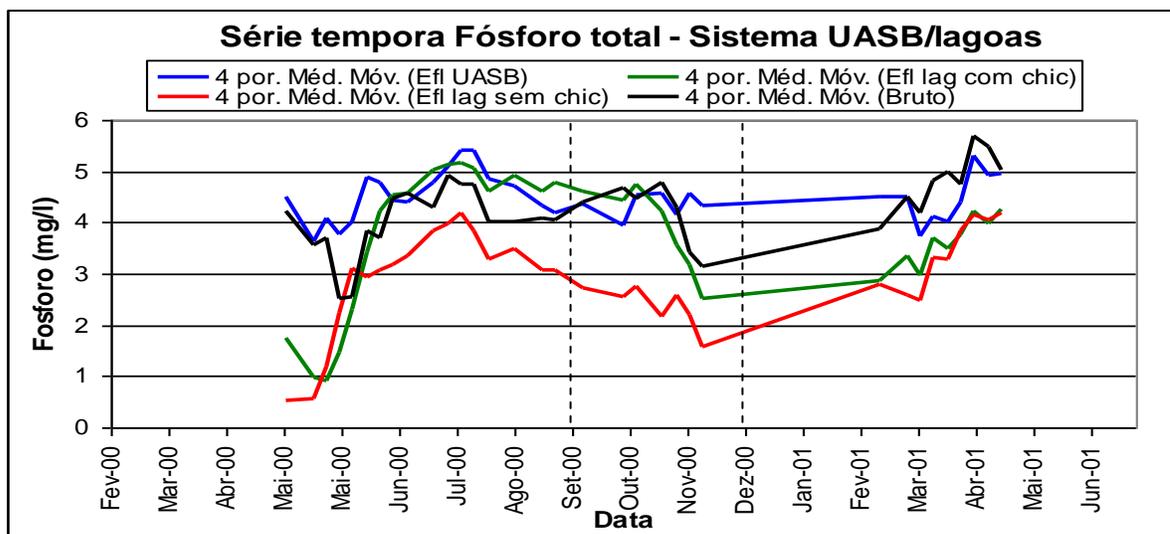


Figura -5.34 Série temporal Fósforo total - Sistema UASB/Lagoas

OBS: Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

Na Tabela 5.17 observa-se que a eficiência média na remoção de fósforo nas lagoas sofreu um decréscimo ao longo das fases 2, 3 e 4 respectivamente: 40, 45 e 17 % (lagoa sem chicanas) e 23, 14 e 13% (lagoa com chicanas). Observou-se uma melhor remoção na lagoa sem chicanas em todas as fases.

A Tabela 5.18 apresenta as concentrações, e a relação DBO: N total: fósforo total ao longo das fases 2, 3 e 4.

Tabela 5.18 Concentrações e relação DBO:N total: fósforo total ao longo das fases 2, 3 e 4 (Janeiro/2000 a Junho/2001)

Unidade experimental	Parâmetro	Concentração			Relação DBO: N total: Fósforo		
		Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Bruto	DBO total	364	289	251	100	100	100
	N - total	37,39	27,54	27,06	10,3	9,5	10,8
	Fósforo	3,99	4,05	5,14	1,1	1,4	2,0
Efluente UASB	DBO total	215	167	113	100	100	100
	N - total	41,6	36,31	32,42	19,3	21,7	28,7
	Fósforo	4,57	4,32	4,51	2,1	2,6	4,0
Efluente lagoa sem chicanas	DBO total	115	87	61	100	100	100
	N - total	31,24	23,39	10,1	27,2	26,9	16,6
	Fósforo	2,88	2,33	3,7	2,5	2,7	6,1
Efluente lagoa com chicanas	DBO total	120	92	73	100	100	100
	N - total	34,62	26,82	11,95	28,9	29,2	16,4
	Fósforo	3,62	3,62	3,84	3,0	3,9	5,3

Para os sistemas aeróbios, a relação DBO/Nitrogênio/Fósforo para garantir os nutrientes necessários ao tratamento biológico dos esgotos é de 100:5:1 (MENDONÇA, 2000).

A relação DBO:N total: Fósforo no esgoto bruto durante as fases foi de 100:10,3:1,1 (fase 2), 100:9,5:1,4 (fase 3) e 100:10,8:2 (fase 4), indicando disponibilidade suficiente dos nutrientes, nitrogênio e fósforo. Esta relação aumentou ao longo das unidades do tratamento, como pode ser verificado na Tabela 5.18, em virtude da maior remoção de DQO ter sido maior que de nitrogênio e fósforo.

#### **5.1.4 PATÓGENOS E INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO FECAL**

##### **5.1.4.1 *Escherichia coli***

A Tabela 5.19 apresenta os valores das concentrações e eficiências de remoção de *E.coli* no sistema UASB/Lagoas nas fases 1, 2, 3 e 4.

Tabela 5.19 Estatísticas descritivas de concentrações e eficiências de remoção de *E.coli* no sistema UASB/lagoas (Agosto/1999 a Junho/2001)

Fase	Estatística básica	Concentração <i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)				Eficiência (%)			Eficiência do Sistema (%)	
		UASB		Efluente Lagoas		Reator UASB	Lagoas		UASB/Lagoas	
		Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas		Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
1	N dados	8	8	7	4	8	7	4	7	4
	Mínimo	2,00E+07	9,80E+06	5,20E+04	4,10E+04	10,000	48,718	98,000	91,837	99,167
	<b>Média</b>	<b>3,45E+08</b>	<b>6,94E+07</b>	<b>1,38E+06</b>	<b>3,22E+05</b>	<b>64,186</b>	<b>90,255</b>	<b>98,921</b>	<b>97,799</b>	<b>99,568</b>
	Máximo	9,30E+09	5,80E+08	4,00E+07	8,20E+06	97,647	99,734	99,988	99,971	99,993
	Desvio	3,23E+09	2,06E+08	1,48E+07	4,03E+06	32,548	18,456	0,844	2,977	0,445
	Mediana	4,50E+08	7,90E+07	9,30E+05	1,80E+05	71,207	96,222	98,849	99,500	99,556
2	N dados	22	22	21	22	22	21	22	21	22
	Mínimo	4,00E+08	1,20E+07	6,30E+05	6,30E+05	21,429	-114,634	4,878	78,537	90,488
	<b>Média</b>	<b>2,20E+09</b>	<b>1,78E+08</b>	<b>4,54E+06</b>	<b>5,74E+06</b>	<b>83,474</b>	<b>87,079</b>	<b>89,532</b>	<b>98,677</b>	<b>99,175</b>
	Máximo	2,30E+10	8,70E+08	8,80E+08	3,90E+08	99,625	99,911	99,897	99,986	99,978
	Desvio	4,73E+09	2,45E+08	1,91E+08	8,21E+07	19,032	46,279	20,901	4,630	1,993
	Mediana	2,85E+09	1,85E+08	5,10E+06	4,75E+06	89,412	98,273	97,300	99,793	99,707
3	N dados	12	12	11	12	12	11	12	11	12
	Mínimo	2,00E+07	7,40E+06	1,00E+05	1,00E+05	-305,000	61,818	54,054	85,500	82,000
	<b>Média</b>	<b>2,03E+08</b>	<b>4,11E+07</b>	<b>7,94E+05</b>	<b>1,02E+06</b>	<b>32,147</b>	<b>94,442</b>	<b>91,830</b>	<b>97,068</b>	<b>97,477</b>
	Máximo	1,20E+09	7,70E+08	2,10E+07	1,50E+07	98,642	99,909	99,900	99,992	99,976
	Desvio	3,64E+08	2,12E+08	6,45E+06	4,15E+06	123,592	10,960	14,107	5,446	5,086
	Mediana	2,45E+08	4,30E+07	5,20E+05	8,10E+05	79,714	98,217	96,601	99,792	99,490
4	N dados	13	13	12	12	13	12	12	12	12
	Mínimo	1,00E+07	9,80E+06	7,30E+03	6,30E+03	-290,000	99,659	98,385	99,000	93,700
	<b>Média</b>	<b>3,42E+08</b>	<b>1,16E+08</b>	<b>5,66E+04</b>	<b>1,34E+05</b>	<b>19,895</b>	<b>99,887</b>	<b>99,564</b>	<b>99,878</b>	<b>99,429</b>
	Máximo	2,70E+09	5,50E+08	9,20E+05	2,70E+06	94,842	99,996	99,999	99,999	99,999
	Desvio	7,07E+08	1,73E+08	3,24E+05	7,63E+05	113,831	0,129	0,556	0,291	1,805
	Mediana	3,50E+08	2,10E+08	4,45E+04	1,85E+05	76,042	99,962	99,854	99,990	99,952

Notas: Média geométrica

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

Vários fatores contribuem para o decaimento dos microrganismos patogênicos, como, temperatura, pH, escassez de alimento, organismos predadores, competição, compostos tóxicos, etc. (VON SPERLING, 1996 a).

A concentração de *E. coli* no esgoto bruto variou de um valor mínimo de  $1,00 \times 10^7$  NMP/100mL (fase 4) ao máximo de  $2,3 \times 10^{10}$  NMP/100mL (fase 2). Foi observado um valor médio de *E.coli* no esgoto bruto de  $10^8$  nas fases 1, 3 e 4; apenas na fase 2 a concentração média de *E. coli* foi de  $10^9$  NMP/100 mL.

Nas fases 1 e 2 houve a redução de uma unidade logarítmica de *E.coli* no reator UASB, e nas fases 3 e 4 a redução foi inferior a uma unidade logarítmica, isto porque houve um melhor controle na concentração dos sólidos dentro do reator UASB (BRITO *et al*, 2001). A eficiência de remoção de *E.coli* no reator UASB durante as fases 1, 2, 3 e 4, respectivamente, foi 64,186; 83,474; 32,147 e 19,895;

sendo observado que nas fases 1 e 2 houve uma maior remoção de *E.coli*, apesar do desempenho do reator UASB neste período para a remoção de outros poluentes ter sido inferior.

A concentração de *E.coli* no efluente das lagoas variou entre o mínimo de  $6,3 \times 10^3$  (fase 4 / lagoa com chicanas) e o máximo de  $8,8 \times 10^8$  (fase 2 / Lagoa sem chicanas).

O valor médio da remoção de *E.coli* nas lagoas durante as fases 1, 2, 3 e 4 foi de 90,255; 87,079; 94,442 e 99,887 % (lagoas sem chicanas); 98,921; 89,532; 91,830 e 99,564 % (lagoa com chicanas). Na fase 4 foi observada a maior eficiência de remoção de 99,996 e 99,999 % nas lagoas sem chicanas e com chicanas respectivamente.

As Figuras 5.35 e 5.36 apresentam o gráfico box and Whiskers e a série temporal de *E.coli* no sistema UASB/Lagoas ao longo das fases 1, 2, 3 e 4.

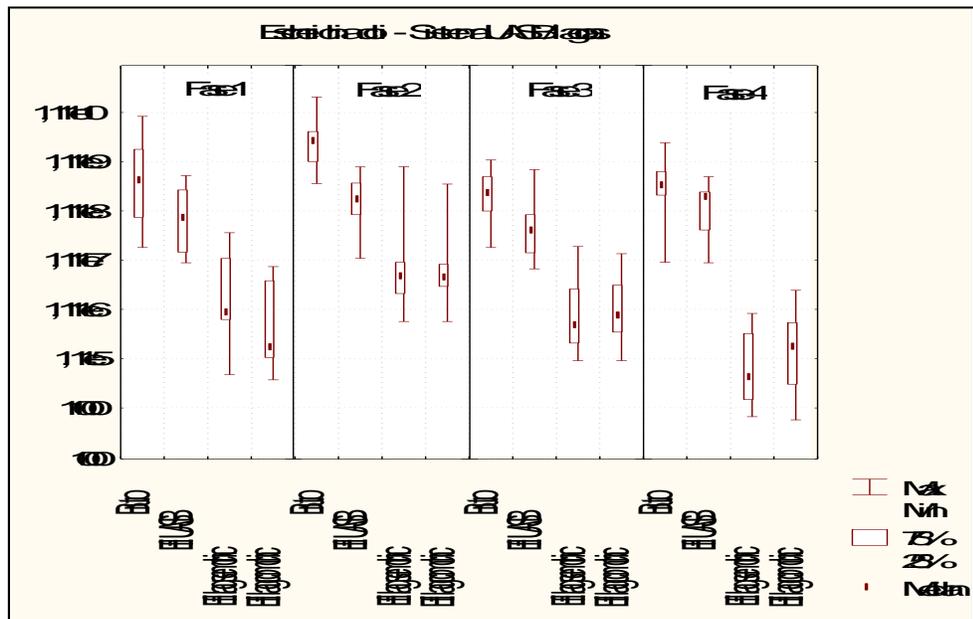


Figura -5.35 Gráfico box and Whiskers de E.coli no sistema UASB/Lagoas

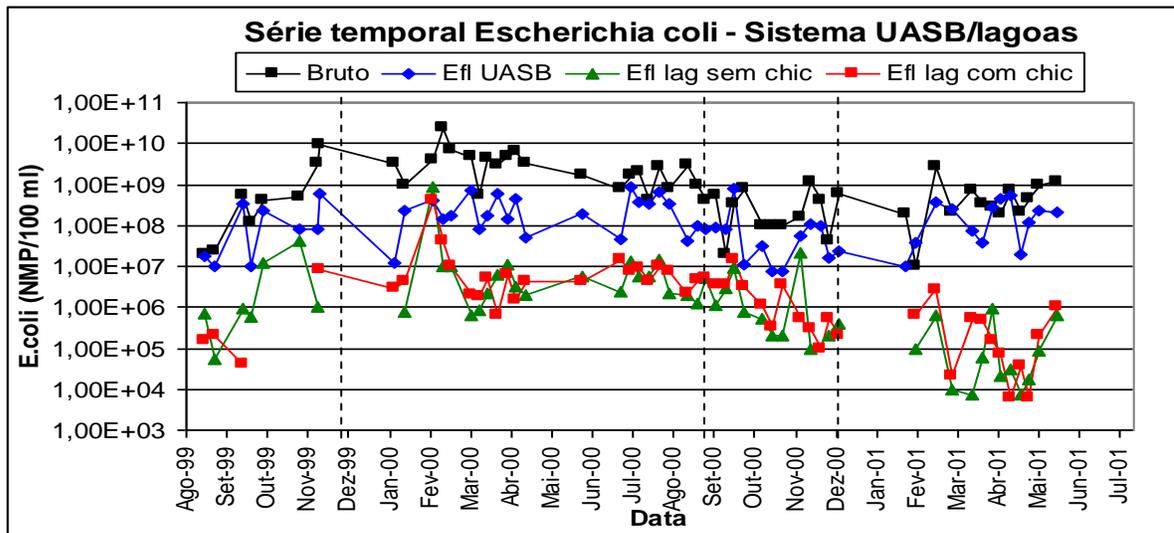


Figura - 5.36 Série temporal de E.coli sistema UASB/Lagoas - fases 1, 2, 3 e 4

OBS: Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

Na Figura 5.36 observa-se a grande variação de *E. coli* no esgoto bruto ao longo do período pesquisado. De Agosto/99 a Dezembro/99 houve um aumento na concentração do esgoto bruto de mais de duas unidades logarítmicas ( $10^7$  a  $10^{10}$ ). A partir de Fevereiro/00 até Novembro/00 observou-se um decréscimo de duas unidades logarítmicas ( $10^{10}$  a  $10^8$ ).

O reator UASB foi responsável pela remoção de uma unidade logarítmica em quase todas as fases, exceto na fase 4.

Nas fases 1 e 2 a lagoa com chicanas teve um desempenho ligeiramente superior à sem chicanas. As eficiências médias foram 98,921% e 90,255% (fase 1) e 89,532% e 87,079% (fase 2) para as lagoas com e sem chicanas, respectivamente.

Na fase 4 a lagoa sem chicanas chegou a remover 4 unidades logarítmicas e a com chicanas 3. Nesta fase as duas lagoas alcançaram o melhor desempenho no período, ambas com eficiências superiores a 99% (Figura 5.36).

Não existe padrão de lançamento de efluentes de coliformes fecais. Mas segundo DN nº 10/86 COPAM o padrão de qualidade do corpo receptor de 1000 CF, para classe 2 (que corresponde à maioria em Minas Gerais). Em nenhuma das fases o efluente das lagoas (concentração média), atingiu o valor mínimo, indicado pela legislação.

Segundo as recomendações da OMS (WHO, 2000), um efluente com valor médio inferior a  $10^5$  CF/100 mL, pode ser utilizado para irrigação restrita de culturas não ingeridas cruas (cereais, pastos e árvores), (Tabela 3.7, Revisão bibliográfica).

### 5.1.4.2 Coliformes totais

A Tabela 5.20 apresenta os valores das concentrações, e eficiências de remoção de coliformes totais no sistema UASB/Lagoas nas fases 1, 2, 3 e 4.

Tabela 5.20 Estatísticas descritivas de concentrações e eficiências de remoção de coliformes totais no sistema UASB/lagoas (Agosto/1999 a Junho/2001)

Fase	Estatística básica	Concentração Coliformes totais (NMP/100ml)				Eficiência (%)			Eficiência do Sistema (%)	
		UASB		Efluente Lagoas		Reator UASB	Lagoas		UASB/Lagoas	
		Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas		Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
1	N dados	8	8	7	4	8	7	4	7	4
	Mínimo	1,90E+08	2,60E+07	7,00E+05	8,30E+05	29,167	51,613	96,808	92,500	98,947
	<b>Média</b>	<b>2,05E+09</b>	<b>3,14E+08</b>	<b>9,12E+06</b>	<b>2,49E+06</b>	<b>71,151</b>	<b>89,729</b>	<b>98,400</b>	<b>97,808</b>	<b>99,618</b>
	Máximo	5,70E+10	2,40E+09	1,50E+08	2,40E+07	97,000	99,667	99,944	99,990	99,960
	Desvio	1,95E+10	9,49E+08	5,67E+07	1,14E+07	29,806	17,046	1,364	2,668	0,477
	Mediana	2,20E+09	3,05E+08	5,50E+06	1,48E+06	86,060	95,412	98,425	99,083	99,781
2	N dados	22	22	21	22	22	21	22	21	22
	Mínimo	7,10E+08	2,90E+07	1,90E+06	1,00E+00	63,200	8,333	-383,333	95,417	75,833
	<b>Média</b>	<b>9,05E+09</b>	<b>5,64E+08</b>	<b>1,83E+07</b>	<b>2,49E+07</b>	<b>88,852</b>	<b>92,371</b>	<b>72,233</b>	<b>99,525</b>	<b>98,508</b>
	Máximo	2,40E+11	2,10E+09	1,10E+09	5,80E+09	99,698	99,600	100,000	99,983	100,000
	Desvio	4,97E+10	6,02E+08	2,37E+08	1,23E+09	10,040	19,605	102,246	0,972	5,093
	Mediana	9,70E+09	8,75E+08	1,50E+07	1,70E+07	92,255	97,923	97,238	99,775	99,756
3	N dados	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Mínimo	4,10E+07	2,50E+07	3,10E+05	6,30E+05	-192,683	95,000	56,000	85,366	74,167
	<b>Média</b>	<b>6,93E+08</b>	<b>1,33E+08</b>	<b>1,47E+06</b>	<b>4,10E+06</b>	<b>53,300</b>	<b>98,131</b>	<b>88,949</b>	<b>98,485</b>	<b>95,395</b>
	Máximo	6,10E+09	1,40E+09	1,90E+07	3,10E+08	96,333	99,933	99,885	99,990	99,990
	Desvio	1,90E+09	3,95E+08	5,37E+06	8,82E+07	83,431	1,539	16,479	4,153	8,289
	Mediana	1,10E+09	1,15E+08	9,70E+05	3,85E+06	88,636	98,615	96,521	99,711	99,411
4	N dados	13	13	12	12	13	12	12	12	12
	Mínimo	1,50E+08	5,20E+07	2,40E+04	1,10E+04	-55,319	99,286	97,083	99,929	97,667
	<b>Média</b>	<b>2,52E+09</b>	<b>4,32E+08</b>	<b>4,85E+05</b>	<b>6,07E+05</b>	<b>68,139</b>	<b>99,842</b>	<b>99,493</b>	<b>99,967</b>	<b>99,769</b>
	Máximo	1,40E+10	1,70E+09	1,00E+07	1,30E+07	97,561	99,992	99,999	99,999	100,000
	Desvio	3,78E+09	5,64E+08	2,79E+06	3,71E+06	42,381	0,187	0,812	0,027	0,663
	Mediana	3,40E+09	5,20E+08	5,20E+05	1,13E+06	83,889	99,897	99,749	99,972	99,971

Notas:\*Média geométrica

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

Reconhecidamente, o grupo dos coliformes totais inclui espécies de origem não-exclusivamente fecal, podendo ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas (OMS, 1995), citado por BASTOS (2000).

Os valores de coliformes totais foram obtidos a partir da análise para *E. coli* pelo método do colilert. Serão apresentados como uma complementação de dados, porém não são considerados indicadores de contaminação fecal em águas residuárias, apenas em águas tratadas.

A Figura 5.37 apresenta a série temporal de *E.coli* no sistema UASB/Lagoas ao longo das fases 1, 2, 3 e 4.

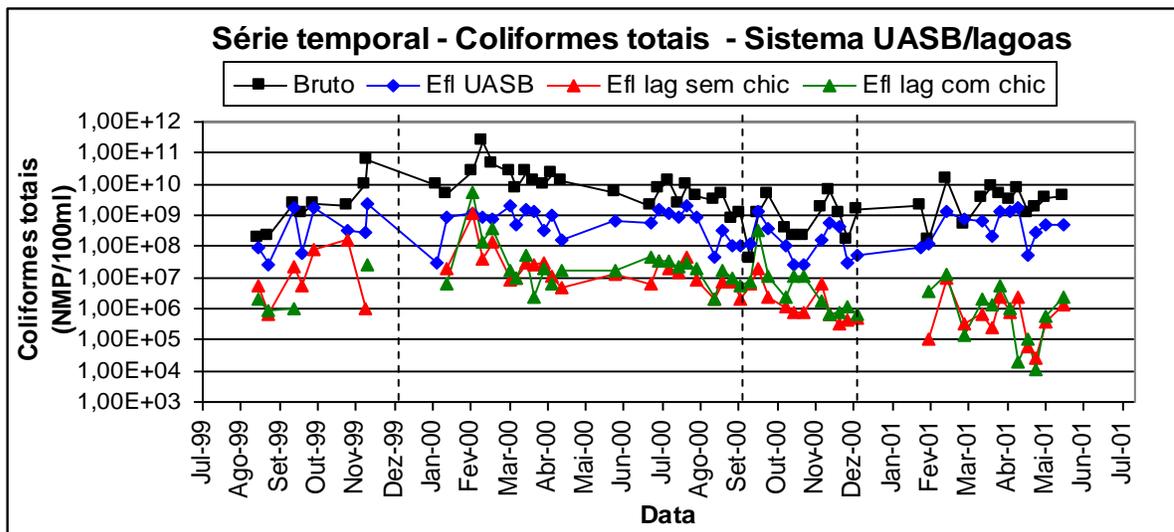


Figura -5.37 Série temporal de coliformes totais - Sistema UASB/Lagoas

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

Similarmente a *E.coli*, observa-se (Figura 5.37) a grande variação da concentração de coliformes no esgoto bruto ao longo do período pesquisado. De Agosto/99 a Dezembro/99 houve um aumento na concentração do esgoto bruto de três unidades logarítmicas ( $10^8$  a  $10^{11}$  NMP/100mL). A partir de Fevereiro/00 até Novembro/00 observou-se um decréscimo de quatro unidades logarítmicas ( $10^{11}$  a  $10^7$  NMP/100mL).

O reator UASB foi responsável pela remoção de uma unidade logarítmica em quase todas as fases, exceto na fase 3.

Quanto ao desempenho das lagoas, observa-se claramente que na fase 4 (Janeiro a Junho/01) foram obtidas as menores concentrações efluentes de coliformes totais, chegando a  $10^4$  nas duas lagoas (Figura 5.37). Nesta fase as lagoas operaram com uma profundidade de 0,6 m.

Nas fases 2, 3 e 4 a lagoa sem chicanas teve um desempenho ligeiramente superior à com chicanas.

Na fase 4 a lagoa sem chicanas chegou a remover 4 unidades logarítmicas e a com chicanas 3. Nesta fase as duas lagoas alcançaram o melhor desempenho no período, ambas com eficiências superiores a 99%.

### 5.1.4.3 Ovos de helmintos

A Tabela 5.21 apresenta os valores das concentrações e eficiências de remoção de ovos de helmintos no sistema UASB/Lagoas nas fases 1, 2, 3 e 4.

Tabela 5.21 Estatísticas descritivas de concentrações e eficiências de remoção de ovos de helmintos no sistema UASB/lagoas (Agosto/1999 a Junho/2001)

Fase Estatística básica	Concentração ovos de helmintos (ovos/l)				Eficiência (%)			Eficiência Sistema (%)	
	UASB		Efluente Lagoas		Reator UASB	Lagoas		UASB/Lagoas	
	Afluente	Efluente	Sem chicanas	Com chicanas		Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
N dados	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mínimo	17,0	16,0	0,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Média</b>	254,3	37,0	0,0	0,0	62,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Máximo	720,0	68,0	0,0	0,0	90,6	100,0	100,0	100,0	100,0
Desvio	316,3	25,2	0,0	0,0	42,2				
Mediana	140,0	32,0	0,0	0,0	78,6	100,0	100,0	100,0	100,0
N dados	23	23	23	23	21	22	22	21	21
Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	-18,5	60,0	81,3	76,0	95,8
<b>Média</b>	75,8	15,6	0,5	0,3	74,0	95,9	98,1	98,6	99,5
Máximo	320,0	48,0	6,0	3,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Desvio	70,0	12,7	1,5	0,8	25,5	11,8	5,0	5,2	1,2
Mediana	53,0	12,0	0,0	0,0	78,1	100,0	100,0	100,0	100,0
N dados	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mínimo	13,2	1,3	0,0	0,0	24,2	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Média</b>	75,5	9,8	0,0	0,0	65,6	100,0	100,0	100,0	100,0
Máximo	300,0	18,0	0,0	0,0	94,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Desvio	125,6	6,5	0,0	0,0	29,2				
Mediana	20,0	12,0	0,0	0,0	59,8	100,0	100,0	100,0	100,0
N dados	12	12	12	12	12	10	9	9	10
Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	39,4	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Média</b>	26,1	4,1	0,0	0,0	78,7	100,0	100,0	100,0	100,0
Máximo	79,8	15,0	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Desvio	28,2	4,3	0,0	0,0	22,5				
Mediana	10,0	3,7	0,0	0,0	88,4	100,0	100,0	100,0	100,0

Notas: Média aritmética

As eficiências foram calculadas com base nas concentrações médias afluentes e efluentes

As concentrações iguais a zero devem ser vistas com ressalvas.

A remoção de ovos de helmintos em sistemas de tratamento de esgotos ocorre basicamente pela sedimentação. Nas lagoas os ovos vão para o lodo que fica localizado no fundo, e são removidos quando ocorre o descarte, devendo ser tomados os devidos cuidados com o destino final deste lodo.

Os valores médios de ovos de helmintos no esgoto bruto, tiveram uma grande variação, de 254 e 26 ovos/L nas fases 1 e 4, respectivamente.

A eficiência do reator UASB na remoção de ovos esteve entre 61,96 e 78,69 %, para o TDH de 5,0 e 7,5 horas, respectivamente, nas fases 1 e 4.

As lagoas, no entanto, tiveram sua menor eficiência na fase 2, quando operaram com o menor tempo de detenção hidráulica. Para o TDH de 4,91 e 5,04 m<sup>3</sup>/d, foram obtidas eficiências médias de 95,87% e 98,07% para as lagoas sem chicanas e com chicanas respectivamente, sendo que nesta fase a lagoa com chicanas apresentou um desempenho ligeiramente melhor que a lagoa sem chicanas.

A tabela 5.22 apresenta uma revisão da literatura com os dados de ovos de helmintos no esgoto bruto em diferentes países.

Tabela 5.22 Levantamento da literatura sobre contagem de ovos de helmintos no esgoto bruto em diferentes países

Variação (ovos/L)	País	Referência
200-2130	Calcutá	Bhaskaran (1956)
10-80	Japão	Liebmann (1964)
500-13000*	Irã (Isfaham)	Sadighian <i>et al.</i> (1976)
581-838	Índia	Veerannan (1977)
122-860	Índia	Panicker & Krishnamoorthi (1981)
38-670	Nordeste Brasil	Ayres <i>et al</i> (1981)
9**	França (Nancy)	Schwartzbrod <i>et al.</i> (1989)
18-840	Marrocos	Schwartzbrod <i>et al.</i> (1989)
100-800	Jordânia	Al-Tarazi (1989)
33-950	Jordânia	Saqqar (1990)
120-196	Kenya (Nakaru)	Ayres <i>et al.</i> (1993)
205-581	Kenya (Karatina)	Ayres <i>et al.</i> (1993)
550-8900	Brasil	Ceballos <i>et al.</i> (1993)
0-120	Marakech	Ouazzani <i>et al.</i> (1993)
17-133	Kenya	Grimason <i>et al.</i> (1995)

Notas: \* n° ovos/g

\*\* média

Fonte: HYNDIYEH, 1995

A elevada concentração de ovos de helmintos encontrada em cidades Brasileiras (nordeste do Brasil) e Iranianas no esgoto bruto, é um resultado direto das baixas condições sócio econômicas da população destes países (DIXO *et al.*, 1993), citado por HINDIYEH (1995).

Em Itabira, sudeste do Brasil, foi observada uma variação média no esgoto bruto de 26 a 254 ovos/L, (com um mínimo de 13 e máximo de 720 ovos/L). Dados

inferiores aos valores encontrados por CEBALLOS *et al.* (1993) e próximos aos citados por AYRES *et al.* (1981).

A Figura 5.39 apresenta o gráfico box and Whiskers de ovos de helmintos no sistema UASB/Lagoas ao longo das fases 1, 2, 3 e 4.

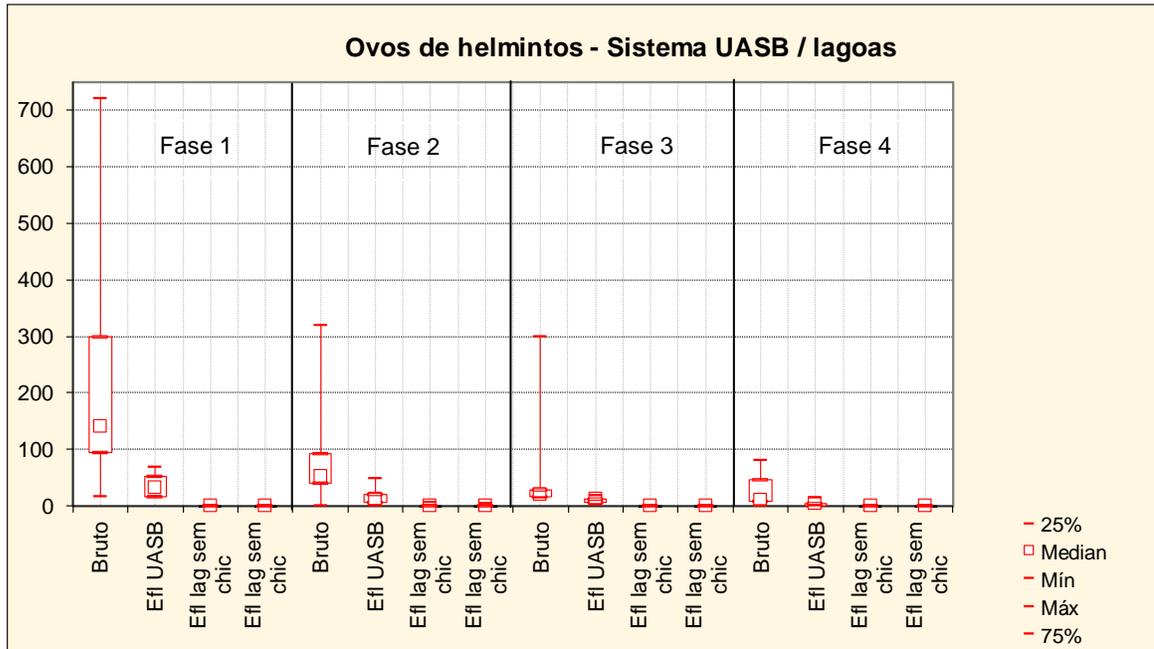


Figura -5.38 Box and Whiskers de ovos de helmintos no sistema UASB/Lagoas

**OBS:** Fase 1: Jan a Dez/99 Fase 2: Fev. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun/01

A eficiência global na remoção de ovos de helmintos não foi influenciada pela redução da profundidade, sendo que nas fases 1 e 3 as lagoas operaram com 1,0 m de profundidade e na fase 4, com 0,6 m, tendo sido obtida a mesma eficiência de 100% na remoção de ovos. De fato, considerando-se a sedimentação dos ovos como discreta, tem-se que a profundidade não exerce influência na eficiência de remoção.

## 5.2 AVALIAÇÃO E MODELAGEM DA REMOÇÃO DE POLUENTES NAS LAGOAS COM CHICANAS E SEM CHICANAS

### 5.2.1 VAZÃO AFLUENTE ÀS LAGOAS

A Tabela 5.23 apresenta os valores médios da vazão afluyente às lagoas com chicanas e sem chicanas e do tempo de detenção hidráulica.

Tabela 5.23 Estatísticas básicas dos valores da vazão afluyente e TDH nas lagoas durante as fases pesquisadas.

Fase	Estatística básica	Vazão (m <sup>3</sup> /d)		TDH (dias)	
		Lagoas		Lagoas	
		Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
2	N dados	47	46	47	46
	Mínimo	5,5	4,6	1,9	2,5
	<b>Média</b>	<b>8,6</b>	<b>8,2</b>	<b>3,9</b>	<b>4,1</b>
	Máximo	17,3	12,8	5,8	7,0
	Desvio	2,2	1,7	0,8	0,9
	Mediana	8,2	8,0	3,9	4,0
3	N dados	47	46	47	46
	Mínimo	1,7	2,0	3,1	3,1
	<b>Média</b>	<b>5,1</b>	<b>6,0</b>	<b>7,3</b>	<b>6,4</b>
	Máximo	10,2	10,4	18,8	16,1
	Desvio	2,0	2,3	3,2	3,2
	Mediana	5,2	6,4	6,2	5,0
4	N dados	58	58	58	58
	Mínimo	1,2	1,2	4,0	4,0
	<b>Média</b>	<b>2,3</b>	<b>2,2</b>	<b>9,3</b>	<b>9,5</b>
	Máximo	4,8	4,8	15,9	16,7
	Desvio	0,7	0,7	2,7	3,0
	Mediana	2,2	2,3	8,6	8,2

Média aritmética

Houve uma grande variação das vazões afluentes às lagoas, devido à dificuldade de manutenção de um controle eficiente para a manutenção da vazão de projeto

Na fase 2 a vazão começou a ser medida a partir de 28/06/2000, quando foi observada uma grande variação na vazão afluyente.

Nas fases 2 e 4 a lagoa sem chicanas recebeu uma vazão, (média) ligeiramente superior à lagoa com chicanas. Apenas na fase 3, a lagoa com chicanas recebeu uma maior vazão.

O tempo de detenção hidráulica foi calculado de acordo com as vazões medidas ao longo das fases, a fim de se verificar a influência do TDH na remoção de poluentes nas lagoas.

As Figuras 5.39 e 5.40 apresentam a vazão afluyente e o tempo de detenção hidráulico à qual as duas lagoas estiveram submetidas durante as fases 2, 3 e 4.

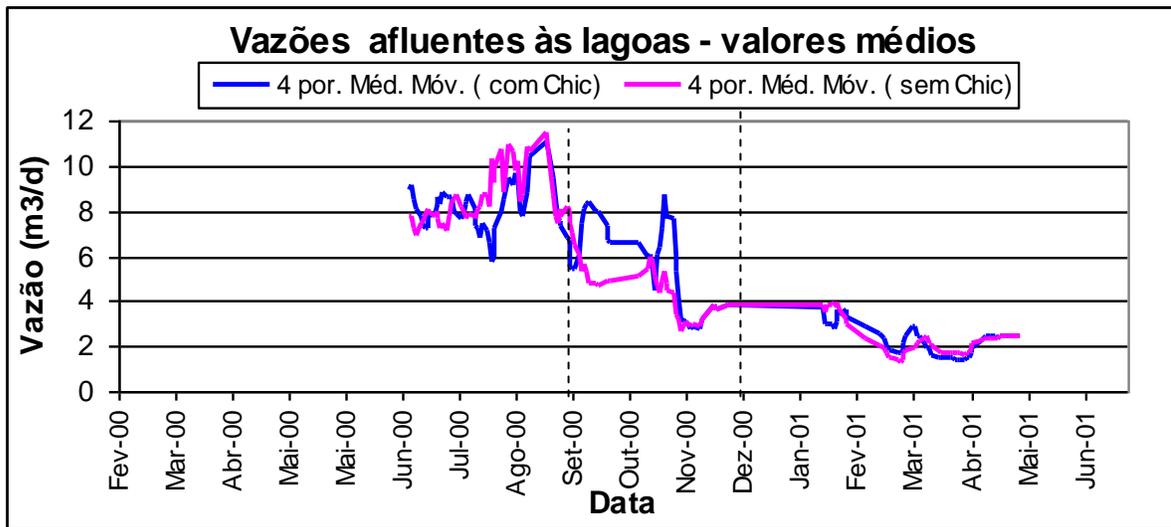


Figura -.5.39 Vazão afluyente às lagoas com chicanas e sem chicanas nas fases 2,3e 4

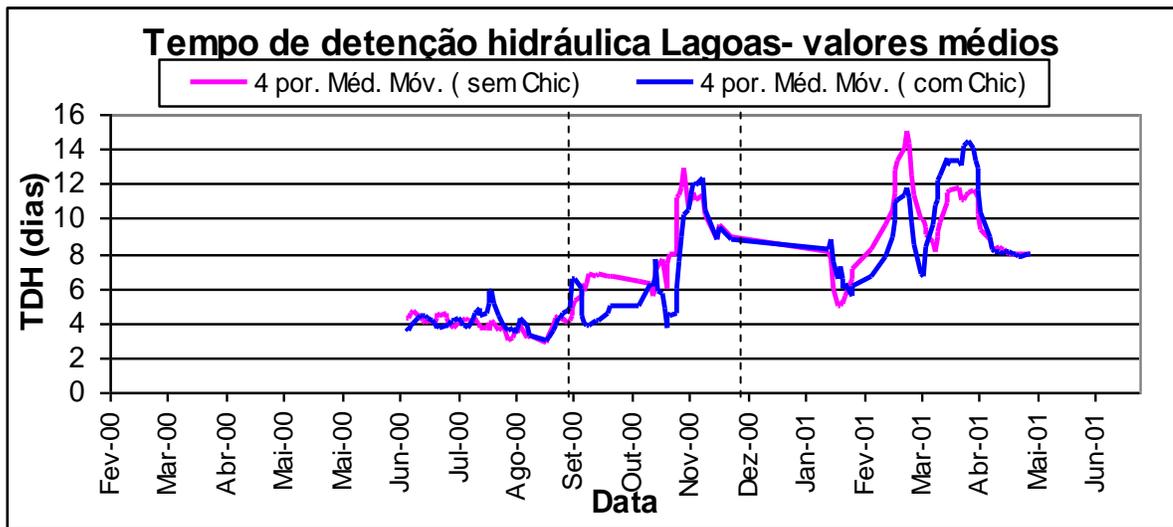


Figura -.5.40 TDH - Lagoas com chicanas e sem chicanas nas fases 2,3e 4

OBS: Fase 1 Ago. a Dez/99 Fase 2: Fev. a Set/00 Fase 3: Set. a Dez/00 Fase 4: Jan. a Jun./01

Na Figura 5.40 observa-se que ocorreu uma pequena variação no tempo de detenção hidráulico e na vazão entre as duas lagoas, exceto na fase 3 em que a lagoa sem chicanas apresentou um maior TDH (e menor vazão) do que a lagoa com chicanas. No entanto, observa-se uma grande variação na vazão ao longo das fases, sendo que o valor mínimo da fase 2, (4,52 m<sup>3</sup>/d) na lagoa com chicanas é superior à vazão média das duas lagoas na fase 4.

## 5.2.2 DADOS DE MONITORAMENTO POR SENSORES

### 5.2.2.2 Estatísticas descritivas

A Tabela 5.24 apresenta as estatísticas básicas do pH, temperatura, oxigênio dissolvido (a 20 e a 80 cm da lâmina d'água), dentro das lagoas.

Tabela 5.23 Estatísticas básicas dos valores de pH, temperatura, oxigênio dissolvido (a 20 e 80 cm da lâmina d'água) das lagoas durante as fases pesquisadas.

Fase Estatística básica	Temperatura		pH		OD (20 cm)		OD (80 cm)	
	(°C)		(20 cm)		(mg/L)		(mg/L)	
	Lagoas		Lagoas		Lagoas		Lagoas	
	Sem chicanas	Com chicanas						
N dados	6	6						
Mínimo	10,33	10,42						
1 <b>Média</b>	<b>15,63</b>	<b>15,42</b>						
Máximo	17,67	17,25						
Desvio	2,68	2,49						
Mediana	16,21	16,17						
N dados	93	93	88	95	35	35	28	28
Mínimo	18,27	17,92	7,03	6,89	0,30	0,33	0,20	0,19
2 <b>Média</b>	<b>23,08</b>	<b>23,01</b>	<b>7,77</b>	<b>7,79</b>	<b>3,67</b>	<b>2,82</b>	<b>0,47</b>	<b>0,51</b>
Máximo	28,90	28,73	9,08	10,27	13,00	10,88	1,15	1,21
Desvio	2,92	2,87	0,40	0,70	3,48	3,39	0,20	0,19
Mediana	22,70	22,73	7,79	7,72	2,38	1,19	0,41	0,46
N dados	37	36	36	36	21	21	21	21
Mínimo	18,57	18,00	6,07	6,30	0,43	0,39	0,28	0,26
3 <b>Média</b>	<b>22,81</b>	<b>22,73</b>	<b>7,59</b>	<b>7,49</b>	<b>5,04</b>	<b>3,21</b>	<b>0,67</b>	<b>0,50</b>
Máximo	26,62	26,41	8,43	8,43	10,58	6,95	1,57	0,78
Desvio	1,94	1,91	0,54	0,57	3,02	2,41	0,27	0,14
Mediana	23,20	22,83	7,73	7,58	5,25	2,98	0,62	0,50
N dados	27	29	24	24	19	20		
Mínimo	19,87	19,30	5,70	6,41	2,32	3,37		
4 <b>Média</b>	<b>24,80</b>	<b>24,65</b>	<b>8,64</b>	<b>8,41</b>	<b>8,86</b>	<b>6,29</b>		
Máximo	28,83	28,47	10,39	9,99	13,90	9,65		
Desvio	2,46	2,33	1,19	1,00	2,58	1,91		
Mediana	24,92	25,00	9,04	8,51	9,17	6,09		

Média aritmética

As estatísticas básicas foram calculadas a partir da "**Média diária**", com os valores sendo medidos dentro das lagoas às 8:00 e às 14:00 horas, (na entrada (E), meio (M) e saída (S)), sendo:

$$\text{Média diária} = \text{valores } ((E + M + S (8:00 h)) + ((E + M + S (14:00 h)))/6$$

Logo, os valores mínimos apresentados na Tabela 5.21 correspondem às menores médias diárias.

As Figuras 5.41 a 5.48 apresentam os valores médios medidos dentro das lagoas às 8 e às 14 horas, podendo ser observada a grande variação entre os valores máximos e mínimos. Onde cada ponto corresponde a:

$$\text{Média dentro da lagoa 8:00 horas} = (\text{Valor (Entrada+Meio+Saída)})/3$$

$$\text{Média dentro da lagoa 14:00 horas} = (\text{Valor (Entrada+Meio+Saída)})/3$$

Na fase 1 não houve monitoramento de pH e do oxigênio dissolvido. Também não houve monitoramento de OD a 80 cm da superfície, na fase 4, devido à redução da profundidade das lagoas para 60 cm.

### 5.2.2.3 Temperatura

As Figuras 5.41 e 5.42 apresentam a série temporal dos valores médios da temperatura (às 8:00 e às 14:00 horas) dentro das lagoas sem chicanas e com chicanas durante as fases 1, 2, 3 e 4.

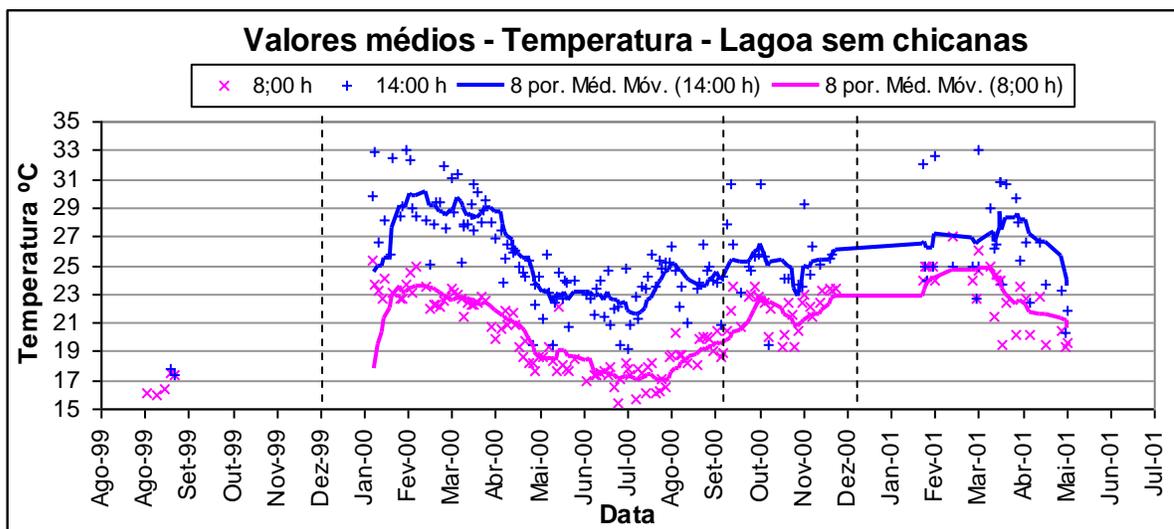


Figura -5.41 - Temperatura média das lagoas sem chicanas nas fases 1, 2 3 e 4 às 8:00 h e 14:00 h

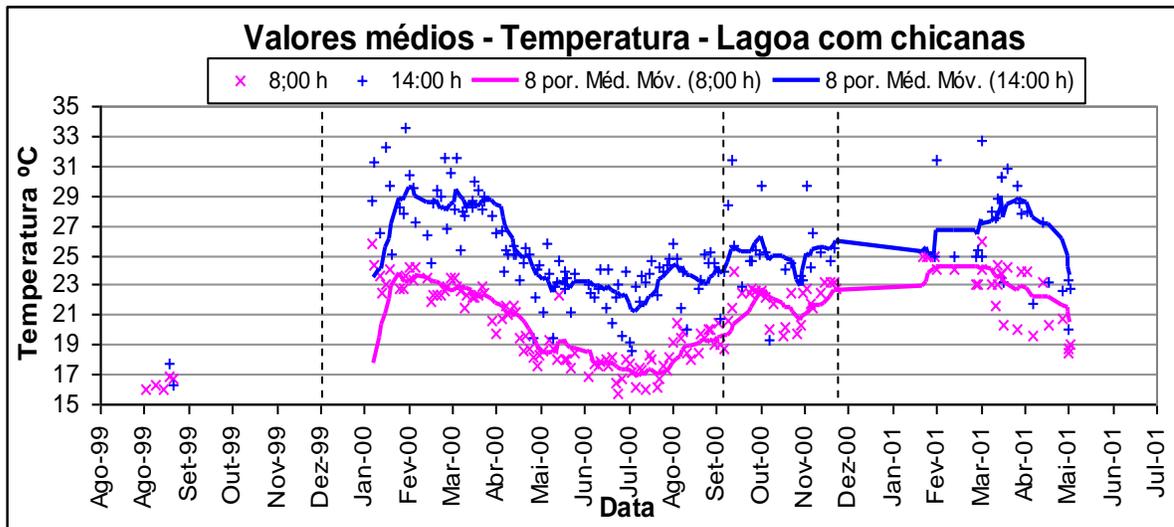


Figura -5.42 -Temperatura média na lagoa com chicanas nas fases 1, 2, 3 e 4 às 8:00 h e 14:00 h

**OBS:** Fase 1 Ago. a Dez/99 Fase 2: Fev. a Set/00 Fase 3: Set. a Dez/00 Fase 4: Jan. a Jun./01

Observa-se nas Figuras 5.41 e 5.42 uma grande variação na temperatura ao longo das fases e também durante o dia, chegando a 10 °C de diferença entre o valor medido às 8:00 e às 14:00 horas no verão (Fevereiro e Março/00 e Março/01).

Os meses de menor temperatura (inferior a 17°C), medida às 8:00 horas, nas duas lagoas foram Agosto/99 e Junho/Julho/Agosto/01, que correspondem ao inverno.

Os meses de maior temperatura (superior a 29°C), medida às 14:00 horas, nas duas lagoas foram Janeiro/Fevereiro/Março- 2000 e Fevereiro/Março-2001

A temperatura é um fator importante no desempenho das lagoas porque uma elevação na temperatura pode aumentar a taxa de reações químicas e biológicas, dentre elas a atividade das bactérias que atuam na remoção da matéria orgânica, bem como a mortandade de bactérias patogênicas.

Segundo VON SPERLING (1996 a), elevações na temperatura diminuem a solubilidade dos gases e aumentam sua taxa de transferência

5.2.2.4 Oxigênio dissolvido (a 20 cm da lâmina d'água)

As Figuras 5.43 e 5.44 apresentam o valor do oxigênio dissolvido (a 20 cm da lâmina d'água) nas duas lagoas durante as fases 2, 3 e 4.

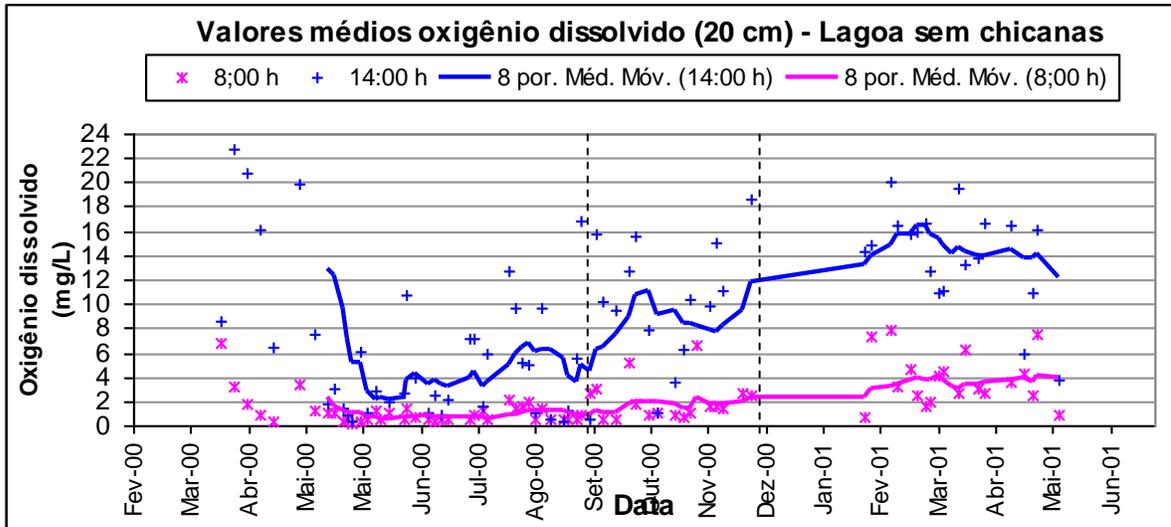


Figura -5.43 Oxigênio dissolvido -Lagoa sem chicanas nas fases 2, 3 e 4

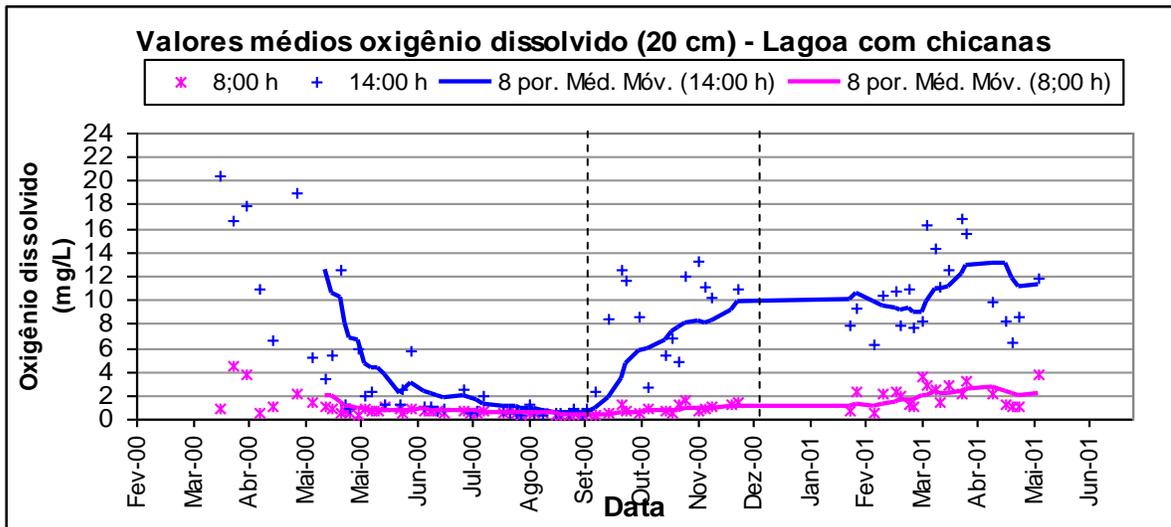


Figura -5.44 Oxigênio dissolvido -Lagoa com chicanas nas fases 2, 3 e 4

OBS: Fase 1 Ago. a Dez/99    Fase 2: Fev. a Set/00    Fase 3: Set. a Dez/00    Fase 4: Jan. a Jun./01

Nas Figuras 5.43 e 5.44 observa-se uma grande variação da concentração de OD ao longo das fases pesquisadas, principalmente às 14 horas. A lagoa com chicanas apresentou um valor médio de OD inferior à lagoa sem chicanas em todas as fases (Tabela 5.24).

Nos meses de Julho, Agosto e Setembro/00 a quantidade de OD dentro da lagoa com chicanas apresentou valores inferiores a 2 mg/L. Este período coincide com as menores temperaturas nas duas lagoas.

A mistura que ocorre dentro das lagoas é devida à ação do vento e pelo diferencial de temperatura. Esta mistura é importante na homogeneização da distribuição no sentido vertical da DBO, algas e oxigênio dissolvido. Segundo VON SPERLING (1996c), para maximizar a influência do vento, a lagoa não deverá ser cercada por obstáculos naturais ou artificiais que obstruam a ação do vento. A lagoa com chicanas próxima ao laboratório, o que pode ter influenciado na mistura dentro da lagoa, pela ação do vento; além das próprias chicanas.

A diferença entre a concentração de OD medida às 8:00 e às 14:00 horas foi superior a 10 mg/L em Março e Abril/00 e Março e Abril/01, nas duas lagoas. No entanto, nos meses de Julho, Agosto e Setembro/00, não houve diferença significativa entre os valores de OD medidos às 8:00 e às 14:00 horas na lagoa com chicanas (Figura 5.44).

#### 5.2.2.5 Oxigênio dissolvido (a 80 cm da lâmina d'água)

Foi medida a concentração de oxigênio dissolvido no fundo da lagoa com o objetivo de saber se em algum período as lagoas estiveram sem oxigênio (anaerobiose).

As Figuras 5.45 e 5.46 apresentam o valor do oxigênio dissolvido (à 80 cm da lâmina d'água) nas duas lagoas durante as fases 2 e 3.

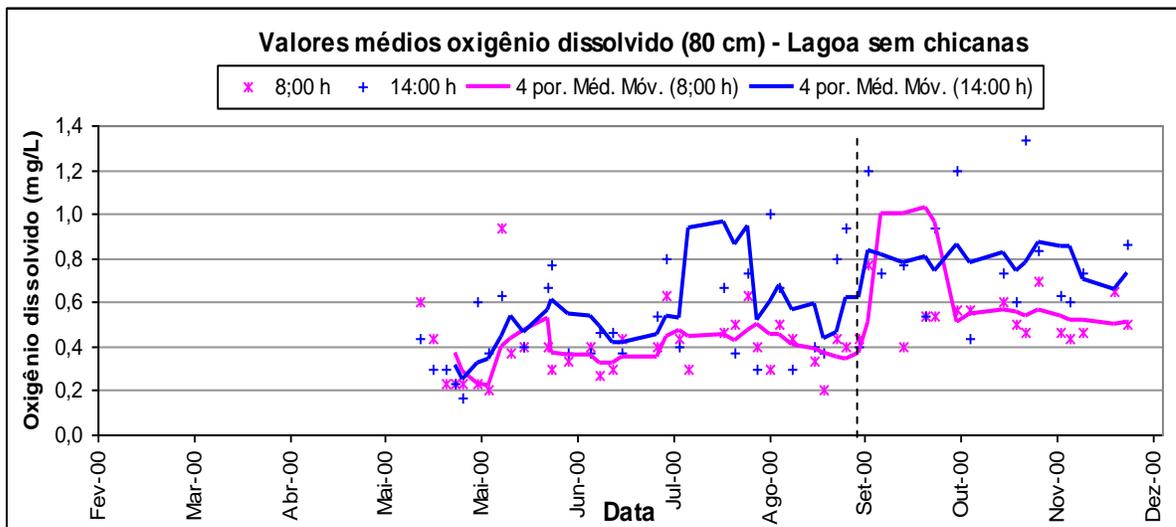


Figura -5.45 Oxigênio dissolvido -Lagoa sem chicanas nas fases 2 e 3

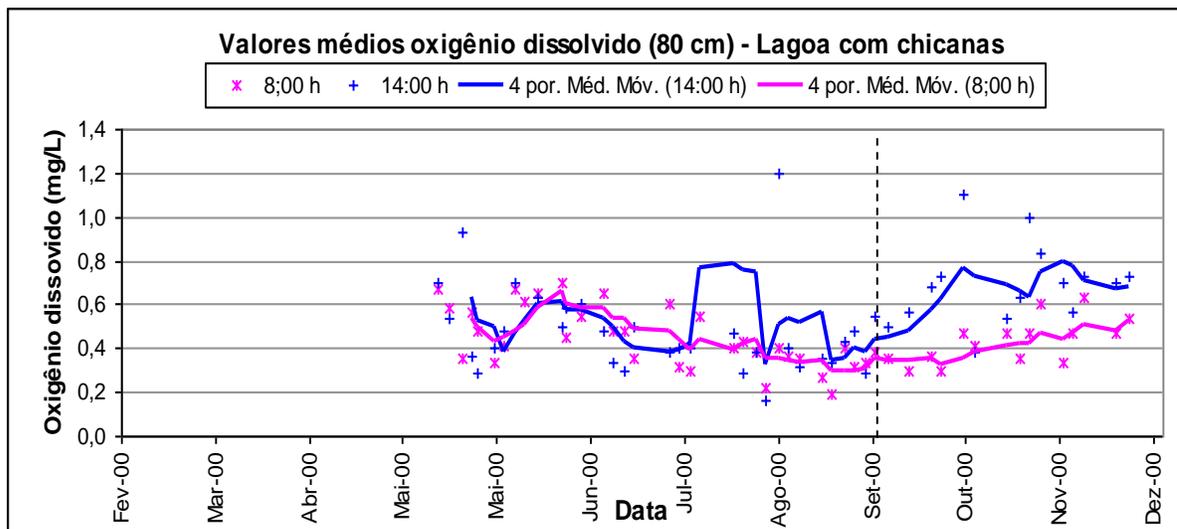


Figura -.5.46 Oxigênio dissolvido -Lagoa com chicanas nas fases 2 e 3

**OBS:** Fase 1 Ago. a Dez/99 Fase 2: Fev. a Set/00 Fase 3: Set. a Dez/00 Fase 4: Jan. a Jun./01

A concentração de oxigênio dissolvido a 80 cm da lâmina d'água em nenhum momento chegou a zero, em nenhuma das lagoas.

Na lagoa sem chicanas, observou-se um aumento na concentração de OD de 0,2 mg/L (Maio/00) até 0,8 mg/L (Dezembro/00).

Na lagoa com chicanas não foi observado um aumento de OD ao longo dos meses, apenas uma ligeira elevação a partir de Outubro até Dezembro/00.

### 5.2.2.6 pH

As Figuras 5.47 e 5.48 apresentam o valor do pH nas duas lagoas durante as fases 2, 3 e 4

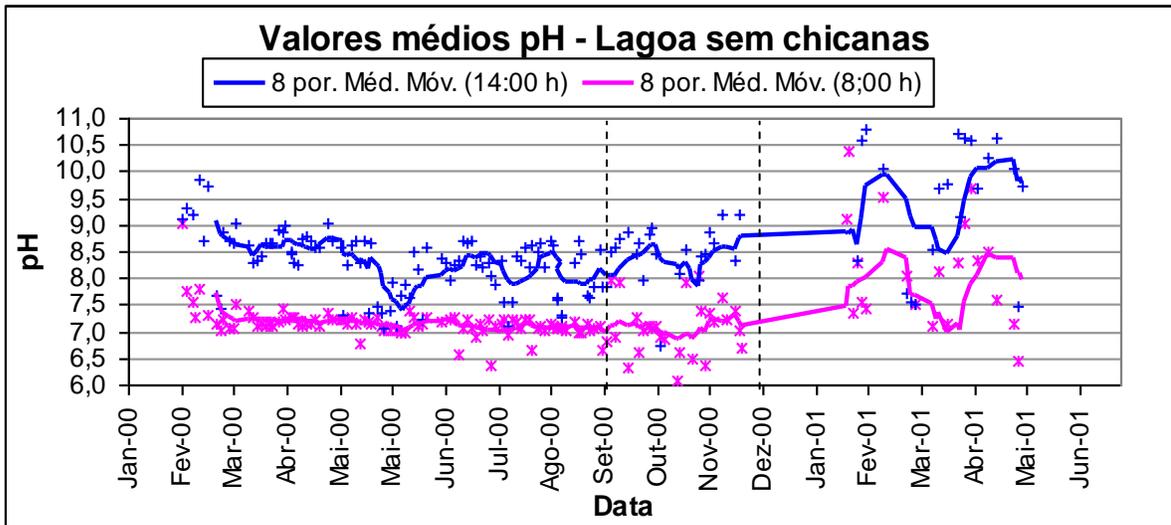


Figura -5.47 pH - Lagoa sem chicanas nas fases 2, 3 e 4

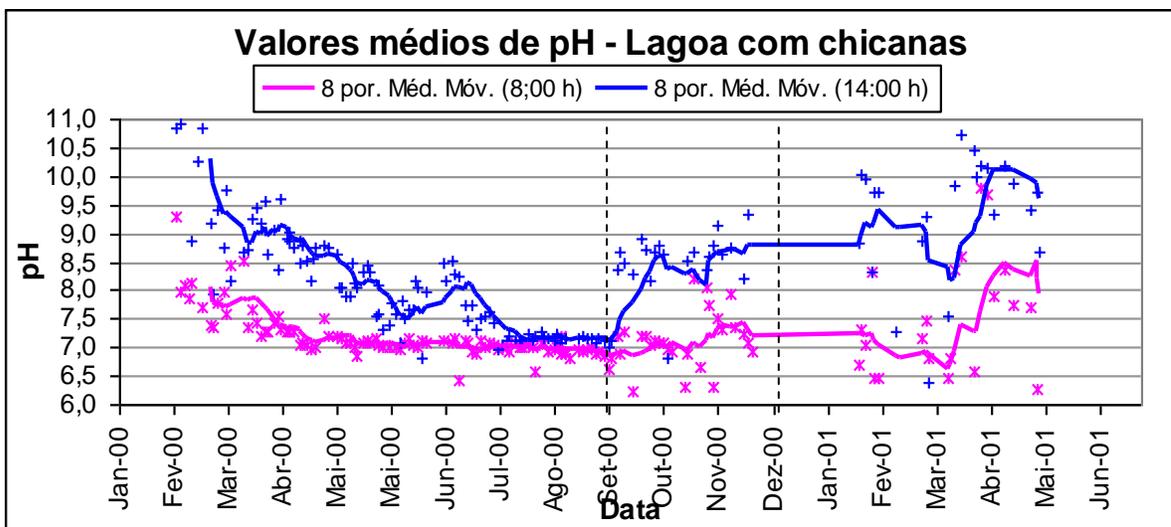


Figura -5.48 pH - Lagoa com chicanas nas fases 2, 3 e 4

**OBS:** Fase 1 Ago. a Dez/99 Fase 2: Fev. a Set/00 Fase 3: Set. a Dez/00 Fase 4: Jan. a Jun./01

Valores de pH afastados da neutralidade (pH = 7) tendem a afetar as taxas de crescimento dos microrganismos, daí a necessidade do monitoramento deste parâmetro nas lagoas. O pH é importante também como fator de influência na taxa de remoção de patógenos.

Nas lagoas é desejável um pH elevado, no entanto deve-se observar que o padrão de lançamento (Resolução CONAMA nº 20 18/06/86) é de 5 a 9.

Nas Figuras 5.47 e 5.48, observa-se uma grande variação do pH ao longo das fases, sendo encontrado um valor mínimo de 6,0 nos meses de Outubro/00 (e um máximo de 10,5 em Fevereiro e Março/01 (lagoa sem chicanas).

A lagoa com chicanas apresentou valores bastante próximos, (medidos às 8:00 e às 14:00 horas) nos meses de Julho, Agosto e Setembro/00, quando também foram observados os menores valores de oxigênio dissolvido nesta lagoa.

### 5.2.3 TAXA DE APLICAÇÃO SUPERFICIAL

Segundo CAVALCANTI *et al* (2001), as cargas orgânicas superficiais recomendadas para lagoas em regiões de clima tropical são:

Tabela 5.24 Cargas orgânicas superficiais recomendadas para lagoas em regiões de clima tropical

Tipo de lagoa	Carga de DBO (kg DBO <sub>5</sub> /ha.dia)
Lagoas facultativas	<300
Lagoas de polimento	<150

Fonte: CAVALCANTI *et al* (2001)

VON SPERLING, (1996c) cita que a taxa de aplicação superficial a ser adotada varia com a temperatura local, altitude, exposição solar e outros. Locais como o Brasil permitem a adoção de taxas elevadas, como mostra a tabela 5.26:

Tabela 5.25 Taxa de aplicação superficial a ser adotada de acordo com o clima da região

Regiões	Taxa de aplicação superficial (kg DBO <sub>5</sub> /ha.d)
Com inverno quente e elevada insolação	240 a 350
Com inverno quente e insolação moderados	120 a 240
Com inverno frio e baixa insolação	100 a 180

Adaptado de VON SPERLING, (1996 c)

As Figuras 5.23 e 5.24 apresentam a taxa de aplicação superficial (Kg DBO/ha.d) e (kg DQO/ha.d) a qual as duas lagoas estiveram submetidas durante as fases 2, 3 e 4.

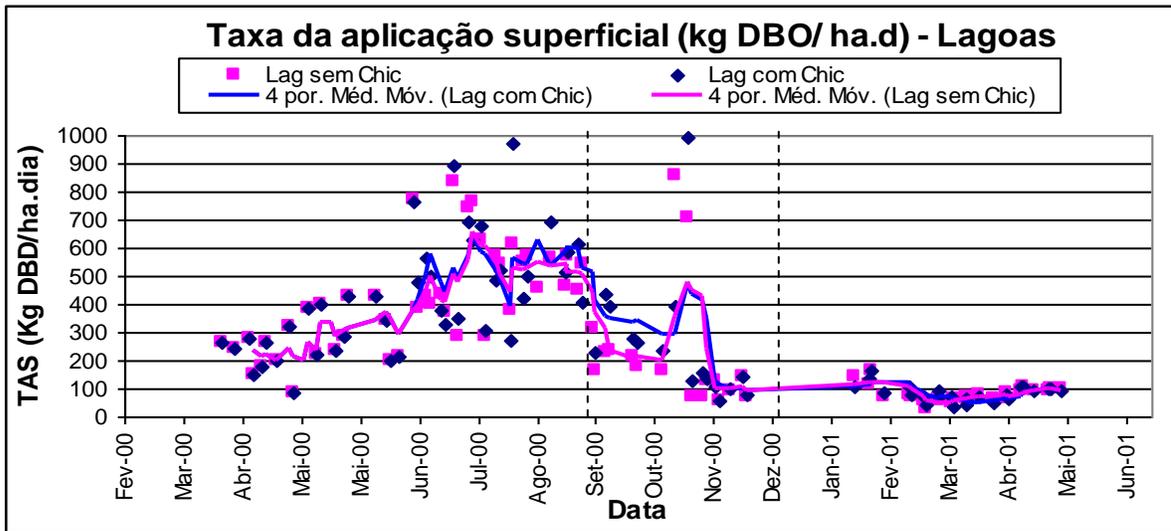


Figura -5.49 TAS (Kg/DQO ha. dia) - Lagoas - fases, 2, 3 e 4

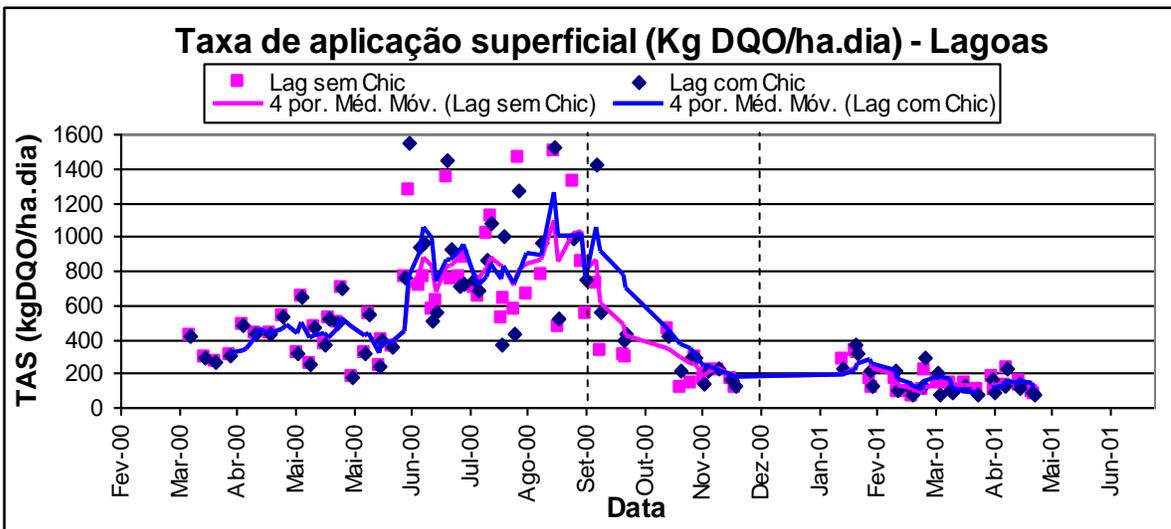


Figura -5.50 TAS (Kg/DQO ha. dia) - Lagoas - fases, 2, 3 e 4

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun./01

As lagoas receberam uma carga bem elevada durante as fases 2 e 3, com valores superiores a 600 kg/DBO ha.dia nos meses de Julho, Agosto e Setembro/00. Nestes mesmos meses foi observada a menor quantidade de OD e também o menor pH nas lagoas. A partir de Janeiro/01, as TAS nas lagoas foram mais baixas, com valores inferiores a 100 kg/DBO ha.dia e a 200 kg/DQO ha.dia

Na fase 3 ocorreu o aumento do tempo de detenção hidráulica do reator UASB de 5,0 para 7,5 horas, e um melhor controle dos sólidos no seu interior. O melhor desempenho do reator UASB nas fases 3 e 4 afetou diretamente o desempenho das lagoas.

## 5.2.4 AVALIAÇÃO E MODELAGEM DA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA

### 5.2.4.1 Fatores intervenientes na remoção de DQO

Dentre os fatores que influenciaram a remoção de DQO nas lagoas de polimento, destacam-se, a taxa de aplicação superficial (que está diretamente ligada ao desempenho do reator UASB) e o tempo de detenção hidráulica, que é fator determinante, não só na remoção de matéria orgânica, mas principalmente, na remoção de coliformes.

A remoção complementar de matéria orgânica, efetuada pelas lagoas, foi apresentada e discutida por SOARES et al (2001).

As Figuras 5.51, 5.52, 5.53, 5.54, 5.55 e 5.56 apresentam os valores da eficiência de remoção de DQO x TDH, DQO solúvel efluente x TDH e TAS nas lagoas sem chicanas e com chicanas. Dados de Fevereiro a Dezembro/2000 (fases 2 e 3).

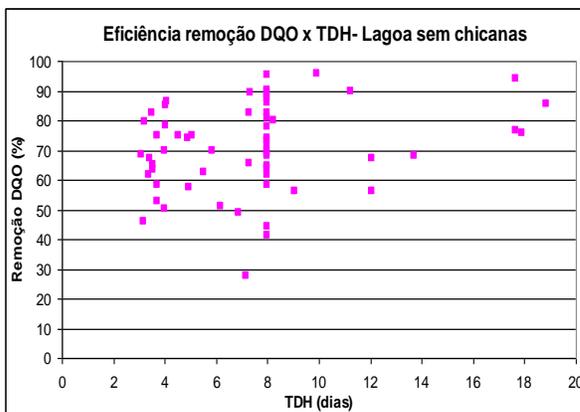


Figura -5.51 Remoção de DQO x TDH - Lagoa sem chicanas.

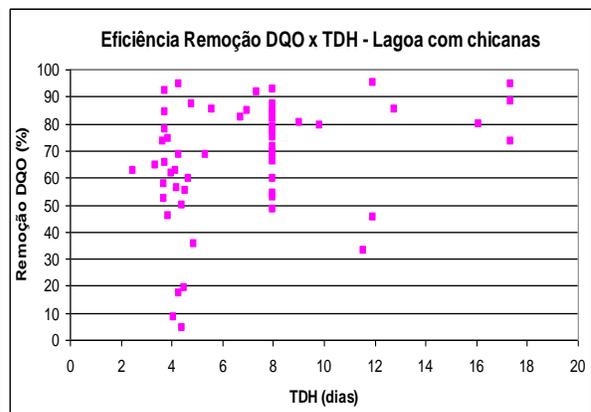


Figura -5.52 Remoção de DQO x TDH - Lagoa com chicanas.

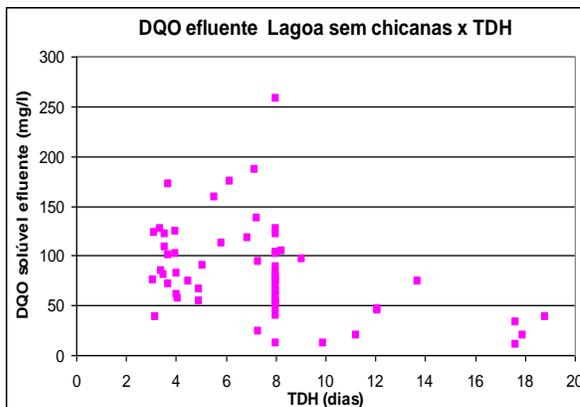


Figura -5.53 DQO solúvel efl. da lagoa sem chicanas x TDH

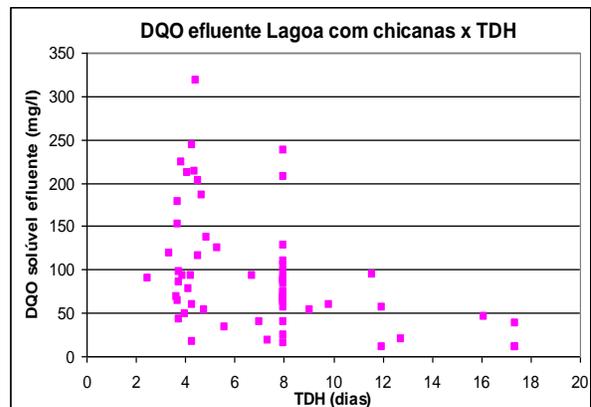


Figura -5.54 DQO solúvel efl. da lagoa com chicanas x TDH

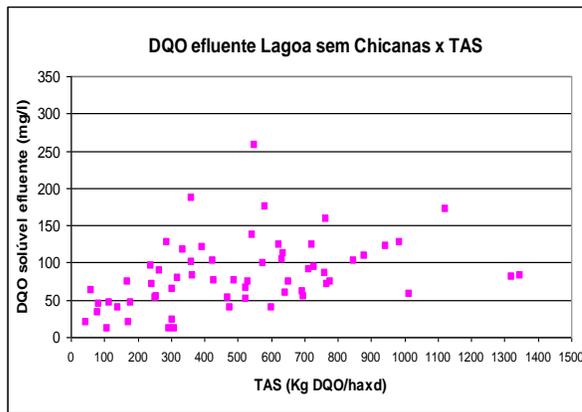


Figura -5.55 DQO solúvel efl. da lagoa sem chicanas x TAS

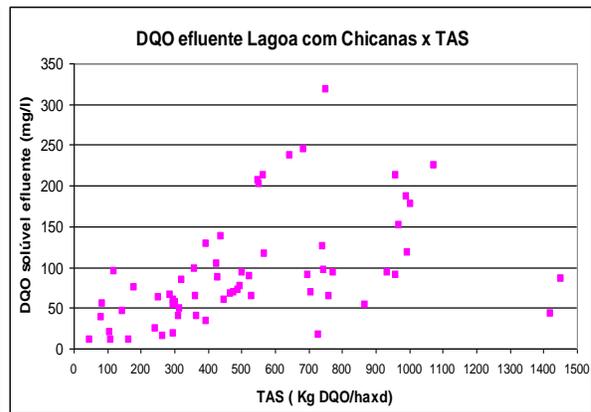


Figura -5.56 DQO solúvel efl. da lagoa com chicanas x TAS

Observa-se um comportamento coerente com relação a estes principais parâmetros.

A taxa de aplicação superficial chegou a até 1500 Kg DQO/ha d, na lagoa com chicanas e a aproximadamente 1400 Kg DQO/ha d na lagoa sem chicanas.

A DQO solúvel efluente das lagoas aumentou à medida em que houve um aumento na TAS. Foi observado que até a TAS próxima de 300 kg DQO/ha d, as duas lagoas apresentaram a concentração do efluente inferior a 100 mg/L. (Figuras 5.54 e 5.55).

Quanto maior o tempo de detenção hidráulica, melhor foi a eficiência na remoção complementar de DQO apresentada pelas lagoas.

A DQO solúvel efluente apresentou uma redução à medida em que houve um aumento do tempo de detenção hidráulica das lagoas. (Figuras 5.52 e 5.53).

### 5.2.4.2 Remoção de DQO segundo o regime hidráulico de fluxo disperso

A remoção de DQO processa-se segundo uma reação de primeira ordem (na qual a taxa de reação é diretamente proporcional à concentração do substrato). Embora a cinética da remoção de DQO seja a mesma nos diferentes regimes hidráulicos, a concentração efluente de DQO varia. Segundo a cinética de primeira ordem, a taxa de remoção de DQO é tanto mais elevada quanto maior for a concentração de DQO no meio. O regime hidráulico de uma lagoa de estabilização não segue exatamente os modelos idealizados de mistura completa ou fluxo em pistão, mas sim um modelo intermediário de fluxo disperso. (VON SPERLING, 1996 c).

A equação para cálculo da concentração efluente estimada de DQO segundo o regime hidráulico de fluxo disperso é:

$$S = S_0 \cdot \frac{4ae^{1/2d}}{(1+a)^2 e^{a/2d} - (1-a)^2 e^{-a/2d}}$$

$$a = \sqrt{1 + 4K.t.d}$$

Foi adotada a Equação proposta por YANEZ (1993) para a estimativa do número de dispersão d:

$$d = \frac{(L/B)}{(-0,261 + 0,254 \times (L/B)^2)}$$

Onde :  $S_0$  = Concentração de DQO total afluente (mg/L)  
 $S$  = Concentração de DQO solúvel efluente (mg/L)  
 $K$  = Coeficiente de remoção de DQO  
 $t$  = Tempo de detenção hidráulica (dias)  
 $d$  = Número de dispersão  
 $L$  = Comprimento longitudinal da lagoa (m)  
 $B$  = Largura da lagoa (m)

### 5.2.4.3 Coeficiente de remoção de DQO (K) no regime de fluxo disperso

O coeficiente de remoção (K), retrata a velocidade de decomposição da matéria orgânica, independentemente da configuração do reator. (VON SPERLING, 1996c).

O valor de K não é explícito, logo a solução foi encontrá-lo por interação (tentativa e erro), tendo por base a concentração afluente de DQO total, a concentração efluente de DQO solúvel e o tempo de detenção hidráulica. O valor de K, para diferentes temperaturas, foi corrigido através da seguinte equação:

$$K_T = K_{20} \times \theta^{T-20}$$

Onde:  $K_T$  = Coeficiente de remoção de DQO em qualquer temperatura T ( $d^{-1}$ )  
 $K_{20}$  = Coeficiente de remoção de DQO na temperatura 20°C ( $d^{-1}$ )  
 $\theta$  = Coeficiente de temperatura (adotado = 1,085, EPA,1983)

Os valores de K apresentados nas Figuras 5.57 e 5.58, foram corrigidos para a temperatura de 20°C.

As Figuras 5.57 e 5.58 apresentam o coeficiente de remoção (K) para as lagoas sem chicanas e com chicanas durante as fases 2, 3 e 4.

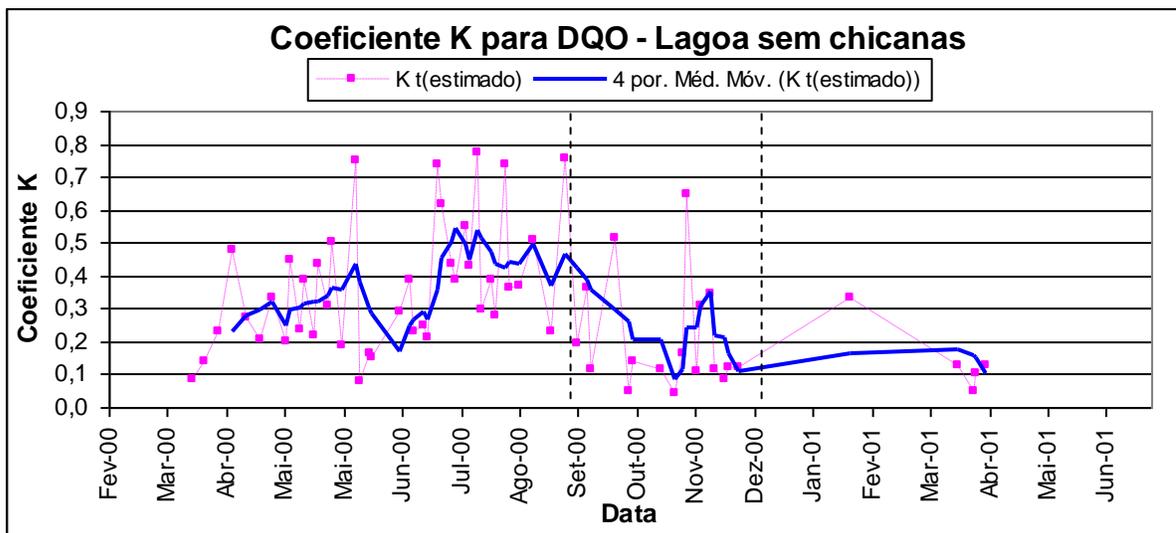


Figura -5.57 Coeficiente de remoção de DQO (K) - Lagoa sem chicanas

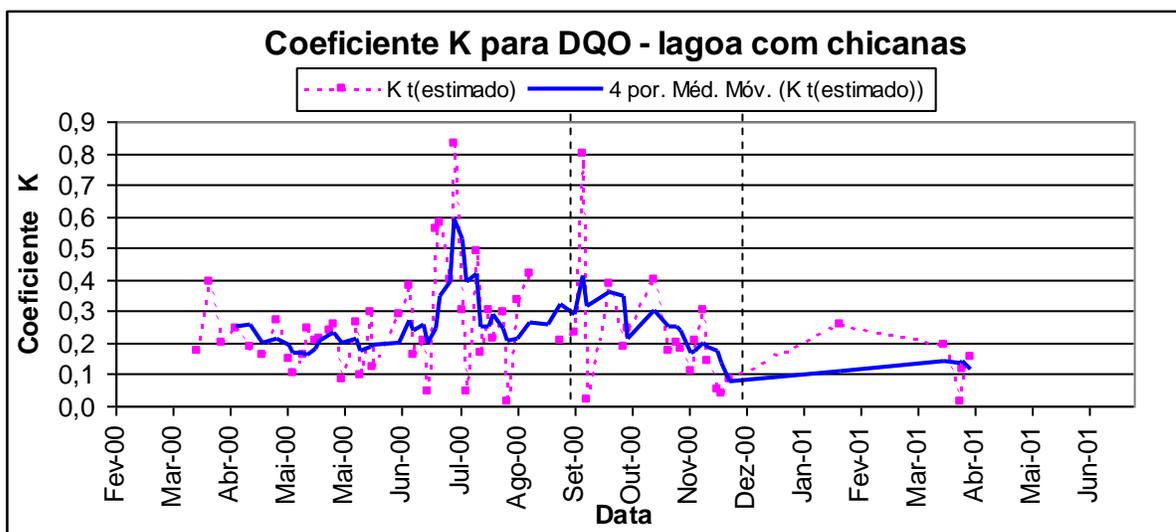


Figura -5.58 Coeficiente de remoção de DQO (K) - Lagoa com chicanas

OBS: Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun./01

Os valores calculados para as lagoas com chicanas e sem chicanas foram:

- Lagoa sem chicanas, o valor de  $L/B = 2$ ,  $d = 0,45$  e  $K_{20}$  (médio) =  $0,12 \text{ d}^{-1}$
- Lagoa com chicanas, o valor de  $L/B = 12,5$   $d = 0,076$  e  $K_{20}$  (médio) =  $0,19 \text{ d}^{-1}$

Tabela 5.26 Valores do coeficiente de remoção DBO (K), em função da taxa de aplicação superficial

Equação	$L_s$ (kgDBO <sub>5</sub> /ha.d)	120	140	160	180	200
Arceivala (1981)	$K \text{ (d}^{-1}\text{)}$	0,128	0,137	0,145	0,152	0,158
Vidal (1983)	$K \text{ (d}^{-1}\text{)}$	0,116	0,120	0,124	0,128	0,132

Fonte: VON SPERLING, (1996c)

Os valores de K citados na literatura situam-se entre 0,116 e 0,158 ( $\text{d}^{-1}$ ). Foram calculados os valores de K para DQO, no entanto, observou-se que os valores estiveram próximos aos citados pela literatura.

Os valores de K foram mais elevados na lagoa sem chicanas, com valores superiores a 0,7 nos meses de maio a setembro/00 enquanto que no mesmo período foram observados na lagoa com chicanas, valores de K, inferiores a 0,1.

BRITO (1997), enquanto pesquisava esta mesma lagoa com chicanas, (com sete chicanas e 1 metro de profundidade), efetuou o cálculo do coeficiente de remoção de DQO para fluxo disperso e apresentou valores bastante variados para as fases pesquisadas: 0,76; 1,04; 0,39; 0,11; 0,28 e 0,09.

Após o cálculo do coeficiente de decaimento (K), foi estimada a DQO solúvel efluente das duas lagoas, tendo por base o valor médio de K.

As Figuras 5.59 e 5.60 mostram os valores da DQO efluente observada da DQO efluente estimada (com base no valor de K calculado anteriormente). Nas duas lagoas observa-se que o valor da DQO estimada está, na maioria das vezes, superior ao valor observado.

As Figuras 5.59 e 5.60 apresentam o valor da DQO efluente observada x estimada para as lagoas sem chicanas e com chicanas durante as fases 2, 3 e 4.

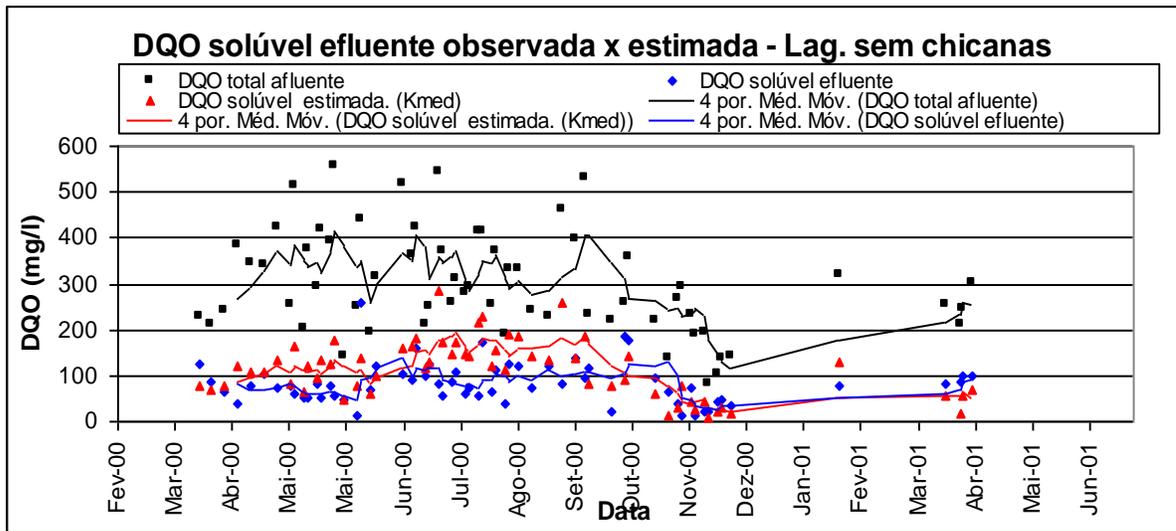


Figura -5.59 - DQO efluyente observada x estimada - Lagoa com chicanas

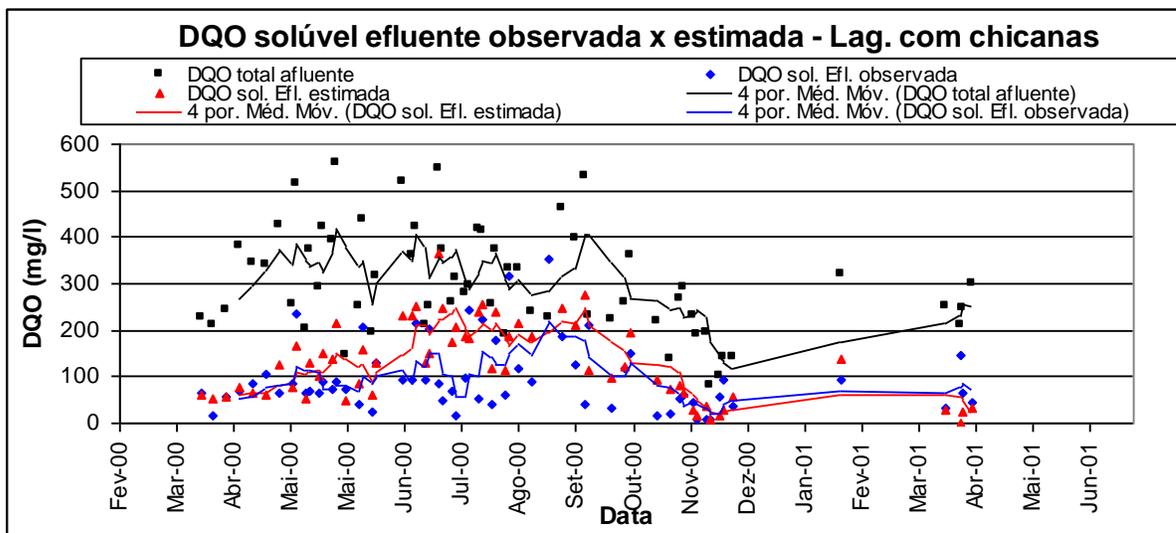


Figura -5.60 DQO efluyente observada x estimada - Lagoa com chicanas

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun./01

No entanto, as principais tendências de crescimento ou decaimento dos valores observados, foram seguidas pelos valores estimados, indicando uma razoável confiabilidade nas equações de estimativa de valores efluentes das lagoas e nos valores do coeficiente de remoção de DQO (K) calculados.

## 5.2.5 AVALIAÇÃO E MODELAGEM DA REMOÇÃO DE NUTRIENTES

### 5.1.4.4 Fósforo

As Figuras 5.61 e 5.62 apresentam o valor do fósforo efluente x pH nas lagoas sem chicanas e com chicanas durante as fases 2, 3 e 4.

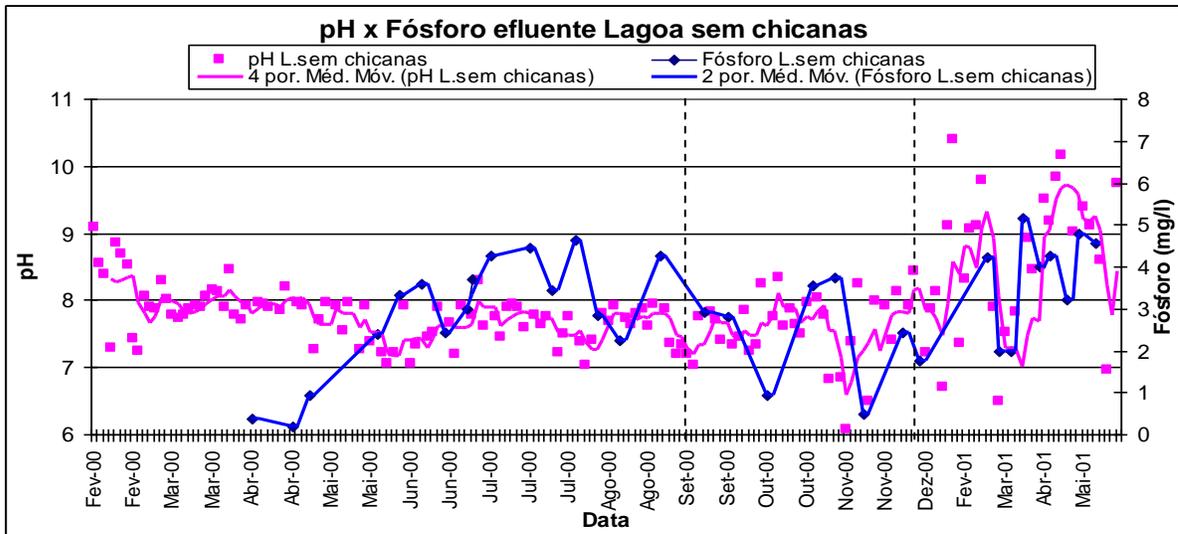


Figura -5.61 pH x Fósforo efluente - Lagoa sem chicanas

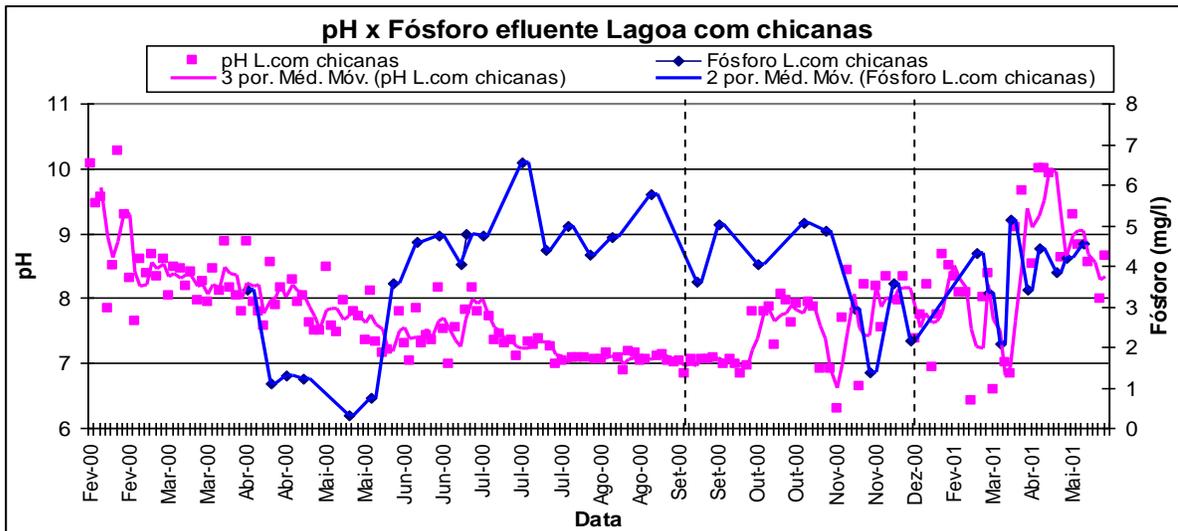


Figura -5.62 pH x fósforo efluente - Lagoa com chicanas

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun./01

Na lagoa com chicanas, observam-se os menores valores de pH (Julho, Agosto e Setembro/00), próximos de 7, e também as maiores concentrações efluentes de

fósforo, superiores a 5 mg/L. (Figura 5.61). A lagoa sem chicanas apresentou um valor de pH ligeiramente superior à lagoa com chicanas e obteve valores de fósforo efluentes, na fase 2, ligeiramente superiores à lagoa com chicanas. (Figura 5.60).

A remoção de fósforo em lagoas de polimento está diretamente ligada ao valor de pH no líquido. Remoções significativas de fósforo podem ocorrer através da precipitação dos fosfatos em condições de pH elevado, acima de 8 (VON SPERLING, 1996).

Segundo CAVALCANTI *et al* (2001), é necessário um pH de, no mínimo 9, para que haja uma remoção significativa de fósforo. Nas Figuras 5.60 e 5.61, foram observados valores superiores a 9 apenas no final da fase 4 (nas duas lagoas). No entanto, com uma grande variabilidade dos valores, não foi possível observar uma melhora na qualidade do efluente.

### 5.2.5.1 Nitrogênio

Das formas de nitrogênio presentes em águas residuárias domésticas, cerca de 60% são *N-amoniacal*, 40% são *N-orgânico* e uma pequena quantidade (1%) é *N-nitrito* e *N-nitrato*. (EPA, 1975).

Serão avaliados os fatores que interferem diretamente na remoção de amônia, o pH e temperatura.

#### 5.1.4.4.1 Fatores intervenientes

As Figuras 5.63 e 5.64 apresentam o valor da amônia efluente x pH nas lagoas sem chicanas e com chicanas durante as fases 2, 3 e 4.

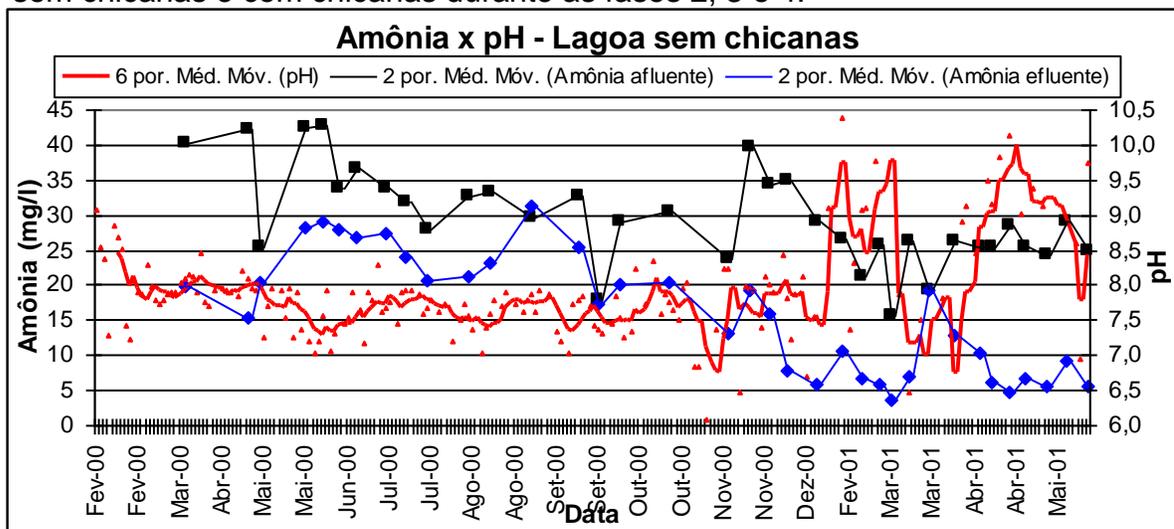


Figura -5.63 Nitrogênio total x pH - Lagoa sem chicanas

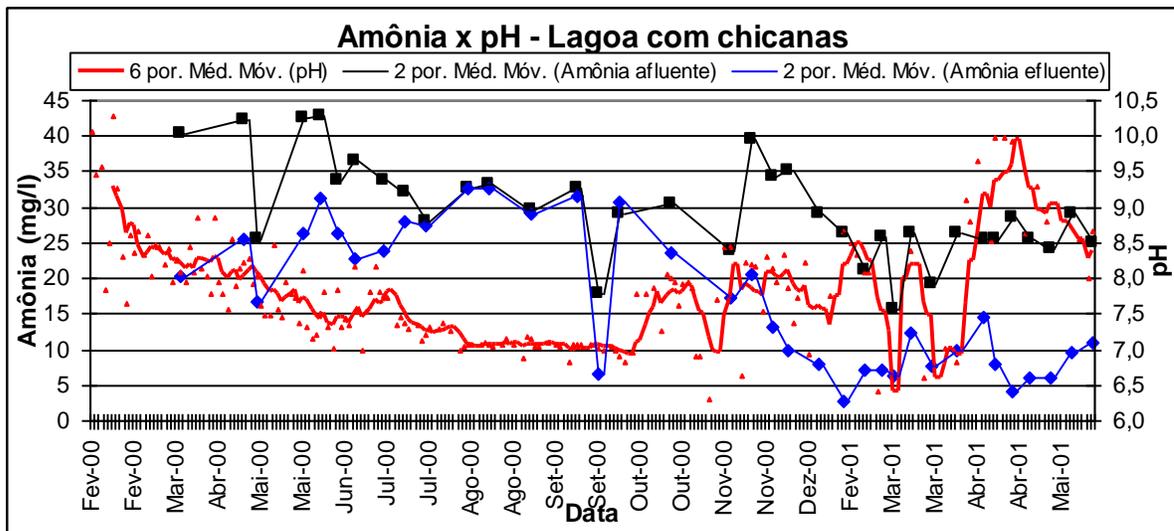


Figura -5.64 Nitrogênio total x pH - Lagoa com chicanas

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun./01

O principal mecanismo de remoção da amônia é a volatilização, que ocorre quando o pH adquire um valor elevado (superior a 8), que é possível quando ocorre a diminuição da concentração do dióxido de carbono no interior das lagoas.

A amônia livre ( $\text{NH}_3$ ) é passível de volatilização. No pH em torno da neutralidade, praticamente toda a amônia encontra-se na forma de  $\text{NH}_4^+$ . No pH próximo a 9,5, aproximadamente 50% da amônia está na forma de  $\text{NH}_3$  e 50% na forma de  $\text{NH}_4^+$ . Em pH superior a 11, praticamente toda a amônia está na forma de  $\text{NH}_3$  (VON SPERLING, 1996c).

Quando as lagoas tiveram uma redução na profundidade (fase 4), observou-se a presença mais efetiva de algas, do que nas fases anteriores. Este fato, aliado ao aumento da temperatura, provavelmente contribuiu para o aumento do pH no interior das lagoas e melhor desempenho na remoção de amônia.

Na fase 4, foram observados os menores valores efluentes de amônia nas duas lagoas, inferiores a 15 mg/L na lagoa com chicanas e inferiores a 20 mg/L na lagoa sem chicanas. Na fase 4 foram observados os maiores valores médios de pH (próximos a 10, no mês de Abril/01), nas duas lagoas.

A lagoa com chicanas, nos meses de Agosto e Setembro/00, apresentou o valor do pH próximo de 7. Neste período, não foi observada quase nenhuma remoção de amônia, estando os valores do afluente e efluente bastante próximos entre si (Figura 5.64).

As Figuras 5.65 e 5.66 apresentam o valor da amônia total efluente x temperatura nas lagoas sem chicanas e com chicanas durante as fases 2, 3 e 4.

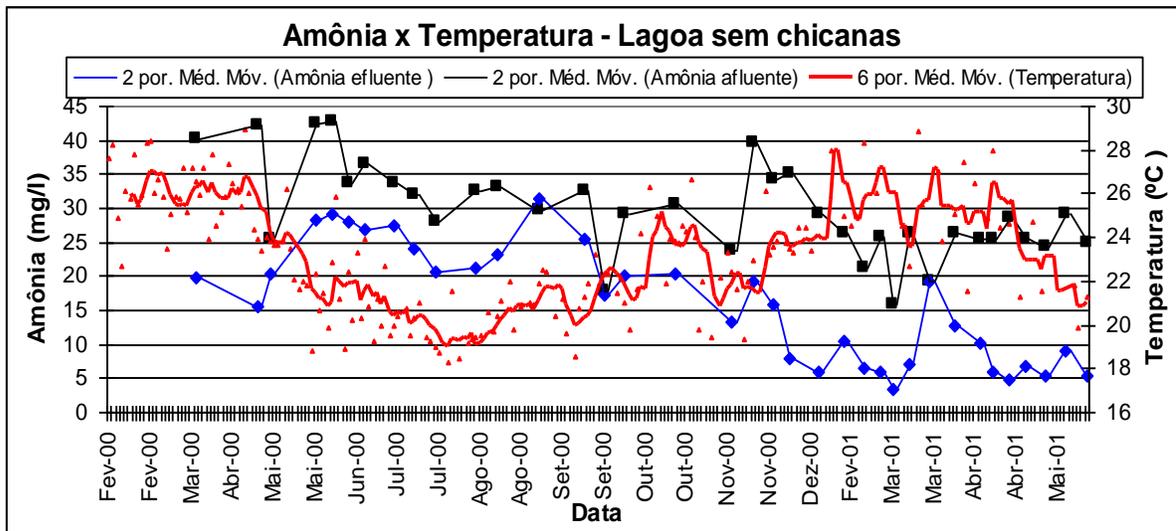


Figura -5.65 Amônia x temperatura - Lagoa sem chicanas

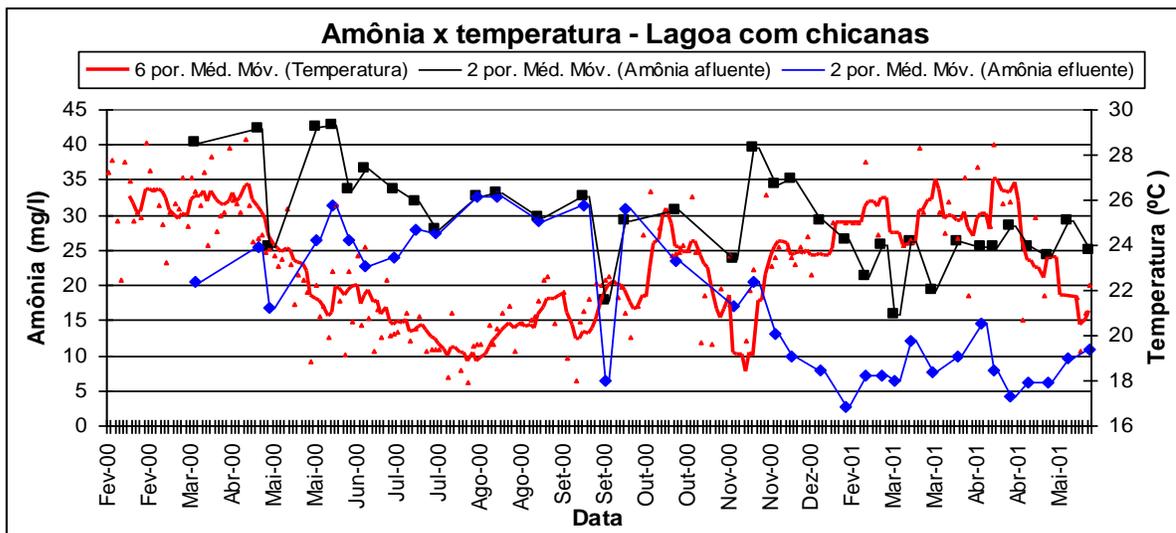


Figura -5.66 Amônia x temperatura- Lagoa com chicanas

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun./01

A temperatura nas lagoas está diretamente relacionada à quantidade de radiação solar recebida. Um aumento na radiação solar leva a um aumento na fotossíntese realizada pelas algas. Caso o consumo biológico de dióxido de carbono, devido à fotossíntese, seja superior à taxa de produção pelas bactérias, ocorre a elevação do pH do meio. O pH elevado (superior a 8) propicia a volatilização da amônia na forma de  $NH_3$ .

Nas duas lagoas observa-se que, quando a temperatura estava superior a 20°C, as concentrações efluentes de amônia foram inferiores às concentrações quando a temperatura estava inferior a 20 °C (Junho, Julho e agosto/00).

A variação da temperatura no líquido, nas duas lagoas, foi praticamente a mesma durante as fases 2, 3 e 4 (Figuras 5.64 e 5.65). No entanto, a lagoa sem chicanas apresentou melhor desempenho na remoção de amônia nos meses de temperatura mais baixa (Junho, Julho e Agosto/00), mostrando que a temperatura não é um fator que influencia diretamente no decréscimo de amônia e sim indiretamente, dependendo também do pH no meio líquido.

5.2.5.2.1 Amônia efluente estimada

A amônia efluente foi estimada, segundo a equação de MIDDLEBROOKS, 1982(citado por MARA, 1997), para remoção de amônia, que se encontra explicada de forma mais detalhada no item 3.4.10.2 da revisão bibliográfica. São duas equações para temperatura abaixo e acima de 20°C.

Temperaturas abaixo de 20 °C :

$$C_e = C_i / \{1 + [(A/Q)(0.0038 + 0.000134T) \exp((1.041 + 0.044T)(pH-6.6))]\}$$

Temperaturas acima de 20 °C :

$$C_e = C_i / \{1 + [5.035 \times 10^{-3} (A/Q)] [\exp(1.540 \times (pH-6.6))]\}$$

As Figuras 5.67 e 5.68 apresentam o valor da amônia efluente observada x estimada nas lagoas sem chicanas e com chicanas durante as fases 2, 3 e 4.

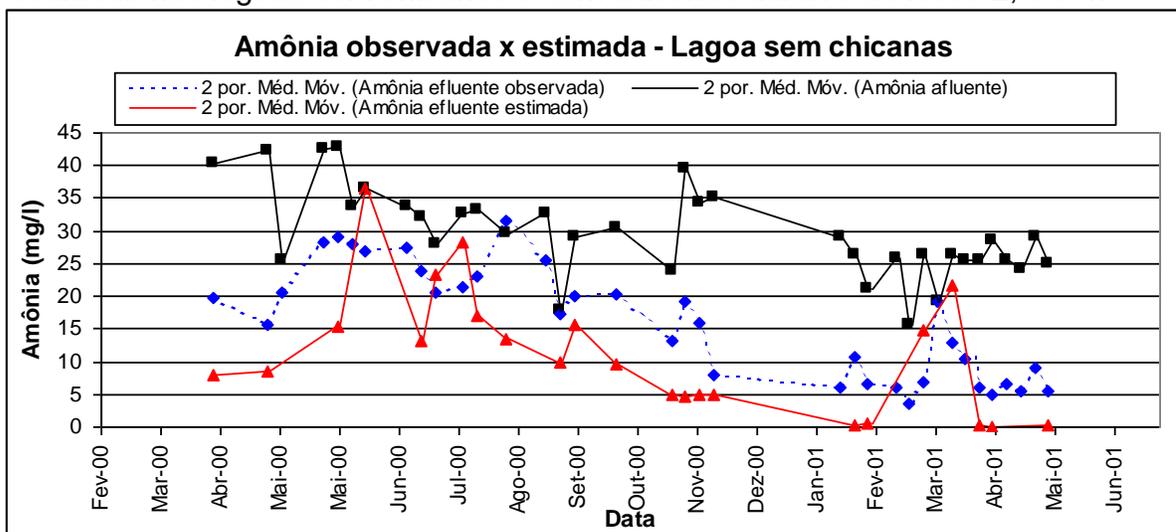


Figura -5.67 Amônia efluente observada x estimada - Lagoa sem chicanas

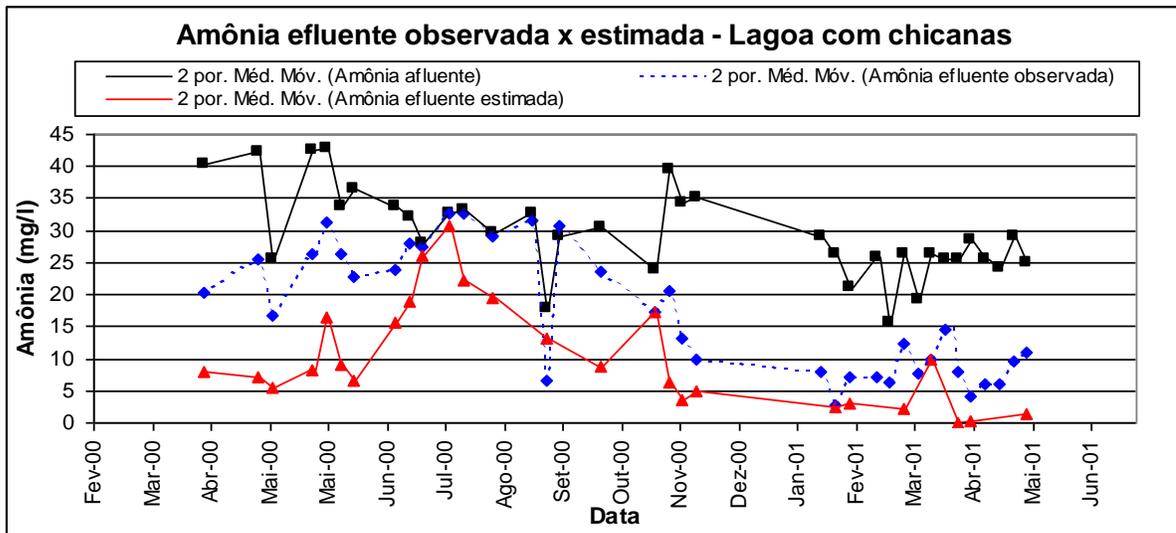


Figura -5.68 Amônia efluente observada x estimada - Lagoa com chicanas

OBS: Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun./01

Os valores efluentes estimados, para as duas lagoas, foram sistematicamente inferiores aos valores observados. No entanto, as tendências de crescimento e decréscimo dos valores observados, foram acompanhadas pelos valores estimados.

Nos períodos em que houve menor remoção de amônia nas duas lagoas (Junho, Julho e Agosto/00), segundo a estimativa, era esperada uma baixa eficiência e um elevado valor efluente, conforme mostram as Figuras 5.67 e 5.68.

As concentrações efluentes observadas na lagoa com chicanas acompanharam melhor os valores estimados pelo modelo do que a lagoa sem chicanas.

#### 5.2.5.2.2 Nitrogênio total efluente estimado

O nitrogênio total efluente nas lagoas foi estimado segundo modelo desenvolvido por REED (1985), de acordo com as Equações apresentadas com mais detalhes no item 3.4.9.1 da revisão bibliográfica:

$$Ne = No \cdot e^{-kT (t + 60,6 (pH - 6,6))}$$

$$T = \frac{0,5 Ta + Q}{0,5A + Q}$$

$$0,5A + Q$$

Onde:

A = Área superficial da lagoa. (m<sup>2</sup>)

Ta = Temperatura do ar (°C)

Ti = Temperatura do afluente (°C)  
 Q = Vazão afluente (m<sup>3</sup>/d)  
 t = Tempo d detenção hidráulica (dias)  
 pH = pH próximo da superfície do líquido

A temperatura do ar não foi monitorada durante o período pesquisado, tendo sido utilizada a equação desenvolvida na mesma estação de tratamento em Itabira/MG por BRITO (1997) para a obtenção do valor de T:

$$T_{\text{água}} = 10,7 + 0,55xT_{\text{ar}}$$

As Figuras 5.69 e 5.70 apresentam o valor do nitrogênio total efluente observado x estimado nas lagoas sem chicanas e com chicanas durante as fases 2, 3 e 4.

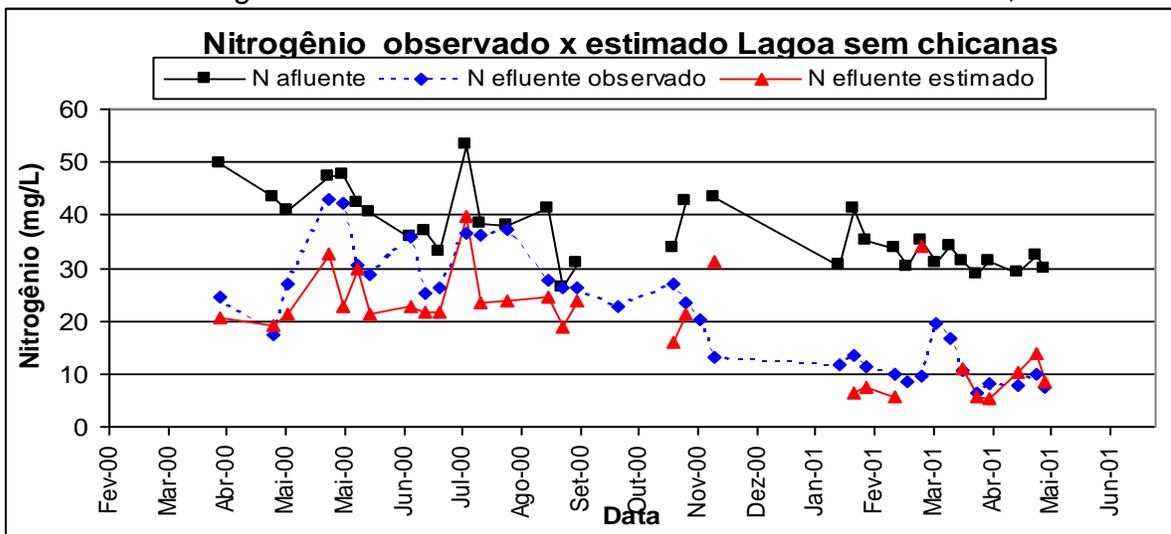


Figura -5.69 Nitrogênio total observado x estimado - Lagoa sem chicanas

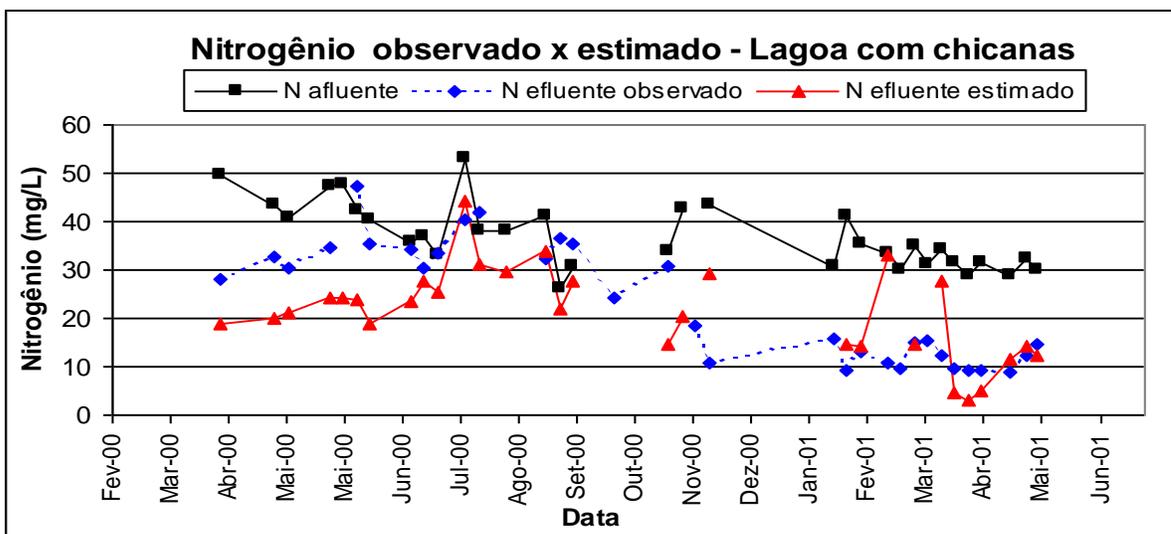


Figura -5.70 Nitrogênio total observado x estimado - Lagoa com chicanas

OBS: Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun./01

Segundo MARA, (2001), elevadas cargas orgânicas afluentes às lagoas, diminuem a eficiência de remoção de nutrientes, DBO e patógenos. Embora a maior parte da remoção de carbono orgânico ocorra nas lagoas anaeróbias, a maior parte da remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) ocorre nas lagoas de maturação porque dependem de elevados níveis de pH.

As lagoas foram responsáveis pela remoção significativa de nitrogênio e fósforo, principalmente na fase 4, onde as condições eram mais favoráveis (maior pH).

As concentrações efluentes estimadas estiveram ligeiramente inferiores às concentrações efluentes observadas (nas duas lagoas), exceto na lagoa com chicanas (na fase 2), onde ocorreu uma maior diferença entre os valores observados e estimados.

As principais tendências de aumento ou diminuição na concentração observada no efluente, foram acompanhadas pelos valores estimados, mostrando que o modelo pode ser utilizado para a estimativa das concentrações efluentes.

## 5.2.6 AVALIAÇÃO E MODELAGEM DA REMOÇÃO DE PATÓGENOS E INDICADORES

### 5.2.6.1 *Escherichia coli*

Devido à dificuldade de isolamento e análise de organismos patogênicos em amostras, a indicação da presença de material fecal tem sido efetuada através de indicadores microbiológicos.

Os organismos que melhor têm cumprido este papel são as bactérias do grupo coliforme. O indicador da contaminação da água por material fecal é a *E. coli*, que foi utilizada neste trabalho.

#### 5.2.6.1.1 Fatores intervenientes

O decaimento bacteriano depende de vários fatores, sendo a temperatura, a profundidade da lagoa e o TDH considerados muito importantes.

A temperatura nos esgotos domésticos, sofre variação de acordo com as estações do ano, como apresentado nas Figuras 5.71 e 5.72 que apresentam os gráficos de *E. coli* e temperatura no sistema UASB/ lagoas nas fases 1, 2, 3 e 4.

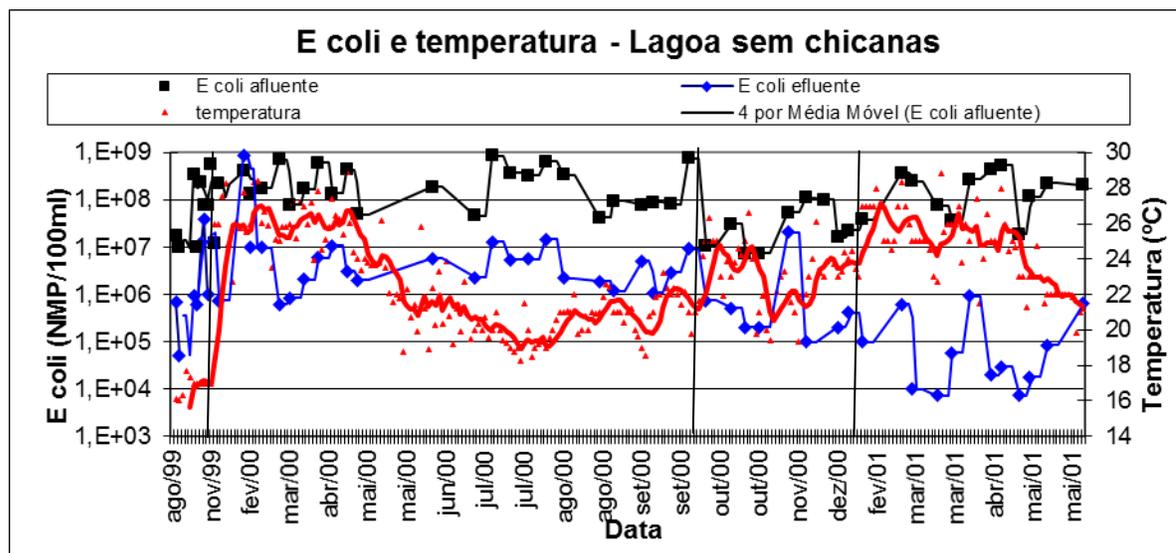


Figura -5.71 *E coli* e temperatura - Lagoa sem chicanas nas fases 2, 3 e 4

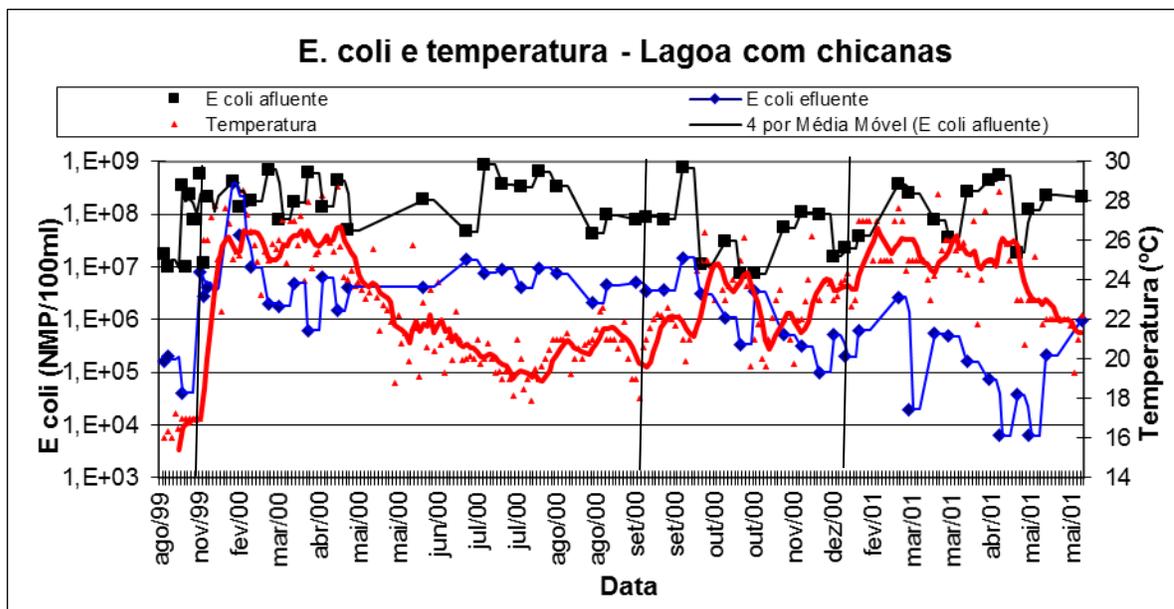


Figura -5.72 *E. coli* e temperatura - Lagoa com chicanas nas fases 2, 3 e 4

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun./01

As concentrações de *E. coli* no efluente das lagoas variaram bastante ao longo da pesquisa. Nos meses de Janeiro/00 foram observadas baixas eficiências de remoção devido ao fato de que as lagoas estavam em fase de partida. (Em Dezembro/99 as lagoas foram esvaziadas para obras de redução na quantidade de chicanas).

Nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Abril de 2000 e 2001 (fases 2 e 4), foram observadas as maiores temperaturas nas lagoas, superiores a 24°C. No entanto na fase 2 não foi observado um bom desempenho como na fase 4, onde ocorreram as menores concentrações efluentes nas duas lagoas. Isto indica que, além da temperatura, outros fatores como a profundidade (que foi reduzida) e o tempo de detenção hidráulico (que foi maior na fase 4) influenciaram no desempenho das lagoas na remoção de *E. coli*.

As Figuras 5.73 e 5.74 apresentam os gráficos de *E. coli* x TDH nas lagoas sem chicanas e com chicanas nas fases 2, 3 e 4

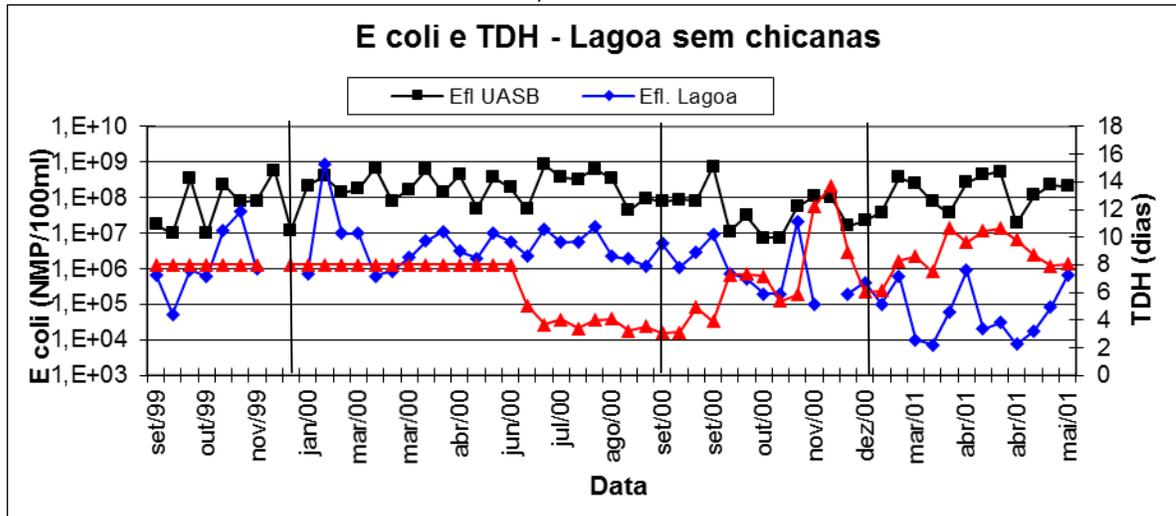


Figura -5.73 E.coli x TDH - Lagoa sem chicanas nas fases 2, 3 e 4

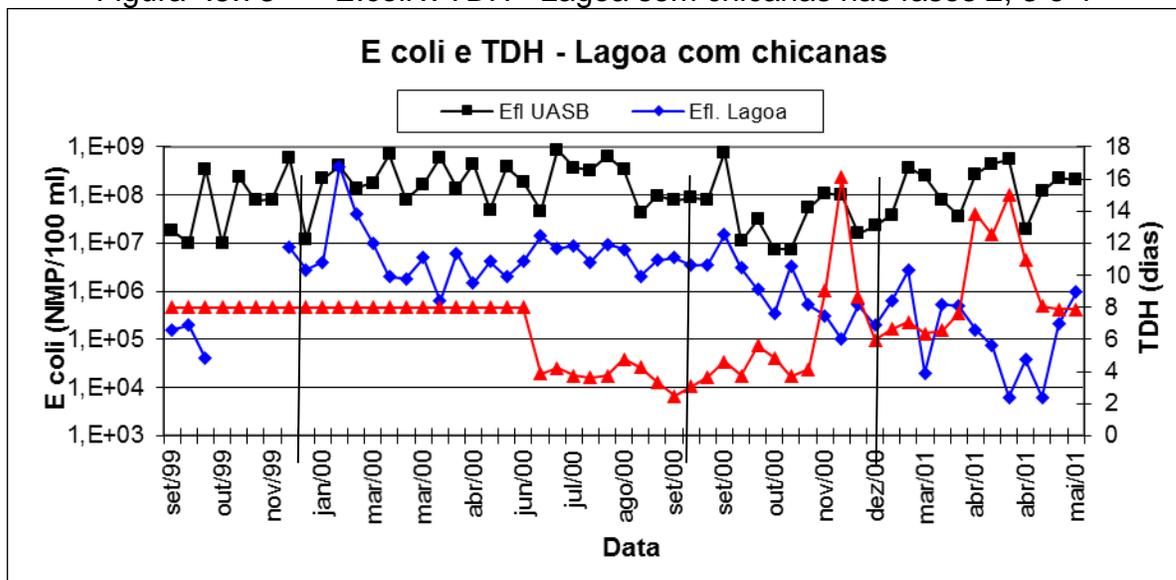


Figura -5.74 E.coli x TDH -Lagoas com chicanas nas fase 2, 3 e 4

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun./01

Na fase 1 e no início da fase 2 (meses de Janeiro a Junho/00), não foram medidas as vazões afluentes às lagoas, sendo consideradas as vazões de projeto de 8 dias.

No final da fase 2 e início da fase fase 3 (Julho a Outubro/00), as lagoas operaram com um baixo TDH, inferior a 6 dias, enquanto que na fase 4 houve um aumento no TDH e uma melhor eficiência de remoção de *E. coli*. No entanto, o fato do

aumento do TDH não pode ser considerado o único responsável pelo melhor desempenho das lagoas na fase 4, porque também ocorreram a redução da profundidade e o aumento da temperatura no líquido.

5.2.6.1.2 Coeficiente de decaimento bacteriano  $K_b$

Foi calculado o coeficiente de decaimento bacteriano  $K_b$ , para fluxo disperso nas duas lagoas, segundo fórmulas apresentadas no item 3.4.8.1, Tabela 3.9. :

$$N = N_0 \cdot \frac{4ae^{1/2d}}{(1+a)^2 e^{a/2d} - (1-a)^2 e^{-a/2d}}$$

$$a = \sqrt{1 + 4K_b \cdot t \cdot d}$$

O valor de  $K_b$  foi obtido por tentativa e erro, com base nas concentrações afluente e efluente de E. coli e no tempo de detenção hidráulica, e foi corrigido para a temperatura de 20°C pela equação:

$$K_{bT} = K_{b20} \theta^{(t+20)}$$

Onde:  $\theta = 1,07$

Para o cálculo do número de dispersão foi utilizada a equação proposta por VON SPERLING,1999:

$$d = \frac{1}{(L/B)}$$

As Figuras 5.75 e 5.76 apresentam os gráficos de  $K_b$  segundo o regime de fluxo disperso nas lagoas sem chicanas e com chicanas nas fases 1, 2, 3 e 4.

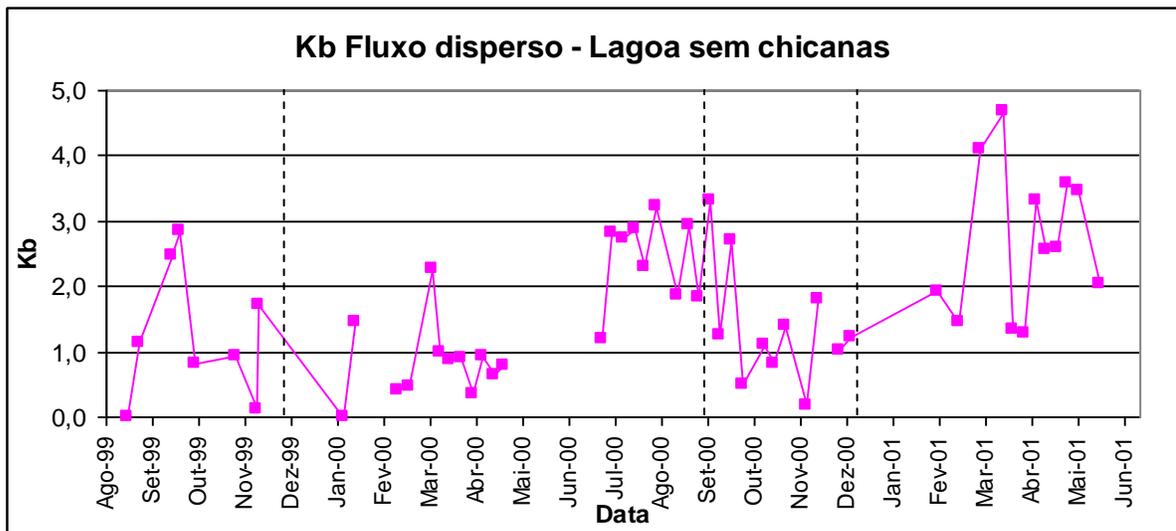


Figura -5.75 - $K_b$  fluxo disperso - Lagoa sem chicanas - fases 1, 2, 3 e 4

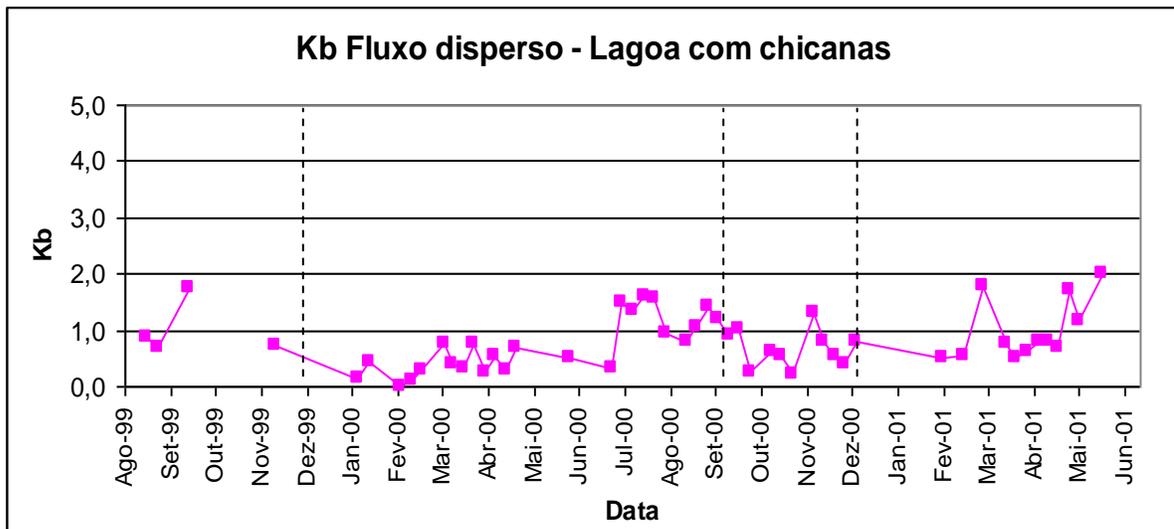


Figura -5.76 -K<sub>b</sub> fluxo disperso - Lagoa com chicanas - fases 1, 2, 3 e 4

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun./01

O valor de K<sub>b</sub> observado para a lagoa sem chicanas foi bem superior ao observado na lagoa com chicanas em todas as fases (Figuras 5.75 e 5.76).

O valor máximo de K<sub>b</sub> observado na lagoa com chicanas foi na fase 4 (2,0 d<sup>-1</sup>), no mês de Maio/01. No entanto na lagoa sem chicanas, na fase 4 foram observados valores de K<sub>b</sub> superiores a 4 d<sup>-1</sup>.

#### 5.2.6.1.3 Valores estimados x observados

Para a estimativa de *E.coli* efluente foram calculados K<sub>b</sub> para o modelo de fluxo disperso segundo VON SPERLING(1999), que determinou através da análise de regressão linear com 66 dados disponíveis, uma equação correlacionando K<sub>b</sub> disp com a profundidade e o tempo de detenção hidráulica:

$$K_{bDisp} = 0.917.H^{-0.877}xt^{-0.329} \quad (\text{VON SPERLING 1999})$$

E também foi calculado o valor de K<sub>b</sub> segundo VON SPERLING, 2001:

$$K_b = 0,542.xH^{1,259} \quad (\text{VON SPERLING 2001})$$

Todos os valores foram corrigidos para a temperatura de 20°C.

A Tabela 5.25 apresenta os valores de K<sub>b</sub> segundo fluxo disperso, calculados com K<sub>b</sub> (médio) observado, K<sub>b</sub> estimado (VON SPERLING, 1999 e 2001), para as lagoas sem chicanas e com chicanas nas fases 1, 2, 3 e 4.

Tabela 5.27 Valores de  $K_b$  observado, e  $K_b$  estimado segundo VON SPERLING (1999, 2001)

	Kb Observado		Kb Estimado (20°C)			
			VON SPERLING,1999		VON SPERLING,2001	
	Lagoa sem chicanas	Lagoa com chicanas	Lagoa sem chicanas	Lagoa com chicanas	Lagoa sem chicanas	Lagoa com chicanas
Fase 1	1,437	0,970	0,435	0,436	0,374	0,371
Fase 2	1,008	0,547	0,694	0,691	0,597	0,592
Fase 3	1,089	0,644	0,649	0,649	0,574	0,597
Fase 4	2,618	0,842	0,744	1,429	0,938	0,930

\* Todos os valores de K foram corrigidos para a temperatura de 20°C

Os valores de  $K_b$  citados por VON SPERLING (1996c) para lagoas de maturação são de 0,3 - 0,8  $d^{-1}$ , para uma temperatura de 20 °C.

Para as duas lagoas os valores observados de  $K_b$  estão superiores ao mínimo citado por VON SPERLING. (0,3  $d^{-1}$ ). Para a lagoa sem chicanas o valor de  $K_b$  foi superior à lagoa com chicanas em todas as fases, indicando um melhor desempenho na remoção de *E.coli*. o menor valor de  $K_b$  (observado) na lagoa sem chicanas (1,008  $d^{-1}$ ) foi superior ao maior valor de  $K_b$  na lagoa com chicanas (0,970  $d^{-1}$ ).

Embora não houvesse diferença substancial no afluente às duas lagoas, os valores observados de  $K_b$  na lagoa sem chicanas foram superiores aos valores da lagoa com chicanas em todas as fases, como mostra a Figura 5.76.

As Figuras 5.77, 5.78, 5.79 e 5.80 apresentam os valores médios de  $K_b$  observados e estimados nas lagoas durante as fases 1, 2 3 e 4.

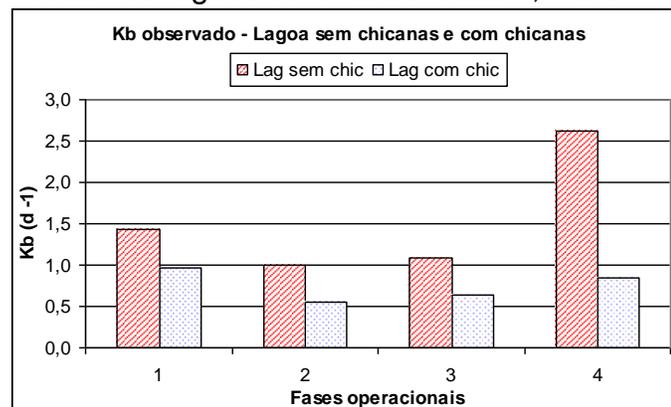


Figura -5.77  $K_b$  observado nas lagoas - fases 1, 2 ,3 e 4

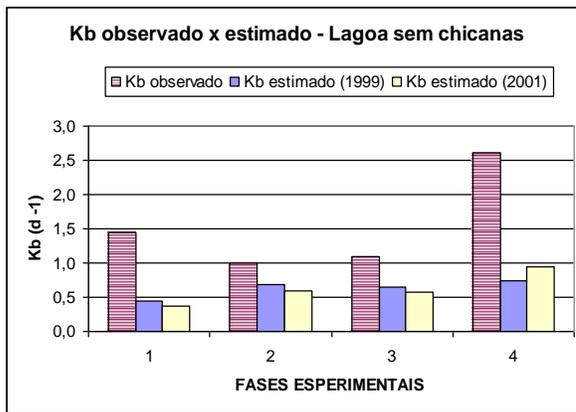


Figura -5.78  $K_b$  observado x estimado lag. sem chicanas

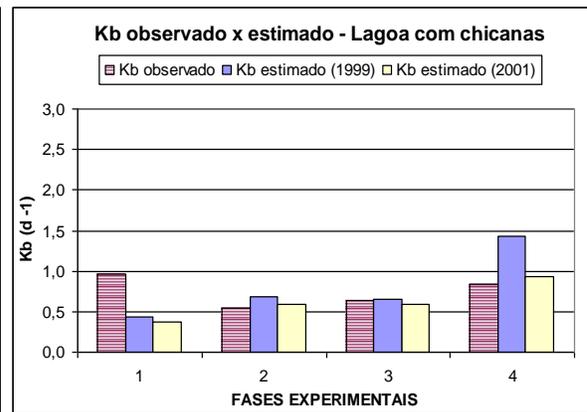


Figura -5.79  $K_b$  observado x estimado lag. com chicanas

Os valores observados de  $K_b$  foram sempre superiores aos estimados por VON SPERLING, (1999 e 2001), na lagoa sem chicanas. Na lagoa com chicanas, nas fases 2 e 3, Os valores de  $K_b$  observados e estimados estiveram bastante próximos. Na fase 4 a lagoa sem chicanas apresentou o maior valor de  $K_b$ , superior a  $2,5 d^{-1}$ .

As Figuras 5.76 e 5.77 apresentam os gráficos de E.coli efluente estimada segundo fluxo disperso, calculados com  $K_b$  observado,  $K_b$  estimado (VON SPERLING, (1999 e 2001), para as lagoas sem chicanas e com chicanas nas fases 1, 2, 3 e 4.

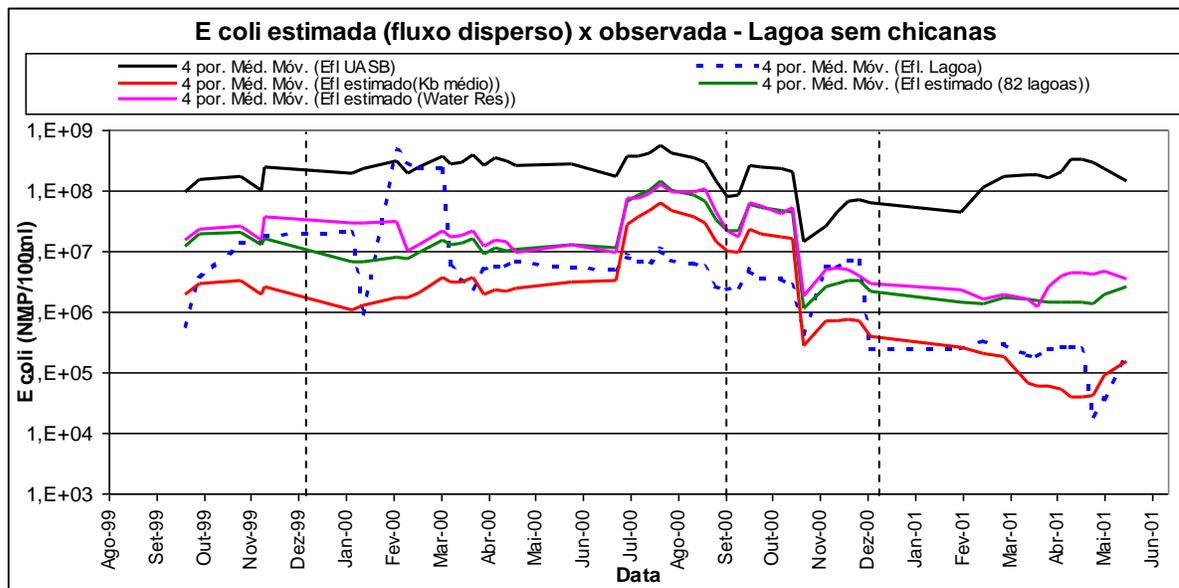


Figura -5.80 E. coli observados x estimados - Lagoa sem chicanas fases 1, 2, 3 e 4

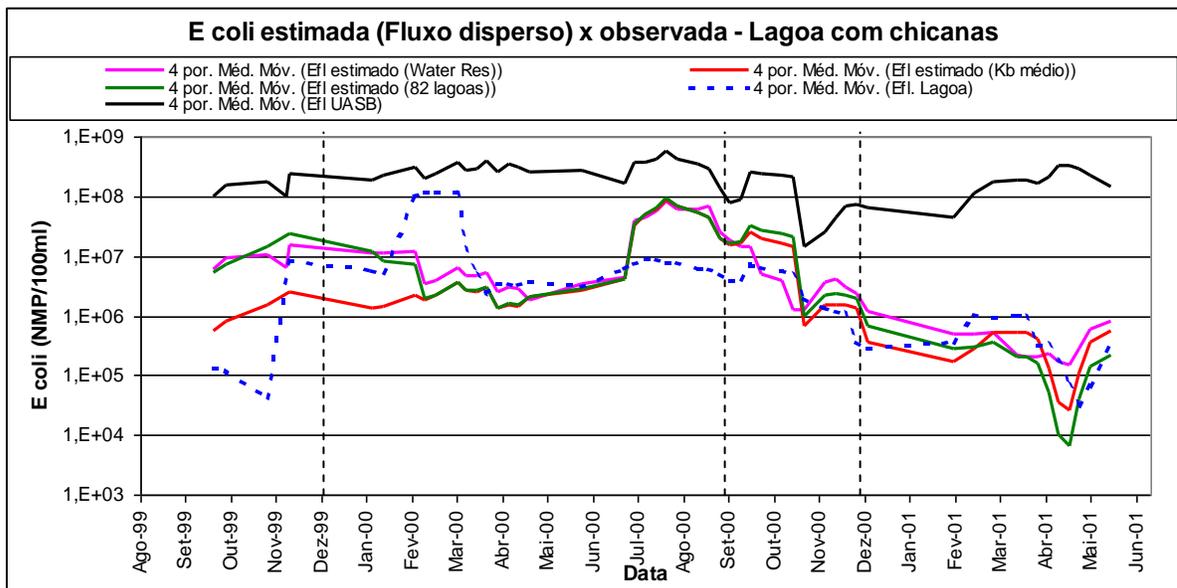


Figura -5.81 *E. coli* - Valores observados x estimados - Lagoa com chicanas nas fases 1, 2, 3 e 4

**OBS:** Fase 1: Ago. a Dez/99 Fase 2: Jan. a Set/00 - Fase 3: Set. a Dez/00 - Fase 4: Jan. a Jun./01

Os valores efluentes observados na lagoa sem chicanas estiveram mais próximos do efluente estimado com  $K_b$  (médio), principalmente na fase 4, em que a lagoa estava com uma profundidade menor.

Na lagoa com chicanas, os valores estimados com os três valores de  $K_b$ , estiveram próximos entre si e também próximos ao efluente observado, mostrando que os valores de  $K_b$  obtidos pelas equações propostas por VON SPERLING (1999 e 2001), estão próximos ao valor de  $K_b$  obtido para a lagoa com chicanas. SOARES *et al* (2001b), discutiu valores de  $K_b$  estimados e observados nas lagoas com chicanas e sem chicanas.

Nos meses de Janeiro e Fevereiro /00 a lagoa estava em processo de partida, por isto, os valores estimados estão bem inferiores aos valores observados nas duas lagoas.

A lagoa sem chicanas apresentou uma concentração efluente inferior, na maioria das vezes, ao estimado segundo  $K_b$  proposto por VON SPERLING (1999 e 2001), e também apresentou um  $K_b$  acima da faixa citada pela literatura, mostrando um desempenho superior à lagoa com chicanas na remoção de *E.coli*. Este fato pode ser explicado, observando-se os valores de OD e pH, superiores no interior da lagoa sem chicanas aos valores na lagoa com chicanas.

5.2.6.1.4 Perfil de *E. coli* no sistema UASB/Lagoas

A Tabela 5.29 apresenta o perfil longitudinal de *E.coli* ao longo do sistema UASB/lagoas nas Fases 2 e 4. Os pontos de amostragem foram apresentados na Fig. 4.17 do capítulo 4 (Metodologia).

Tabela 5.28- Perfil longitudinal de *E. coli* do sistema UASB/Lagoas nas fases 2 e 4

<b>Perfil de <i>E. coli</i> (NMP/100 ml) no sistema UASB/lagoa com chicanas - Fase 2</b>										
		UASB		Lagoa com chicanas					Lagoa sem chicanas	
Pontos de amostragem		1	2	3	4	5	6	7	3	4
Data	Dados	Bruto	Efl UASB	Chic 1	Chic 2	Chic 3	Chic 4	Efl Lagoa	Meio	Efl Lagoa
21/03/00	1	5,40E+08	8,00E+07	7,40E+06	2,20E+07	2,80E+06	2,80E+06	8,60E+05	1,40E+07	1,80E+06
28/03/00	2	4,50E+09	1,70E+08	3,50E+07	4,10E+07	4,50E+06	4,50E+06	2,10E+06	1,90E+07	5,00E+06
04/04/00	3	2,90E+09	6,10E+08	8,40E+07	8,80E+07	1,60E+07	2,20E+07	6,00E+06	1,50E+07	
11/04/00		4,90E+09	1,40E+08	5,20E+06	7,50E+07	2,20E+07	8,60E+06	1,10E+07	1,10E+08	
18/04/00	5	6,10E+09	4,40E+08	1,40E+07	1,20E+08	3,10E+07	1,20E+07	3,10E+06	4,20E+07	
25/04/00	6	3,30E+09	5,00E+07	7,10E+07	2,00E+06	7,30E+06	6,10E+06	2,00E+06	6,10E+07	
02/05/00	7	2,30E+09	6,00E+08	6,20E+07	7,60E+07	1,10E+07	1,20E+07	9,90E+06	5,60E+07	
06/06/00	8	1,70E+09	1,90E+08	1,30E+07	6,50E+07	5,40E+06	5,30E+06	5,80E+06	1,30E+07	1,60E+06
04/07/00	9	7,70E+08	4,70E+07	8,60E+07	2,10E+08	6,10E+06	1,40E+07	2,30E+06	4,40E+07	1,40E+07
18/07/00	10	2,00E+09	3,70E+08	8,50E+06	4,30E+07	7,50E+06	1,10E+07	9,10E+06	8,10E+07	9,10E+06
01/08/00	11	2,80E+09	6,50E+08	8,60E+07	5,20E+07	1,70E+07	1,20E+07	1,50E+07	1,20E+08	9,60E+06
22/08/00	12	5,00E+08	2,40E+07	4,10E+06	1,80E+07	6,20E+06	2,00E+06	8,50E+05	4,10E+06	1,20E+06
Mínimo		5,00E+08	2,40E+07	4,10E+06	2,00E+06	2,80E+06	2,00E+06	8,50E+05	4,10E+06	1,20E+06
Média Geo.		<b>2,06E+09</b>	<b>1,74E+08</b>	<b>2,31E+07</b>	<b>4,45E+07</b>	<b>9,01E+06</b>	<b>7,66E+06</b>	<b>3,87E+06</b>	<b>3,26E+07</b>	<b>4,15E+06</b>
Máximo		6,10E+09	6,50E+08	8,60E+07	2,10E+08	3,10E+07	2,20E+07	1,50E+07	1,20E+08	1,40E+07
<b>Perfil de <i>E. coli</i> (NMP/100 ml) no sistema UASB/lagoa com chicanas - Fase 4</b>										
21/03/01	1	7,00E+08	7,70E+07	2,20E+06	7,70E+06	2,80E+06	4,10E+06	5,50E+05	3,30E+05	7,30E+03
28/03/01	2	3,50E+08	3,70E+07	2,90E+06	2,00E+06	1,90E+06	1,20E+06	4,90E+05	6,20E+05	5,90E+04
04/04/01	3	2,80E+08	2,70E+08	3,20E+06	1,70E+06	1,30E+06	1,30E+06	1,60E+05	1,40E+06	9,20E+05
11/04/01	4	1,90E+08	4,40E+08	3,80E+06	7,00E+06	6,40E+05	7,70E+05	7,40E+04	5,00E+05	2,00E+04
18/04/01	5	7,10E+08	5,50E+08	6,50E+06	4,30E+06	1,40E+06	2,40E+06	6,30E+03	1,70E+05	3,00E+04
25/04/01	6	2,00E+08	1,90E+07	4,80E+06	4,00E+06	1,70E+06	1,10E+06	3,80E+04	1,30E+05	7,40E+03
02/05/01	7	4,30E+08	1,20E+08	2,70E+06	3,20E+06	1,20E+06	3,80E+05	6,30E+03	7,30E+05	1,80E+04
09/05/01	8	9,60E+08	2,30E+08	8,20E+06	7,70E+06	1,70E+06	1,50E+06	2,10E+05	6,40E+05	8,40E+04
23/05/01	9	1,10E+09	2,10E+08	2,10E+07	7,00E+06	3,60E+06	3,70E+06	9,80E+05	1,20E+06	6,50E+05
Mínimo		1,90E+08	1,90E+07	2,20E+06	1,70E+06	6,40E+05	3,80E+05	6,30E+03	1,30E+05	7,30E+03
Média Geo.		<b>4,55E+08</b>	<b>1,40E+08</b>	<b>4,70E+06</b>	<b>4,34E+06</b>	<b>1,62E+06</b>	<b>1,44E+06</b>	<b>9,99E+04</b>	<b>4,95E+05</b>	<b>4,93E+04</b>
Máximo		1,10E+09	5,50E+08	2,10E+07	7,70E+06	3,60E+06	4,10E+06	9,80E+05	1,40E+06	9,20E+05

Média geométrica

O decaimento bacteriano ocorreu de forma decrescente dentro das lagoas, sendo observada uma remoção média de uma unidade logarítmica no reator UASB (de 9 para 8) na fase 2. Na fase 4 foi observada uma redução inferior a uma unidade logarítmica.

O valor médio de *E. coli* no esgoto bruto reduziu de  $10^9$  para  $10^8$  (unidades logarítmicas), da fase 2 para a fase 4.

Dentro das lagoas, houve uma redução de 2 e 4 unidades logarítmicas nas fases 2 e 4 respectivamente, nas duas lagoas. Na Tabela 5.26 observa-se que, do meio até a saída da lagoa sem chicanas, houve a remoção de 1 unidade logarítmica nas duas fases.

Na fase 4 as duas lagoas alcançaram o valor de  $10^3$  (padrão de qualidade para classe 2 Resolução CONAMA N° 20, 18/06/86) e recomendado para irrigação restrita (WHO, 2000).

As Figuras 5.82, 5.83, 5.84 e 5.85 apresentam os perfis longitudinais de *Escherichia coli* no sistema UASB/lagoas durante as fases 2 e 4, com o objetivo de observar a redução ao longo do sistema e comparar as duas lagoas.

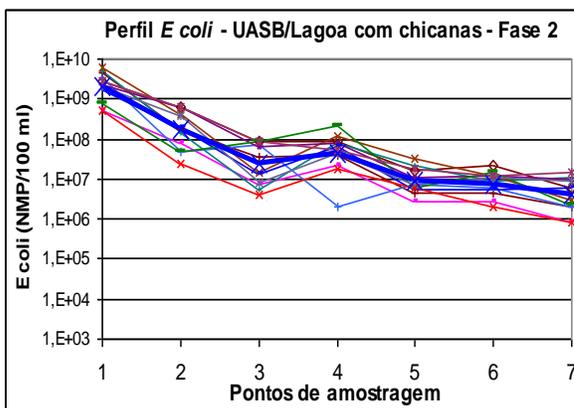


Figura -.5.82 Perfil lagoa com chicanas - Fase 2

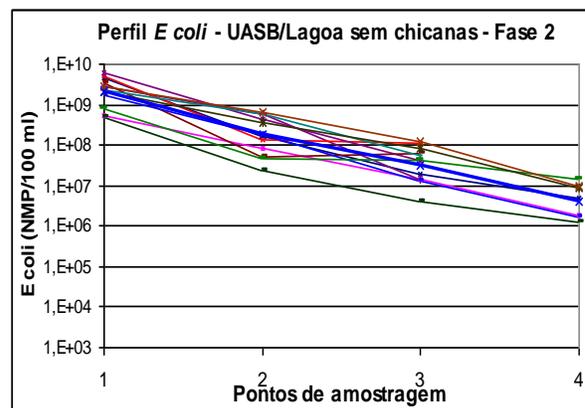


Figura -.5.83 Perfil lagoa sem chicanas - Fase 2

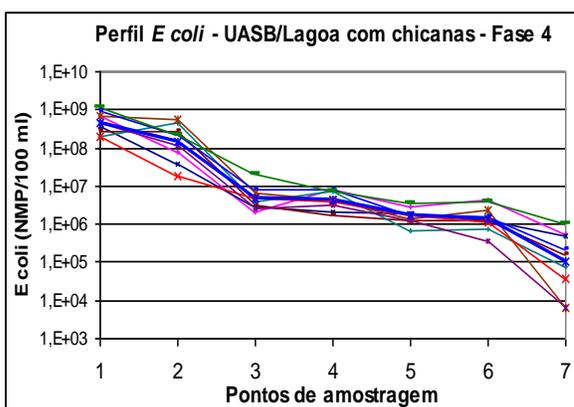


Figura -.5.84 Perfil lagoa com chicanas - Fase 4

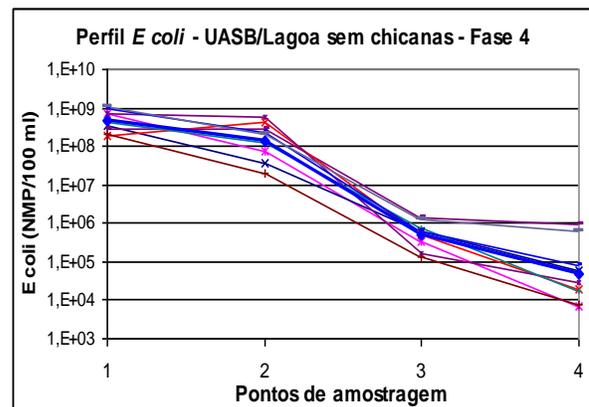


Figura -.5.85 Perfil lagoa sem chicanas - Fase 4

O esgoto bruto apresentou grande variação ao longo do tempo, da ordem de uma unidade logarítmica nas duas Fases pesquisadas.

Ao longo das chicanas houve um decaimento gradual, sendo que, da entrada da lagoa até a primeira chicana, observou-se o decaimento de uma unidade logarítmica de *E. coli* nas duas fases. Na quarta chicana, ocorreu um decaimento de duas unidades na fase 4, demonstrando que o último compartimento foi bastante significativo na melhora da performance da lagoa nesta fase, quando operava com apenas 0,60 metros de profundidade.

As Figuras 5.86 e 5.87 apresentam o gráfico de box-whiskies do perfil de *E. coli* no sistema UASB/lagoa sem chicanas e com chicanas nas fases 2 e 4.

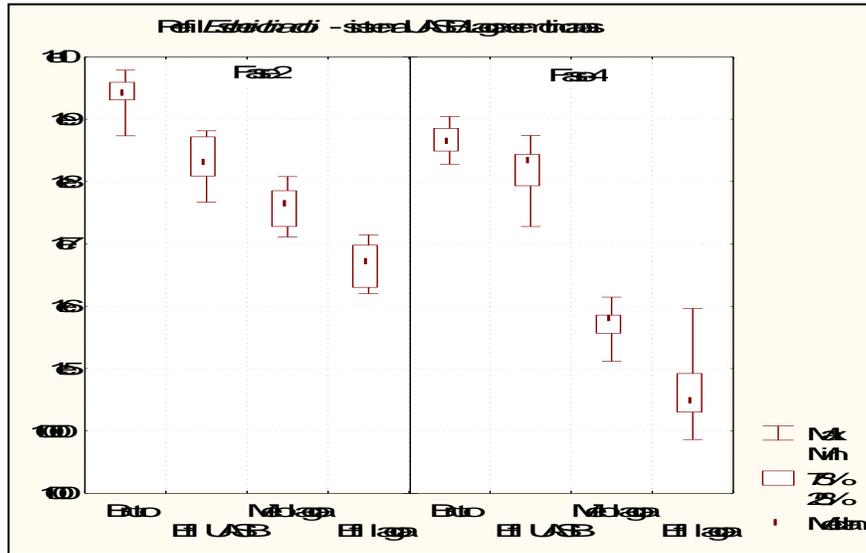


Figura -5.86 Perfil de *E. coli* no sistema UASB/lagoa sem chicanas, fases 2 e 4

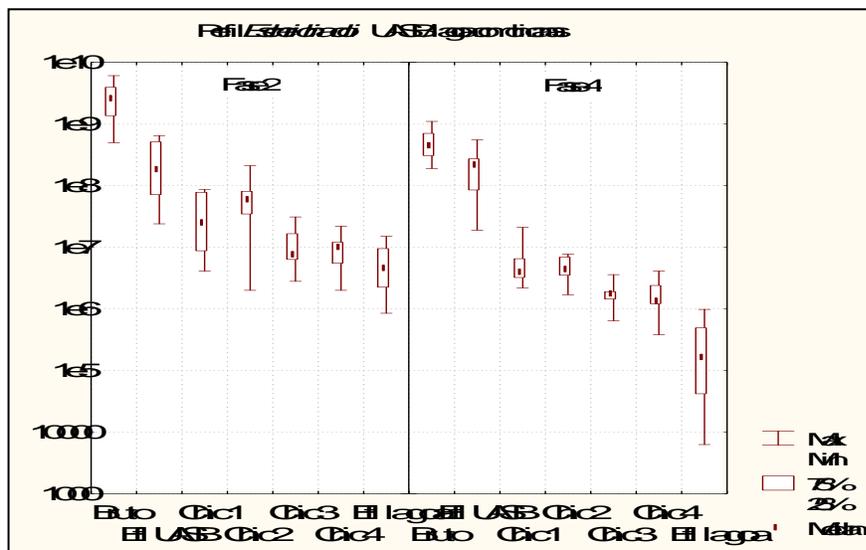


Figura -5.87 Perfil de *E. coli* no sistema UASB/lagoa com chicanas, fases 2 e 4

A lagoa sem chicanas apresentou um desempenho similar à lagoa com chicanas, sendo que na fase 2, em que operava com 1,0 m de profundidade, houve um decréscimo de duas unidades logarítmicas (de  $10^8$  para  $10^6$  unidades) e de quatro unidades logarítmicas na fase 4 (de  $10^8$  para  $10^4$  unidades logarítmicas).

A Tabela 5.30 apresenta o perfil longitudinal de *E.coli*, pH, temperatura e oxigênio dissolvido ao longo do sistema UASB/lagoas nas fases 2 e 4. Os pontos de amostragem foram apresentados na Fig. 4.17 do capítulo 4 (Metodologia).

Tabela 5.29 Perfil longitudinal dos valores de *E. coli*, oxigênio dissolvido, temperatura e pH do sistema UASB/Lagoa com Chicanas fases 2 e 4

<b>Perfil de <i>E. coli</i>, OD, Temperatura e pH no sistema UASB/lagoas - Fase 2</b>										
		UASB		Lagoa com chicanas					Lagoa sem chicanas	
Pontos de amostragem		1	2	3	4	5	6	7	3	4
		Afluente UASB	Efluente UASB	Chic 1	Chic 2	Chic 3	Chic 4	Efluente Lagoa	Meio	Efluente Lagoa
* <i>E. coli</i> (NMP/100ml)		2,06E+09	1,74E+08	2,31E+07	4,45E+07	9,01E+06	7,66E+06	3,87E+06	3,26E+07	4,15E+06
pH	8 h	7,10	6,51	6,98	7,02	6,97	6,97	7,31	6,54	6,49
	média	6,95	6,57	7,32	7,38	7,34	7,34	7,82	7,76	7,81
	14 h	6,79	6,63	7,66	7,74	7,70	7,72	8,34	8,34	8,42
Temperatura°C	8 h	21,07	21,11	17,84	17,85	17,76	17,76	20,10	17,30	17,20
	média	22,02	21,72	20,82	20,74	20,81	20,76	22,85	22,78	22,83
	14 h	22,98	22,32	23,81	23,64	23,87	23,77	25,59	25,50	25,70
OD (20 cm)	8 h	1,25	1,09	0,80	0,84	0,97	1,03	1,23	0,25	0,30
	média	1,39	1,25	2,50	2,41	2,21	2,62	3,04	3,05	3,98
	14 h	1,54	1,41	4,21	3,98	3,46	4,20	4,84	5,13	6,64
OD (80 cm)	8 h	1,35	1,08	0,45	0,41	0,51	0,44	0,59	0,15	0,25
	média	1,42	1,14	0,50	0,44	0,52	0,47	0,60	0,46	0,47
	14 h	1,49	1,20	0,56	0,47	0,52	0,51	0,61	0,51	0,54

<b>Perfil de <i>E. coli</i>, OD, Temperatura e pH no sistema UASB/lagoas - Fase 4</b>										
* <i>E. coli</i> (NMP/100ml)		4,55E+08	1,40E+08	4,70E+06	4,34E+06	1,62E+06	1,44E+06	9,99E+04	4,95E+05	4,93E+04
pH	8 h	6,40	6,45	7,88	8,18	8,30	8,39	7,46	8,11	8,03
	média	6,65	6,76	8,83	9,03	9,17	9,17	8,46	8,84	8,82
	14 h	6,89	7,07	9,78	9,88	10,04	9,94	9,47	9,58	9,61
Temperatura°C	8 h	22,57	22,60	22,16	22,04	21,96	21,91	22,73	23,13	22,92
	média	23,25	23,66	24,19	24,38	24,40	24,38	24,53	24,82	24,75
	14 h	23,93	24,72	26,23	26,73	26,84	26,85	26,34	26,51	26,58
OD (20 cm)	8 h	0,67	1,15	1,95	1,59	2,15	1,79	3,07	3,75	4,26
	média	0,67	1,12	6,38	6,84	6,71	6,97	7,16	9,02	9,31
	14 h	0,67	1,09	10,81	12,08	11,27	12,15	11,25	14,30	14,35

Média geométrica

A Tabela 5.30 mostra um aumento gradual de pH dentro das lagoas, sendo observado que valores médios na fase 4 foram superiores aos valores médios na fase 2 (7,0 e 9,0 nas fases 2 e 4 respectivamente), nas duas lagoas.

A concentração de OD (20 cm) foi muito superior na fase 4, maior que 6 mg/L e 9 mg/L nas lagoas com chicanas e sem chicanas respectivamente. Na fase 2 a concentração de OD (20 cm) foi aproximadamente 2 mg/L e 3 mg/L nas lagoas com chicanas e sem chicanas, respectivamente.

O oxigênio dissolvido a 80 cm, na lagoa, esteve sempre abaixo de 1 mg/L e a 20 cm teve grande variação do período da manhã para o período da tarde.

As Figuras 5.88, 5.89, 5.90 e 5.91 apresentam o perfil de *Escherichia coli* x temperatura às 8:00, 14:00 horas, e a temperatura média, no sistema UASB/Lagoas durante as fases 2 e 4.

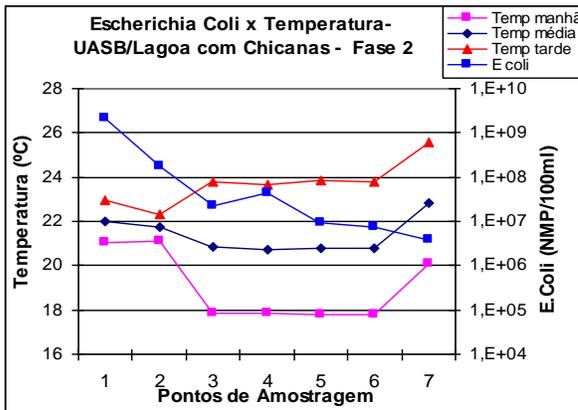


Figura -.5.88 *E. coli* x temperatura lagoa com chicanas -Fase 2

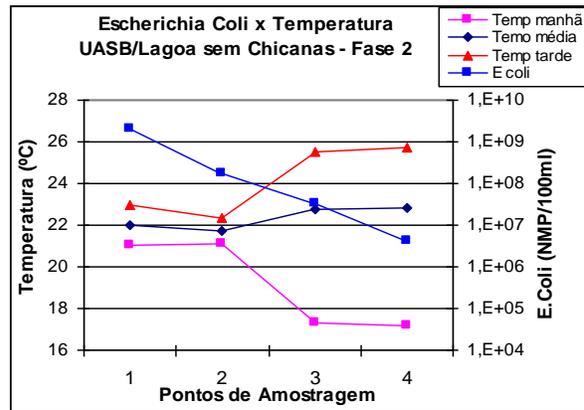


Figura -.5.89 *E. coli* x temperatura lagoa sem chicanas -Fase 2

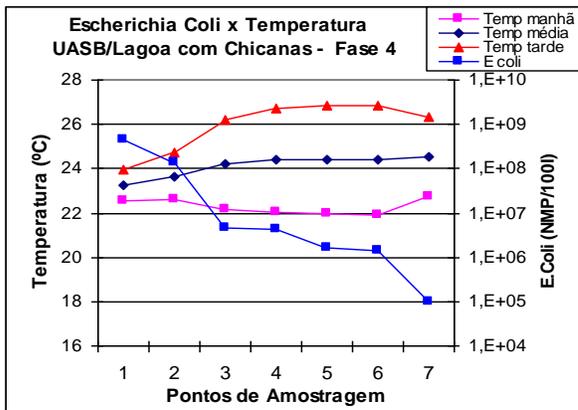


Figura -.5.90 *E. coli* x temperatura lagoa com chicanas -Fase 4

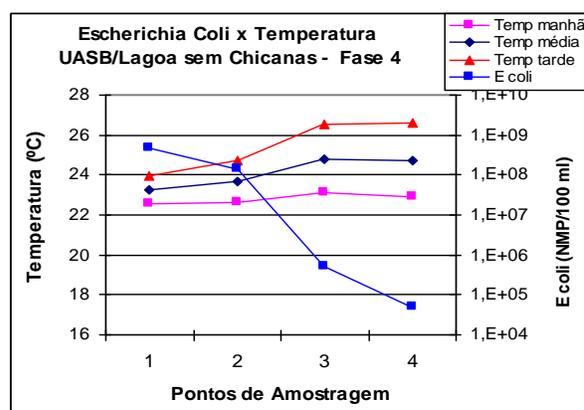


Figura -.5.91 *E. coli* x temperatura lagoa sem chicanas -Fase 4

A temperatura dentro da lagoa se manteve constante (medida a 20 cm da superfície), sofrendo uma ligeira alteração na saída.

O valor médio da temperatura medido às 14 :00 h na fase 2, foi inferior ao valor médio (entre 8:00 e 14:00 h) na fase 4, na lagoa com chicanas.

As Figuras 5.92, 5.93, 5.94 e 5.95 apresentam o perfil de *Escherichia coli* x pH às 8:00, 14:00 horas, e o valor médio, no sistema UASB/Lagoas durante as fases 2 e 4.

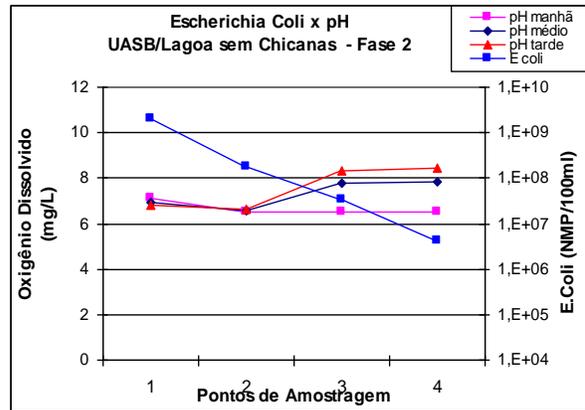
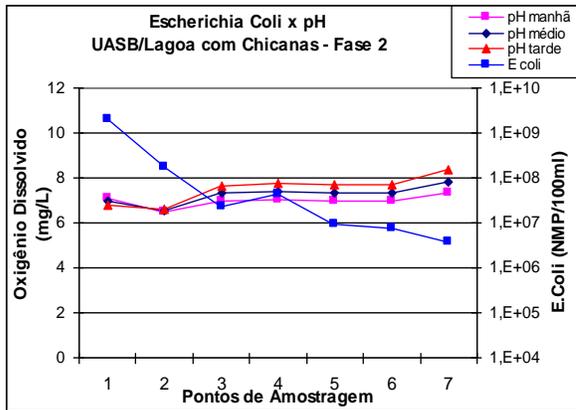


Figura -5.92 *E. coli* x pH - Lagoa com chicanas - Fase 2

Figura -5.93 *E. coli* x pH - Lagoa sem chicanas - Fase 2

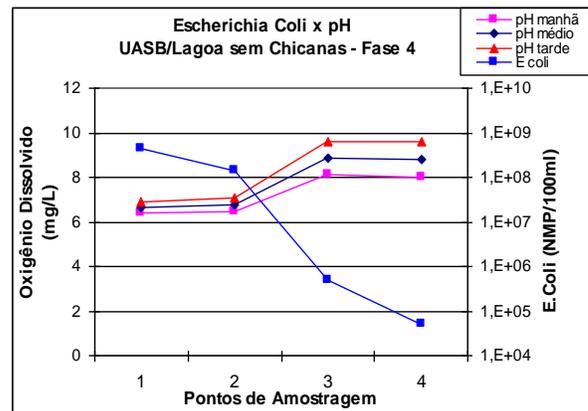
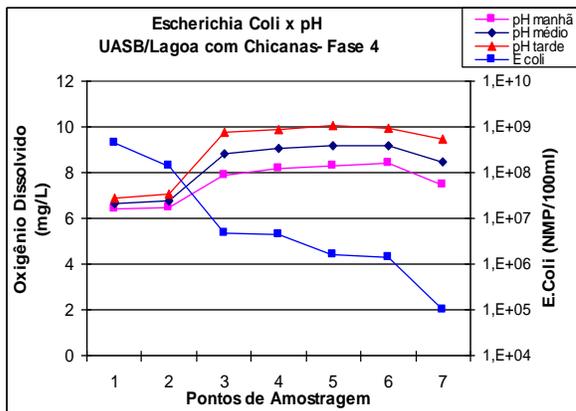


Figura -5.94 *E. coli* x pH - Lagoa com chicanas - Fase 4

Figura -5.95 *E. coli* x pH - Lagoa sem chicanas - Fase 4

O valor do pH sofreu grande variação de nos períodos da manhã e tarde, e também entre as fases 2 e 4.

O pH (a 20 cm) sofreu um acréscimo da primeira para a última chicana, acompanhando a elevação do oxigênio dissolvido a 20 cm, ambos em razão do

aumento da predominância da fotossíntese sobre o consumo de OD para oxidação da matéria orgânica.

As Figuras 5.96, 5.97, 5.98 e 5.99 apresentam o perfil de *Escherichia coli* x oxigênio dissolvido às 8:00, 14:00 horas, e o valor médio, no sistema UASB/Lagoas durante as fases 2 e 4.

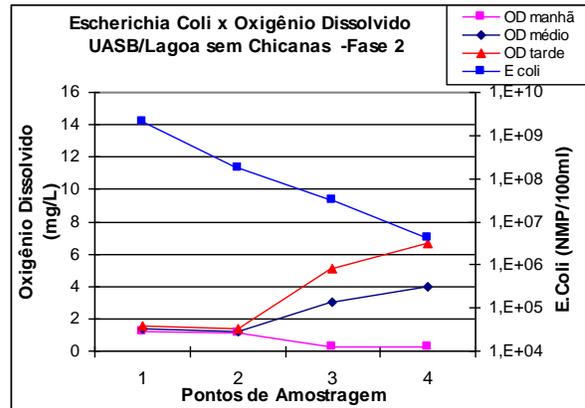
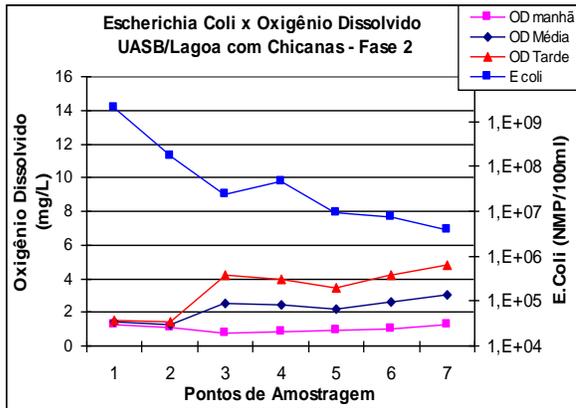


Figura -5.96 *E. coli* x OD - Lagoa com chicanas - Fase 2

Figura -5.97 *E. coli* x OD - Lagoa sem chicanas - Fase 2

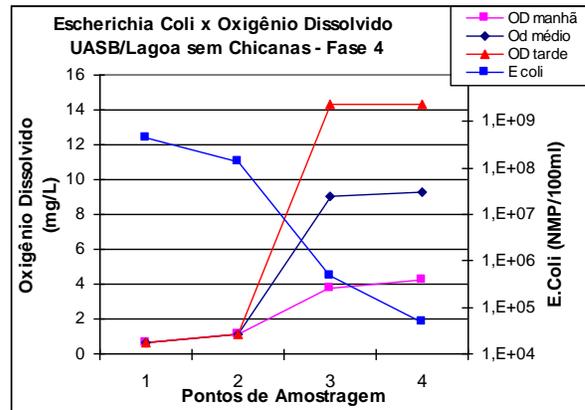
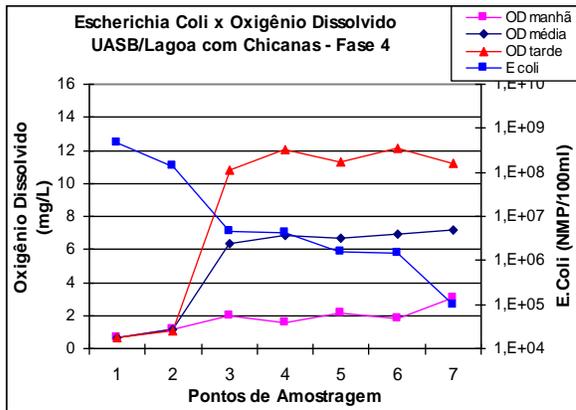


Figura -5.98 *E. coli* x OD - Lagoa com chicanas - Fase 4

Figura -5.99 *E. coli* x OD - Lagoa sem chicanas - Fase 4

A taxa de decaimento bacteriano em condições anaeróbias é inferior ao em condições aeróbias) (VON SPERLING, 1996), condição esta que pode ter ocorrido no fundo da lagoa, no qual o OD médio às 8 horas era inferior a 1 mg/L.

Observa-se uma pequena variação na concentração de OD dentro da lagoa com chicanas (chicana 3, ponto 5) às 14 h nas duas fases.

### 5.2.6.2 Ovos de helmintos

#### 5.2.6.2.1 Perfil ovos de helmintos no sistema UASB/Lagoas

A Tabela 5.31 apresenta o perfil longitudinal de ovos de helmintos ao longo do sistema UASB/lagoas nas fases 2 e 4. Os pontos de amostragem foram apresentados na Fig. 4.17 do capítulo 4 (Metodologia).

Tabela 5.30- Resultados do perfil longitudinal de ovos de helmintos do sistema UASB/Lagoas nas fases 2 e 4

<b>Ovos de helmintos (ovos/l) – Perfil Sistema UASB/Lagoa com Chicanas - Fase 2</b>										
		UASB		Lagoa com chicanas					Lagoa sem chicanas	
Pontos de amostragem		1	2	3	4	5	6	7	3	4
Data	Nº Dados	Afl. UASB	Efluente UASB	Chic 1	Chic 2	Chic 3	Chic 4	Efluente Lagoa	Meio Lagoa	Efluente Lagoa
28/03/00	1	320,00	45,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00
04/04/00	2	50,00	9,30	2,70	2,00	0,00	0,00	0,00	1,32	0,00
11/04/00	3	27,00	32,00	2,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
18/04/00		50,00	16,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25/04/00	5	0,00	1,90	2,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02/05/00	6	40,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09/05/00	7	0,00	18,64	5,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23/05/00	8	60,00	27,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06/06/00	9	53,20	12,00	0,66	2,00	2,66	0,66	0,00	0,66	0,00
20/06/00	10	69,90	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04/07/00	11	86,60	12,00	3,32	2,66	1,50	2,66	1,32	0,00	0,66
18/07/00	12	49,80	3,30	2,66	1,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01/08/00	13	93,20	20,74	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,88
15/08/00	14	0,00	1,33	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66
Mínimo		0,00	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Média</b>		<b>64,26</b>	<b>16,16</b>	<b>1,43</b>	<b>0,78</b>	<b>0,30</b>	<b>0,24</b>	<b>0,09</b>	<b>0,19</b>	<b>0,44</b>
Máximo		320,00	45,00	5,01	2,66	2,66	2,66	1,32	1,32	3,88

<b>Ovos de helmintos (ovos/l) – Perfil Sistema UASB/Lagoa com Chicanas - Fase 4</b>										
Data	Nº	Afl.	Efluente	Chic 1	Chic 2	Chic 3	Chic 4	Efluente	Meio	Efluente
	Dados	UASB	UASB					Lagoa	Lagoa	Lagoa
30/03/01	1	10,00	0,00	0,00	2,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04/04/01	2	10,00	3,54	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,50	0,00
11/04/01	3	0,00	8,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18/04/01	4	73,20	2,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25/04/01	5	6,60	4,00	0,00	1,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02/05/01	6	10,00	5,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09/05/01	7	0,00	0,00	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16/05/01	8	46,60	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	0,00
23/05/01	9	46,66	4,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mínimo		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Média</b>		<b>22,56</b>	<b>4,83</b>	<b>0,15</b>	<b>0,44</b>	<b>0,11</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,13</b>	<b>0,00</b>
Máximo		73,20	15,00	1,33	2,64	0,99	0,00	0,00	0,66	0,00

Durante todas as fases o sistema apresentou um bom desempenho na remoção de ovos de helmintos, com o reator UASB removendo, em média, 85%, 79 %, 87% e 85% nas fases 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

Na fase 4 foi observada uma grande redução na quantidade de ovos afluente ao sistema Isto se deve ao fato de que no final da fase 3 (Dez/00) foi feita uma limpeza no poço de sucção da estação elevatória e foram trocadas as grades do tratamento preliminar que já se encontravam bastante danificadas. Também foi intensificada a limpeza das caixas de areia e gradeamento que passou a ser feita duas vezes ao dia.

O decaimento de ovos de helmintos se deu ao longo do sistema de forma decrescente, como apresentado na Tabela 5.31. e o efluente das lagoas foi 0,09 e 0,44 ovos/L em média na fase 2 e zero na fase 4 para as duas lagoas.

As Figuras 5.100, 5.101, 5.102 e 5.103 apresentam os perfis de ovos de helmintos no sistema UASB/lagoas durante as fases 2 e 4.

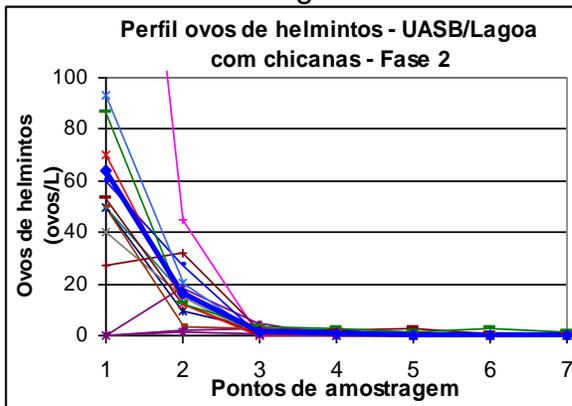


Figura -.5.100 Perfil ovos lagoa com chicanas - Fase 2

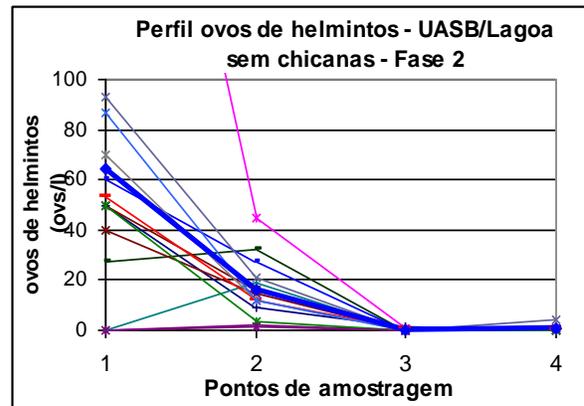


Figura -.5.101 Perfil ovos lagoa sem chicanas - Fase 2

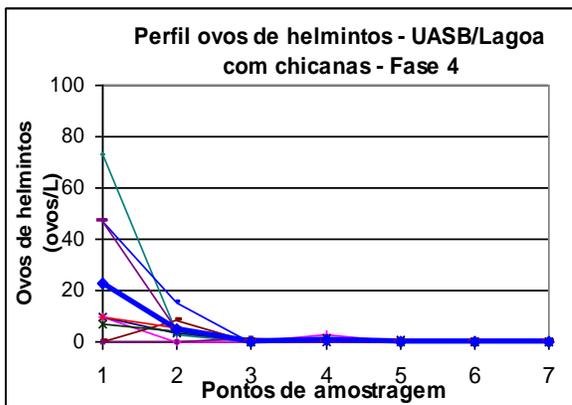


Figura -.5.102 Perfil ovos lagoa com chicanas - Fase 4

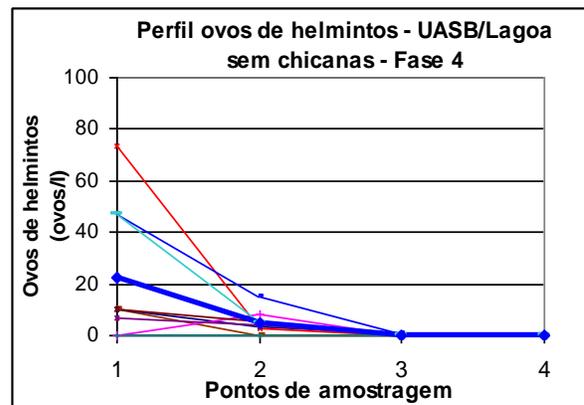


Figura -.5.103 Perfil ovos lagoa sem chicanas - Fase 4

Foi observado que, a partir da terceira chicana (fase 2) e da primeira chicana (fase 4) e no meio da lagoa sem chicanas (fases 2 e 4), a quantidade de ovos/L é menor que 1 ovo de nematoda por litro (segundo WHO, 2000), adequado para irrigação restrita). Podem ser irrigadas culturas enquadradas na "categoria B" (culturas de cereais, industriais, forrageiras, pastagens e árvores), nas quais há apenas a restrição de < 1 ovo/L, e sem recomendação para coliformes fecais.

As Figuras 5.104 e 5.105 apresentam o perfil de ovos de helmintos no sistema UASB/ lagoas nas fases 2 e 4

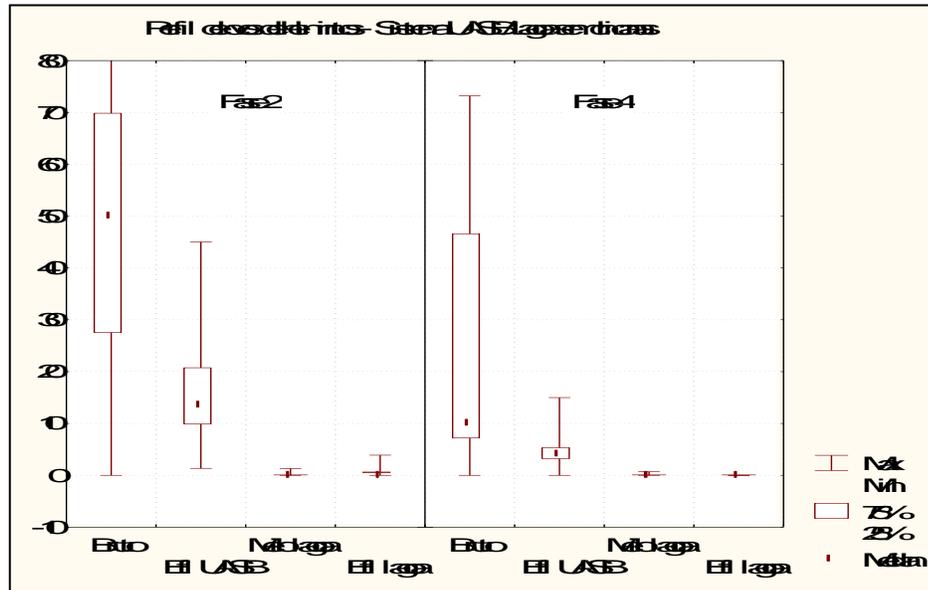


Figura -5.104 Perfil ovos de helmintos - UASB/ lagoa sem chicanas fases 2 e 4

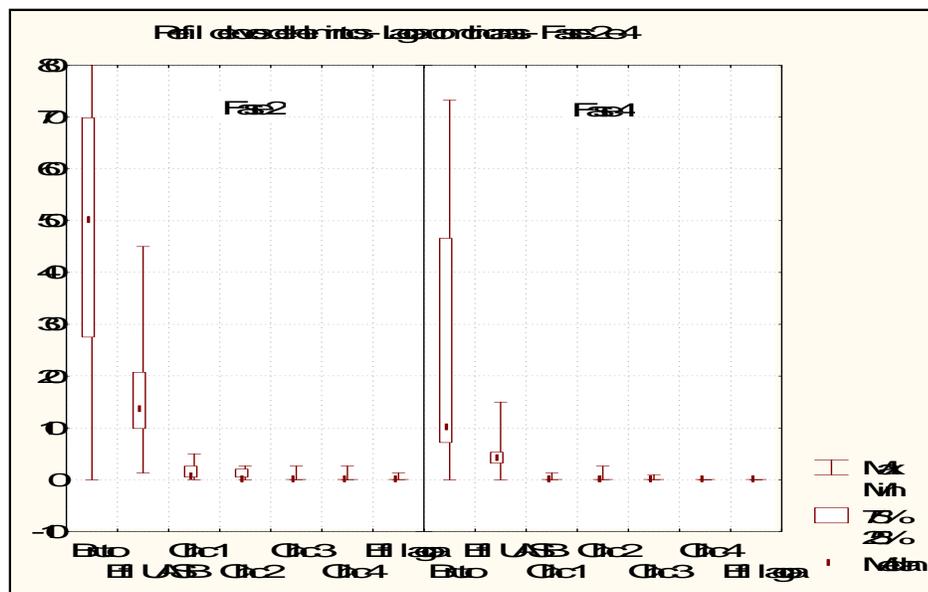


Figura -5.105 Perfil ovos de helmintos - UASB/ lagoa com chicanas fases 2 e 4

Na fase 4 houve uma significativa redução na média de ovos de helmintos no esgoto bruto, e o reator UASB removeu aproximadamente 70% nas duas lagoas. No entanto, na fase 4 o sistema operou com eficiência de 100%, tanto com a lagoa com chicanas, quanto com a lagoa sem chicanas.

Observa-se um decaimento sistemático ao longo do perfil, demonstrando o processo de sedimentação dos ovos ao longo do percurso.

#### 5.2.6.2.2 Avaliação da equação de AYRES e MARA para remoção de ovos de helmintos

AYRES *et al* (1992) propõem a seguinte equação para a estimativa da remoção de ovos de helmintos:

$$E = [1 - 0.14\exp(-0.38.t)]$$

Onde:

E = Eficiência de remoção

t = Tempo de detenção hidráulica (d)

As Figuras 5.106 e 5.107 apresentam a eficiência de remoção de ovos de helmintos alcançada e estimada (de acordo com AYRES *et al*, 1992) nas lagoas nas fases 2 e 4

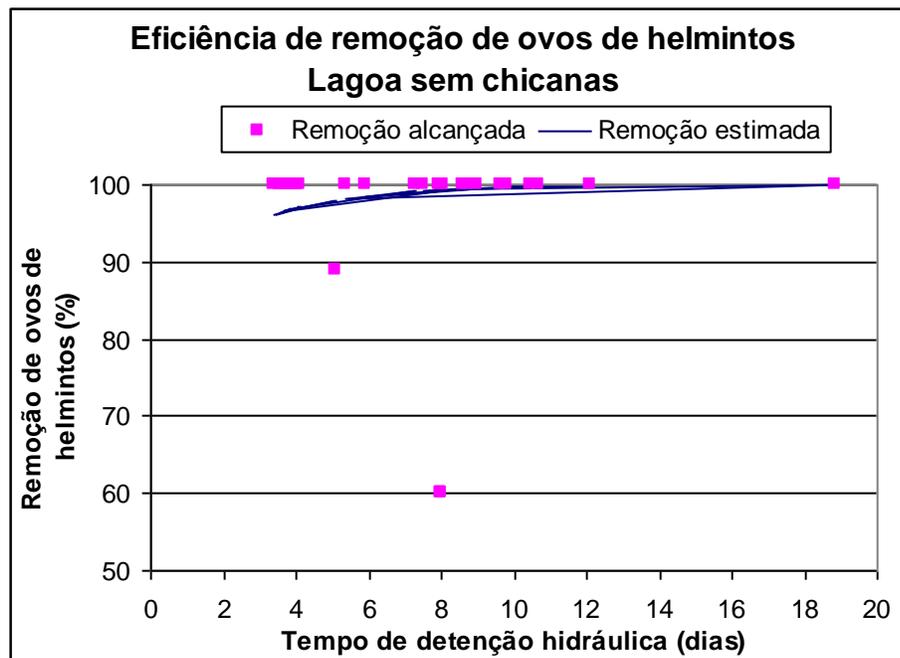


Figura -5.106 Remoção de ovos de helmintos --Lagoa sem chicanas nas fases 2, 3 e 4

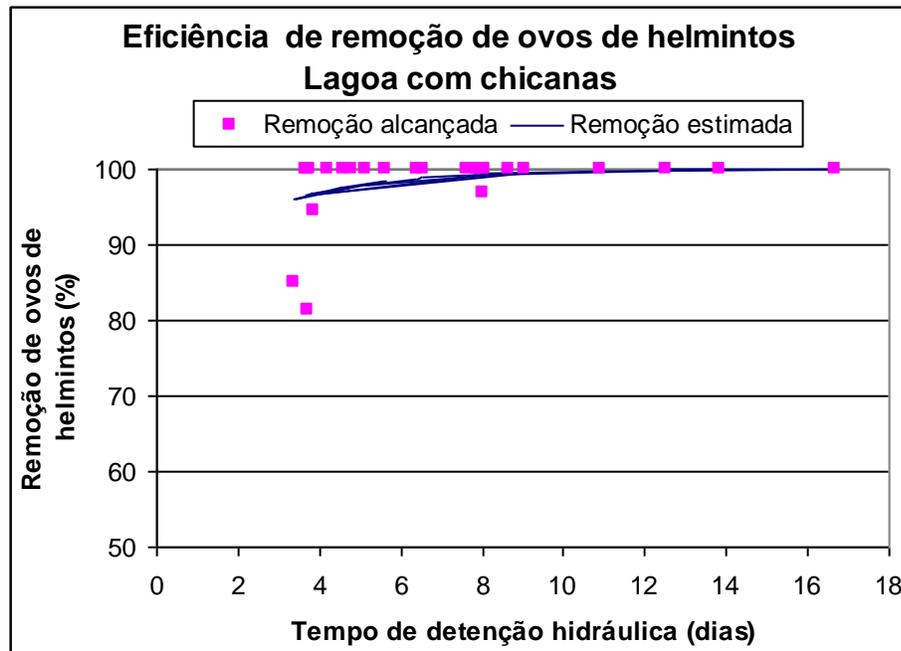


Figura -5.107 Remoção de ovos de helmintos --Lagoa com chicanas nas fases 2, 3 e 4

A equação apresentada por AYRES *et al* (1992), relaciona a remoção de ovos de helmintos com o tempo de detenção hidráulica, sugerindo maiores eficiências, com maiores TDH.

A remoção de ovos foi estimada segundo AYRES *et al* (1992) e os valores observados estiveram na maioria das vezes superiores aos estimados pelo modelo. No entanto indica que pode ser utilizado para estimar valores efluentes de ovos de helmintos com uma pequena margem de segurança.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.2 CONCLUSÕES

As conclusões serão apresentadas de forma itemizada, por parâmetros, para facilitar a compreensão do texto.

- **DBO e DQO**

O sistema UASB/lagoas apresentou baixas eficiências médias na remoção de DBO, variando de 62% (UASB/lagoa com chicanas, fase 3) a 73% (UASB/Lagoa sem chicanas, fase 4). A menor eficiência (média) de remoção de DQO foi de 39%, (UASB/Lagoa com chicanas, fase 3) e a maior foi 63% (UASB/Lagoa sem chicanas na fase 4).

O reator UASB apresentou eficiências inferiores às esperadas (34 a 49% para DBO e 37 a 52% para DQO), devido ao fato de estar operando em "condições limite", com baixo TDH, pequena altura do reator (3,0 m), elevada quantidade de biomassa no seu interior (que foi reduzindo ao longo das fases operacionais, com o controle dos descartes de lodo) além de operar em regime hidráulico transiente, que, em horários de maior vazão, impunha maiores velocidades ascensionais, ocasionado eventuais liberações de sólidos no efluente encaminhado para as lagoas.

A baixa eficiência do reator afetou diretamente as lagoas, que operaram em sobrecarga, com elevadas taxas de aplicação superficial, chegando a valores médios de 600 kg/DBO ha dia (fase 2) e a 1000 kg/DQO ha dia (fase 2). Estes valores são bem superiores aos usualmente utilizados para lagoas de maturação.

As lagoas apresentaram um bom desempenho na remoção complementar de DBO, variando de 33 % (lagoa com chicanas, fase 4) a 46% (lagoa sem chicanas, fase 4). A concentração média efluente de DQO e DBO das lagoas esteve, em todas as fases, superior ao indicado pela legislação estadual (inferior a 90 mgDQO/L e a 60 mg/BDO/L).

Quanto à remoção de DBO e DQO, a lagoa sem chicanas apresentou eficiências médias superiores à lagoa com chicanas em todas as fases, exceto na fase 2, em que a lagoa com chicanas apresentou uma ligeira superioridade na remoção de DQO.

A estimativa da concentração de DQO efluente nas lagoas, através do cálculo de K (segundo o modelo de fluxo disperso), mostrou que os valores efluentes observados estiveram próximos aos estimados, e os valores de K observados estavam dentro da faixa citada pela literatura.

- **Sólidos**

No sistema, a eficiência média de remoção de sólidos totais variou de 10% (UASB/Lagoa com chicanas na fase 4) a 64% (UASB/Lagoa sem chicanas na fase 4).

A concentração de sólidos totais efluente do sistema não atendeu à legislação ambiental (inferior a 60 mg/L), exceto na fase 4 (UASB/lagoa sem chicanas) em que a concentração média efluente foi 58 mg/L.

No reator UASB a maior eficiência (média) foi na fase 3 (68%) e a menor foi na fase 2 (51%) e as concentrações médias efluentes variaram de 53 a 129 mg/L, nas fases 2 e 4 respectivamente.

Não foi observada remoção de sólidos nas lagoas. A presença das algas no efluente das lagoas contribui para o aumento de sólidos no efluente. Foram efetuados os cálculos da relação entre SST e DQO particulada, com base nos dados experimentais e chegou-se à conclusão de que **1 mg SS/L gerou uma DQO em torno de 1,13 a 1,66 mg/L**

O padrão de lançamento de sólidos sedimentáveis (inferior a 1 ml/L - Resolução CONAMA nº 20/86) foi atendido pelo reator UASB, sendo que a maior concentração média foi de 0,9 ml/L na fase 2 e a menor 0,3 ml/L. e conseqüentemente, pelas lagoas, inferior a 0,5 ml/L em todas as fases.

- **Nitrogênio total**

O sistema apresentou eficiências bastante variáveis na remoção de N total, variando de - 14% (UASB/Lagoa com chicanas na fase 3) a 61% (UASB/Lagoa sem chicanas na fase 4).

A concentração média efluente de N total variou de 10,1 mg/L (lagoa sem chicanas, fase 4) a 34,6 mg/L (lagoa com chicanas, fase2). Nas lagoas, a eficiência média de remoção foi: de 11% a 69% nas lagoas com chicanas (fase 3) e sem chicanas (fase 4) respectivamente.

A lagoa sem chicanas apresentou eficiências médias na remoção de N total superiores à lagoa com chicanas em todas as fases.

As concentrações efluentes estimadas de nitrogênio total, segundo REED (1985), estiveram ligeiramente inferiores às observadas, no entanto mostraram que o modelo pode ser utilizado para a estimativa das concentrações efluentes.

- **Amônia**

A eficiência média de remoção de amônia foi 23% e 76% nas lagoas com chicanas (fase2) e sem chicanas (fase 4), respectivamente.

A concentração média efluente de amônia variou de 7,2 mg/L a 25,5 mg/L nas lagoas sem chicanas (fase 4) e com chicanas (fase 2), não atendendo ao padrão de lançamento de 5 mg/L da Resolução CONAMA 20/86 em nenhuma das fases.

Em todas as fases a eficiência na remoção de amônia foi superior na lagoa sem chicanas.

As concentrações efluentes estimadas de amônia, segundo a equação de MIDDLEBROOKS (1997), acompanharam os valores observados no efluente das lagoas, principalmente da lagoa com chicanas, indicando um bom ajuste do modelo.

- **Fósforo**

Certa remoção de fósforo ocorreu nas lagoas, e a eficiência média variou de 13 a 47% nas lagoas com chicanas (fase 4) e sem chicanas (fase 2).

A concentração efluente variou de 2,3 a 3,8 mg/L nas lagoas sem chicanas (Fase 3) e com chicanas (fase 4). Em todas as fases a lagoa sem chicanas apresentou melhor desempenho na remoção de fósforo.

Foi analisada a relação DBO: N total: Fósforo e observou-se que o esgoto bruto possuía os nutrientes necessários para um tratamento biológico com concentrações superiores ao indicado por (MENDONÇA, 2000). 100:5:1. Os valores observados foram 100:10,3:1,1 (fase 2); 100:9,5: 1,4 (fase 3) e 100:10,8:2 (fase 4).

- ***E. coli***

O sistema apresentou a menor eficiência na remoção de *E.coli* de 97,068 % (UASB/lagoa sem chicanas, fase 3) e a maior de 99,878 (UASB/lagoa sem chicanas, fase 4). O reator UASB foi responsável pela redução de 1 unidade logarítmica nas fases 1, 2 e 3.

Nas fases 1 e 2 a lagoa com chicanas apresentou eficiências superiores à sem chicanas e nas fases 3 e 4 a lagoa sem chicanas apresentou eficiências superiores quanto à remoção de *E.coli*.

As duas lagoas apresentaram as melhores eficiências de remoção de *E.coli* (superiores a 99%) na fase 4, quando operaram com 0,60 m.

O valor do coeficiente de decaimento bacteriano  $K_b$  foi calculado segundo fluxo disperso, e foi maior em todas as fases na lagoa sem chicanas, variando entre  $0,55 \text{ d}^{-1}$  a  $2,62 \text{ d}^{-1}$  nas lagoas, com chicanas (fase 2) e sem chicanas (fase 4) respectivamente.

A concentração efluente de *E.coli* foi estimada segundo VON SPERLING (1999 e 2001), aproximando-se mais aos valores observados no efluente da lagoa com chicanas. A lagoa sem chicanas apresentou valores de  $K_b$  superiores ao estimado. Os modelos utilizados para a estimativa de *E. coli* efluente (VON SPERLING, 1999 e 2001), através do cálculo de  $K_b$ , mostraram-se satisfatórios.

- **Ovos de helmintos**

O sistema apresentou-se eficiente quanto à remoção de ovos de helmintos. Em todas as fases a remoção foi de 100%, exceto na fase 2, na qual se obteve

98,64% e 99,52%, UASB/lagoas sem chicanas e com chicanas respectivamente, tendo sido observado que a concentração efluente foi sempre inferior a 1 ovo/L

No reator UASB a maior eficiência (média) foi na fase 4 (78,69%) e a menor foi na fase 1 (61,96%).

Ao ser analisada a remoção de ovos de helmintos dentro das lagoas, observou-se que a partir da 3<sup>o</sup> chicana e no meio da lagoa sem chicanas, a quantidade de ovos era inferior a 1 ovo/L, adequado para irrigação restrita segundo WHO, (2000) e BASTOS, (1998).

A remoção de ovos foi estimada segundo AYRES *et al* (1992) e os valores de eficiência observados estiveram na maioria das vezes superiores aos estimados pelo modelo. No entanto, este fato indica que o modelo pode ser utilizado para estimar valores efluentes de ovos de helmintos com uma pequena margem de segurança.

#### • **Comentário geral**

O desempenho insatisfatório (quanto ao atendimento à legislação ambiental) se deveu às condições de teste a que o sistema (UASB e lagoas) foram submetidos. No entanto, os ajustes dos modelos testados foram satisfatórios, gerando (K e Kb) para projeto, (ainda que as taxas de aplicação superficial empregadas não sejam recomendadas para projeto, pois as lagoas trabalharam em sobrecarga na maior parte do tempo).

O desempenho das lagoas de polimento, como pós-tratamento do reator UASB, mostrou-se dependente do desempenho do reator. Daí a grande relevância desta pesquisa que contém dados do conjunto (UASB/Lagoas), pois existem poucos dados com este sistema, principalmente no sudeste do Brasil.

O melhor desempenho do sistema UASB/lagoas foi verificado quando as lagoas operavam com uma profundidade de 0,60 m, um TDH superior a 8 dias, uma TAS inferior a 300 Kg DBOha/dia e o reator UASB operava com um TDH de 7,5 h.

O desempenho da lagoa com chicanas foi inferior à lagoa sem chicanas, contrário à teoria devido à influência da escala piloto do sistema analisado.

## **6.1 RECOMENDAÇÕES**

- Recomenda-se, em próximos experimentos, trabalhar com as lagoas com profundidades menores ou iguais a 0,60 m, que apresentaram uma melhor eficiência de remoção na maioria dos parâmetros analisados.
- Recomenda-se um estudo mais aprofundado dos ovos de helmintos presentes no líquido e no lodo das lagoas (um balanço entre entrada, saída e retenção no lodo). O estudo da viabilidade dos ovos presentes é de grande importância sanitária, visto que apenas os ovos viáveis são considerados um risco potencial para a saúde pública.

- Devido à grande diferença entre o desempenho das duas lagoas (com chicanas e sem chicanas), recomenda-se o uso de traçadores para se verificar o TDH real e a existência de curtos-circuitos ao longo das lagoas.
- Recomenda-se um estudo mais aprofundado para verificação do aumento da concentração de fósforo no reator UASB.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, M.M., MENDONÇA, A.S.F. (1996). Wastewater stabilization ponds fecal coliform removal efficiencies. In: *3<sup>rd</sup> Italo-Brazilian Symposium on Sanitary and Environmental Engineering (Proceedings)*, Italy, June 1996.
2. AGUNWAMBA, J.C. et al. (1992). Prediction of the dispersion number in waste stabilization ponds. *Water Research*, 26 (85).
3. ANDRADE NETO, C.O. (1997). *Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários. Experiência brasileira*. ABES - Brazilian Association on Sanitary and Environmental Engineering, 300 pp.
4. ARCEIVALA, S.J. (1981). *Wastewater treatment and disposal*. Marcel Dekker, New York. 892 p. citado por VON SPERLING, M. (1996c). *Lagoas de estabilização. Vol. 3. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. 134 p.
5. AWWA/APHA/WEF (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20<sup>th</sup> edition. Washington.
6. AYRES, R. M., & Mara, D. D. (1996). Analysis of wastewater for use in agriculture. *A laboratory manual of parasitological and bacteriological techniques*. WHO, Geneva.
7. AYRES, R.M., ALBASTER, G.P., Mara, D.D., Lee, D.L. (1992). A design equation for human intestinal nematode egg removal in waste stabilization ponds. *Water Research*, 26 (6), pp. 863-865.
8. BAGLEY, S.T., SEIDLER, R.J. (1977) *Significance of faecal coliform-positive Klebsiella*, *Applied Microbiology*, v33, n5 p 1141-1148, 1977. Citado por BASTOS, R.K.X., BEVILACQUA, D. P., NASCIMENTO, L.E., CARVALHO, G. R. M., SILVA, C.V. (2000). *Coliformes como indicadores da qualidade da água: alcance e limitações* - Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. AIDIS Porto Alegre, Brasil.
9. BAILENGER, J. (1979). *Mechanisms of parasital concentration in coprology and their practical consequences*. *Journal of American Medical Technology*, 41, pp. 65 – 71
10. BASTOS, R.K.X.(1998). *Utilização agrícola de águas residuárias* - Notas de aula. Curso de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG.
11. BASTOS, R.K.X., BEVILACQUA, D. P., NASCIMENTO, L.E., CARVALHO, G. R. M., SILVA, C.V. (2000). *Coliformes como indicadores da qualidade da água: alcance e limitações* - Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. AIDIS Porto Alegre, Brasil.
12. BRANCO, S. M. (1978). *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária* CETESB/ABES/BNH. 620 p.
13. BRITO, L.H.N.C, CHERNICHARO, C.A. L., VON SPERLING, M.(2001) *Otimização de um reator UASB compartimentado aplicado ao tratamento de esgotos tipicamente domésticos*. 21<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa.

14. BRITO, M.C.S.O.M. (1997). *Avaliação intensiva de uma lagoa de maturação com chicanas em escala piloto tratando efluente de um reator UASB em ITABIRA-MG*. Dissertação de mestrado, DESA, UFMG.
15. CALPENAS, N.R., KANAREK, M.S. (1984). *Thermotolerant nonfecal source of Klebsiella pneumoniae: validity of fecal coliform test in recreational waters*. *American Journal of Public Health*, v. 74, n.11, p.1273 - citado por CHERNICHARO, C.A.L., ZERBINI, A.M, BITTENCOURT, R.B., (2001), *Análise comparativa das técnicas de tubos múltiplos e de substrato definido, aplicadas à identificação de coliformes em amostras de esgotos brutos e de efluentes anaeróbios*. Pós-tratamento de reatores anaeróbios - Aspectos metodológicos. Projeto PROSAB.
16. CARDOSO, M.R.(1999). Desenvolvimento de um reator UASB compartimentado, aplicado ao tratamento de esgotos tipicamente domésticos. In: *Anais. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Tema I-066. Rio de Janeiro-RJ, Brasil,10-14/05/99.
17. CAVALCANTI, P.F.F., VAN HAANDEL, A., VON SPERLING, M., KATO, M.T., LUDUVICE, M.L., MONTEGGIA, L.O (2001) *Pós-tratamento de efluentes anaeróbios em lagoas de polimento*. In: CHERNICHARO, C.A.L. (org.). *Pós-tratamento de efluentes anaeróbios*. PROSAB.
18. CEBALLOS, B.S.O. (2000), *Microbiologia sanitária e ambiental.in Sistemas de lagunas de estabilizacion*. McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A. Avenida de las Américas 46-41. Santa Fé de Bogotá, D.C., Colômbia.
19. CERQUEIRA, D.A, BRITO, L. L. A., GALINARI, P.C., AMARAL, G.C.M. (1999), *Perfis de ocorrências de coliformes termotolerantes e Escherichia coli em diferentes amostras de água*, In Anais eletrônicos do 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, Rio de Janeiro.
20. CHERNICHARO, C.A.L. & CARDOSO, M.R. (1999) *Development and evaluation of a partitioned upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor for the treatment of domestic sewage from small village*. *Water Science and Technology*, 40,8, pp.107-113.
21. CHERNICHARO, C.A.L. (1997). *Reatores anaeróbios*. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. 245 P.
22. CHERNICHARO, C.A.L. (2001). (coordenador) *Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios*. Projeto PROSAB. 544 P.
23. CHERNICHARO, C.A.L., ZERBINI, A.M, BITTENCOURT, R.B., (2001), *Análise comparativa das técnicas de tubos múltiplos e de substrato definido, aplicadas à identificação de coliformes em amostras de esgotos brutos e de efluentes anaeróbios*. Pós-tratamento de reatores anaeróbios - Aspectos metodológicos. Projeto PROSAB.
24. DUNCAN, W.D., RAZELL, W.E. (1972), *Klebsiella biotypes among coliforms isolated from forest environments and farm produce*. *Applied Microbiology*, v.24, n6, p.933-938.
25. EPA (1983). *Design manual. Municipal wastewater stabilization ponds*. United States Environmental Protection Agency. 327 p.
26. HINDIYEH, M.Y (1995). *Enumeration and survival studies on helminth eggs in relation to treatment of anaerobic and aerobic sludges in Jordan*. PhD Thesis, Univ. Newcastle upon Tyne, England, UK.

27. JORDÃO, E. P. PESSOA, C. A.(1995). Tratamento de esgotos domésticos ABES, 3º ed, 683 p. citado por VON SPERLING, M. (1996c). *Lagoas de estabilização. Vol. 3. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. 134 p.
28. KELLNER, E., PIRES, E.C. (1998), *Lagoas de estabilização Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*. 244 p.
29. KÖNIG, A (2000), *Biología de las lagunas de estabilización: algas. In: Sistemas de lagunas de estabilización*. MENDONÇA, S.R.(2000), McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A. Avenida de las Américas 46-41. Santa Fé de Bogotá, D.C., Colombia.
30. LOPEZ-TOREZ, A J.,HAZEN, T.C., TORANZOS, G.A.(1987), *Distribution in situ, survival and activity of Klebsiella pneumoniae and Escherichia coli in tropical rainforest watershed*. Current Microbiology, v.15, p.213-218.
31. MARA, D.M. (1997), *Manual for waste stabilization ponds in India*. Design manual for waste stabilization ponds in India, Lagoon Technology international Ltd ,121p
32. MENDONÇA, S.R.(2000), *Sistemas de lagunas de estabilización* McGRAW-HILL INTERAMERICANA, S.A. Avenida de las Américas 46-41. Santa Fé de Bogotá, D.C., Colômbia.
33. METCALF & EDDY (1981). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal & Reuse*.2ªed. New Delhi, Tata Mc Graw-Hill. 920p.
34. MINAS GERAIS. (1986). *Deliberação Normativa do COPAM N º 010, de 16 de dezembro de 1986*. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de água, e dá outras providências.
35. MIRANDA, F.J.F, *Avaliação do comportamento do nitrogênio em um sistema combinado UASB-Iodos ativados*. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.
36. PANO, A, MIDDLEBROOKS, E.J. (1982) *Ammonia nitrogen removal in facultative wastewater stabilization ponds. J. water polut. Control Fed.*, 54,344, citado por REED, C.S. *Natural systems for wastewater treatment*, Manual of practice - FD-16.
37. PAWLOWSKI, K.S. (1982). Ascariasis: Host-pathogen biology. *Infec. Dis.* 4:p 806-814. Citado por ZERBINI, A. M. & CHERNICHARO, C. A. L (2001). *Metodologia para identificação e análise de viabilidade de ovos de helmintos em esgotos brutos e tratados*. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios - Aspectos metodológicos – PROSAB 2.
38. REED S.C., (1984) *Nitrogen Removal in Wastewater Ponds* CRREL Rep. 84-13,U.S, 1984 Hanover, N.H., citado por REED, C.S. *Natural systems for wastewater treatment*, Manual of practice - FD-16.
39. REED, S. C. (1990), *Natural systems for wastewater treatment*. Manual of Practice FD-16. Water Pollution Control Federation. 270 p.
40. SOARES, A M.E, ZERBINI, A M, MELO, M.C., VON SPERLIN, M., CHERNICHARO, C.A L.(2000b). *Perfil longitudinal de Escherichia coli e ovos de helmintos em um sistema reator UASB/lagoa de polimento com chicanas*. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. AIDIS Porto Alegre, Brasil.

41. SOARES, A.M.E.; ALMEIDA, C.M.C; MELO, M.C; CHERNICHARO, C.A.L; VON SPERLING, M. (2000a). *Avaliação da remoção de coliformes em lagoas de estabilização com diferentes relações geométricas, como pós-tratamento de efluentes de um reator UASB compartimentado*. IX Simpósio Luso-Brasileiro - SILUBESA, Porto Seguro, Brasil.
42. SOARES, A.M.E.; ALMEIDA, C.M.C; MELO, M.C; CHERNICHARO, C.A.L; VON SPERLING, M. (2001a). *Avaliação da remoção complementar de matéria orgânica e nutrientes em duas lagoas de polimento atuando como pós-tratamento de um reator UASB*. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa.
43. SOARES, A.M.E.; ALMEIDA, C.M.C; MELO, M.C; CHERNICHARO, C.A.L; VON SPERLING, M. (2001b). *Avaliação da remoção de patógenos em duas lagoas de polimento atuando como pós-tratamento de um reator UASB*. In: CHERNICHARO, C.A.L. (org) Pós-tratamento de reatores anaeróbios - Coletânea de trabalhos técnicos - Vol. 2 - PROSAB 2
44. VAN HAANDEL, A.C., LETTINGA, G. (1994). *Tratamento anaeróbio de esgotos. Um manual para países de clima quente*. p. VII-4-17.
45. VIDAL W.L.(1983). *Aperfeiçoamento hidráulicos no projeto de lagoas de estabilização, visando redução da área de tratamento: uma aplicação prática*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 12, Camboriú, 20-25 novembro 1983. ABES. Citado por VON SPERLING, M. (1996c). *Lagoas de estabilização*. Vol. 3. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. 134 p.
46. VON SPERLING, M. (1996a). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. 243 p
47. VON SPERLING, M. (1996b). *Princípios básicos do tratamento de esgotos*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 211 p.
48. VON SPERLING, M. (1996c). *Lagoas de estabilização*. Vol. 3. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG. 134 p.
49. VON SPERLING, M. (1999). *Performance evaluation and mathematical modelling of coliform die-off in tropical and subtropical waste stabilisation ponds*, Water Research **33** (6), pp.1435-144.
50. VON SPERLING, M. (2000). *Proposição de modelos para a estimativa da remoção de coliformes em lagoas de estabilização, com base em dados de 33 lagoas brasileiras*, Revista Engenharia Sanitária e ambiental, Brasil, vol. 5, pp.133-152.
51. VON SPERLING, M., CHERNICHARO, C.A.L., SOARES, A.M.E., ZERBINI, A.M. (2001). *Coliform and helminth eggs removal in a combined UASB reactor – baffled pond system in Brazil: performance evaluation and mathematical modelling*. World Congress on Anaerobic Digestion, International Water Association, Antwerp, Belgium, Sep 2001.
52. VON SPERLING, M., CHERNICHARO, C.A.L., SOARES, A.M.E., ZERBINI, A.M. (2002). *Evaluation and modelling of helminth eggs removal in baffled and unbaffled ponds treating anaerobic effluent*. World Congress on waste stabilisation ponds, International Water Association, New Zeland, May 2002.

53. WHO, (2000). *Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines*. Special Theme - Environment and Health- Bulletin of the Health Organization
54. YANEZ, F. (1993). *Lagunas de estabilizacion. Teoria, diseño y mantenimiento*. 421p
55. ZERBINI, A. M. & CHERNICHARO, C. A. L (2001). *Metodologia para identificação e análise de viabilidade de ovos de helmintos em esgotos brutos e tratados*. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios - Aspectos metodológicos – PROSAB 2.
56. ZERBINI, A. M. (2000). *Identificação e análise de viabilidade de ovos de helmintos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos constituído de reatores anaeróbios e rampas de escoamento superficial*. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.

## 8 ANEXOS

### Planilhas de resultados de análises e dados de monitoramento:

- *E. coli* - Coliformes totais
- Ovos de helmintos
- DBO
- BQO total e filtrada
- Fósforo
- Vazão
- SS totais, SS fixos, SS voláteis, S sedimentáveis
- Nitrato, amônia, NTK, Nitrogênio orgânico, Nitrogênio total
- pH
- Temperatura
- Oxigênio dissolvido

PLANILHA DE <i>E. coli</i> e Coliformes totais - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA										
Nº	Data	Dias exp	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 ml)				Coliformes totais (NMP/100 ml)			
			UASB		Lagoas		UASB		Lagoas	
			Afluente	Efluente	sem Chic	com Chic	Afluente	Efluente	sem Chic	com Chic
1	01/09/99	21	2,00E+07	1,80E+07	6,80E+05	1,60E+05	1,90E+08	9,30E+07	5,50E+06	2,00E+06
2	08/09/99	28	2,40E+07	1,00E+07	5,20E+04	2,00E+05	2,10E+08	2,60E+07	7,00E+05	8,30E+05
3	29/09/99	49	5,50E+08	3,50E+08	9,30E+05	4,10E+04	2,40E+09	1,70E+09	2,20E+07	9,60E+05
4	05/10/99	55	1,20E+08	9,80E+06	6,00E+05		1,20E+09	6,10E+07	5,30E+06	
5	14/10/99	64	4,10E+08	2,40E+08	1,20E+07		2,40E+09	1,70E+09	7,80E+07	
6	10/11/99	91	4,90E+08	7,80E+07	4,00E+07		2,00E+09	3,10E+08	1,50E+08	
7	23/11/99	104	3,40E+09	8,00E+07	1,00E+06		1,00E+10	3,00E+08	1,00E+06	
8	25/11/99	106	9,30E+09	5,80E+08		8,20E+06	5,70E+10	2,40E+09		2,40E+07
9	19/01/00	161	3,20E+09	1,20E+07		2,80E+06	9,60E+09	2,90E+07	2,00E+07	1,00E+00
10	26/01/00	168	1,00E+09	2,20E+08	7,40E+05	4,10E+06	4,40E+09	9,20E+08	1,90E+07	6,70E+06
11	16/02/00	189	4,10E+09	4,10E+08	8,80E+08	3,90E+08	2,40E+10	1,20E+09	1,10E+09	5,80E+09
12	23/02/00	196	2,30E+10	1,40E+08	1,00E+07	4,10E+07	2,40E+11	8,80E+08	4,10E+07	1,40E+08
13	01/03/00	203	7,20E+09	1,80E+08	1,00E+07	1,00E+07	4,20E+10	7,80E+08	1,30E+08	3,70E+08
14	16/03/00	218	4,60E+09	7,10E+08	6,30E+05	2,00E+06	2,40E+10	2,10E+09	8,40E+06	1,60E+07
15	21/03/00	223	5,40E+08	8,00E+07	8,60E+05	1,83E+06	7,70E+09	5,17E+08	9,88E+06	9,06E+06
16	28/03/00	230	4,50E+09	1,70E+08	2,10E+06	5,00E+06	2,40E+10	1,60E+09	2,90E+07	4,90E+07
17	04/04/00	237	2,90E+09	6,10E+08	6,00E+06	6,30E+05	1,20E+10	1,30E+09	2,70E+07	2,20E+06
18	11/04/00	244	4,90E+09	1,40E+08	1,10E+07	6,30E+06	9,80E+09	3,10E+08	2,90E+07	1,80E+07
19	18/04/00	251	6,10E+09	4,40E+08	3,10E+06	1,50E+06	2,10E+10	1,00E+09	1,10E+07	6,70E+06
20	25/04/00	258	3,30E+09	5,00E+07	2,00E+06	4,20E+06	1,20E+10	1,50E+08	4,90E+06	1,60E+07
21	06/06/00	300	1,70E+09	1,90E+08	5,80E+06	4,20E+06	5,20E+09	6,50E+08	1,30E+07	1,60E+07
22	04/07/00	328	7,70E+08	4,70E+07	2,30E+06	1,40E+07	1,90E+09	5,50E+08	6,50E+06	4,40E+07
23	11/07/00	335	1,70E+09	8,70E+08	1,30E+07	7,80E+06	7,30E+09	1,60E+09	3,40E+07	3,40E+07
24	18/07/00	342	2,00E+09	3,70E+08	5,50E+06	9,10E+06	1,20E+10	1,10E+09	1,80E+07	3,40E+07
25	25/07/00	349	4,20E+08	3,30E+08	5,70E+06	4,10E+06	2,50E+09	9,20E+08	1,50E+07	2,20E+07
26	01/08/00	356	2,80E+09	6,50E+08	1,50E+07	9,60E+06	9,80E+09	2,00E+09	4,40E+07	3,10E+07
27	08/08/00	363	8,20E+08	3,40E+08	2,20E+06	7,40E+06	4,10E+09	8,70E+08	8,10E+06	1,90E+07
28	22/08/00	377	2,90E+09	4,30E+07	1,90E+06	2,10E+06	2,90E+09	4,30E+07	1,90E+06	2,10E+06
29	29/08/00	384	9,60E+08	9,60E+07	1,20E+06	4,50E+06	4,60E+09	3,10E+08	7,10E+06	1,60E+07
30	05/09/00	391	4,00E+08	7,90E+07	5,10E+06	5,10E+06	7,10E+08	1,10E+08	7,50E+06	9,60E+06
31	12/09/00	398	5,50E+08	8,90E+07	1,10E+06	3,50E+06	1,10E+09	1,10E+08	2,00E+06	5,20E+06
32	19/09/00	405	2,00E+07	8,10E+07	2,90E+06	3,60E+06	4,10E+07	1,20E+08	6,00E+06	7,00E+06
33	26/09/00	412	3,30E+08	7,70E+08	9,30E+06	1,50E+07	1,20E+09	1,40E+09	1,90E+07	3,10E+08
34	03/10/00	419	8,10E+08	1,10E+07	7,40E+05	3,10E+06	4,60E+09	3,90E+08	2,50E+06	1,10E+07
35	17/10/00	433	9,70E+07	3,10E+07	5,20E+05	1,10E+06	3,50E+08	9,90E+07	1,20E+06	2,50E+06
36	24/10/00	440	9,60E+07	7,40E+06	2,00E+05	3,40E+05	2,20E+08	2,50E+07	7,40E+05	1,10E+07
37	31/10/00	447	9,60E+07	7,40E+06	2,00E+05	3,40E+06	2,20E+08	2,50E+07	7,40E+05	1,10E+07
38	14/11/00	461	1,60E+08	5,50E+07	2,10E+07	5,20E+05	1,70E+09	1,70E+08	6,70E+06	1,70E+06
39	21/11/00	468	1,20E+09	1,10E+08	1,00E+05	3,10E+05	6,10E+09	5,50E+08	6,30E+05	6,30E+05
40	28/11/00	475	4,10E+08	1,00E+08		1,00E+05	1,10E+09	4,60E+08	3,10E+05	7,40E+05
41	05/12/00	482	4,10E+07	1,60E+07	2,00E+05	5,20E+05	1,70E+08	2,90E+07	4,10E+05	1,20E+06
42	12/12/00	489	5,70E+08	2,30E+07	4,10E+05	2,00E+05	1,50E+09	5,50E+07	5,20E+05	6,30E+05
43	31/01/01	539	1,90E+08	9,80E+06			2,10E+09	9,10E+07		1,90E+06
44	07/02/01	546	1,00E+07	3,90E+07	1,00E+05	6,30E+05	1,50E+08	1,20E+08	1,00E+05	3,50E+06

<b>PLANILHA DE <i>E. coli</i> e Coliformes totais - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA</b>										
Nº	Data		<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 ml)				Coliformes totais (NMP/100 ml)			
			UASB		Lagoas		UASB		Lagoas	
			Afluente	Efluente	sem Chic	com Chic	Afluente	Efluente	sem Chic	com Chic
45	21/02/01	560	2,70E+09	3,70E+08	6,30E+05	2,70E+06	1,40E+10	1,40E+09	1,00E+07	1,30E+07
46	06/03/01	573	2,00E+08	2,50E+08	1,00E+04	2,00E+04	4,70E+08	7,30E+08	3,30E+05	1,40E+05
47	21/03/01	588	7,00E+08	7,70E+07	7,30E+03	5,50E+05	3,40E+09	6,90E+08	6,50E+05	2,00E+06
48	28/03/01	595	3,50E+08	3,70E+07	5,90E+04	4,90E+05	8,20E+09	2,00E+08	2,60E+05	1,30E+06
49	04/04/01	602	2,80E+08	2,70E+08	9,20E+05	1,60E+05	4,40E+09	1,30E+09	2,40E+06	5,50E+06
50	11/04/01	609	1,90E+08	4,40E+08	2,00E+04	7,40E+04	3,30E+09	1,30E+09	7,50E+05	9,60E+05
51	18/04/01	616	7,10E+08	5,50E+08	3,00E+04	6,30E+03	6,90E+09	1,70E+09	2,40E+06	1,80E+04
52	25/04/01	623	2,00E+08	1,90E+07	7,40E+03	3,80E+04	1,10E+09	5,20E+07	5,80E+04	1,10E+05
53	02/05/01	630	4,30E+08	1,20E+08	1,80E+04	6,30E+03	1,80E+09	2,90E+08	2,40E+04	1,10E+04
54	09/05/01	637	9,60E+08	2,30E+08	8,40E+04	2,10E+05	3,70E+09	5,20E+08	3,90E+05	5,50E+05
55	23/05/01	651	1,10E+09	2,10E+08	6,50E+05	9,80E+05	3,90E+09	5,20E+08	1,30E+06	2,40E+06

<b>PLANILHA OVOS DE HELMINTOS (OVO/L) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA</b>						
Nº dados	Data	Dias de experimento	UASB		Lagoas	
			Afluente	Efluente	sem Chic	com Chic
1	08/09/99	28	17,00	17,00	0,00	0,00
2	05/10/99	55	120,00	16,00	0,00	0,00
3	10/11/99	91	720,00	68,00	0,00	0,00
4	25/11/99	106	160,00	47,00	0,00	0,00
5	02/02/00	175	200,00	48,00	0,00	0,00
6	21/03/00	223	53,00	13,00	0,00	0,00
7	28/03/00	230	320,00	45,00	0,00	0,00
8	04/04/00	237	50,00	9,00	0,00	0,00
9	11/04/00	244	27,00	32,00	0,00	1,00
10	18/04/00	251	50,00	16,00	0,00	0,00
11	25/04/00	258	0,00	2,00	0,00	0,00
12	02/05/00	265	40,00	4,64	0,00	0,00
13	09/05/00	272	0,00	18,64	0,00	0,00
14	16/05/00	279	133,20	10,00	3,99	0,00
15	23/05/00	286	60,00	28,00	0,00	0,00
16	30/05/00	293	25,00	15,00	6,00	0,00
17	06/06/00	300	53,20	12,00	0,00	0,00
18	14/06/00	308	46,60	8,30	0,00	0,00
19	20/06/00	314	69,90	12,00	0,00	0,00
20	27/06/00	321	26,60	6,00	0,00	0,00
21	04/07/00	328	86,60	12,00	1,32	0,66
22	11/07/00	335	109,80	24,00	0,00	0,00
23	18/07/00	342	49,80	3,30	0,00	0,00
24	25/07/00	349	39,90	15,96	0,00	0,00
25	01/08/00	356	93,20	20,74	0,00	3,88
26	08/08/00	363	120,00	0,00	0,00	0,99
27	29/08/00	384	90,00	3,32	0,00	0,50
28	26/09/00	412	27,60	12,00	0,00	0,00
29	18/10/00	434	300,00	18,00	0,00	0,00
30	31/10/00	447	16,50	12,50	0,00	0,00
31	22/11/00	469	13,20	5,30	0,00	0,00
32	06/12/00	483	20,00	1,33	0,00	0,00
33	14/02/01	553	20,00	0,00	0,00	0,00
34	07/03/01	574	10,00	1,32	0,00	0,00
35	21/03/01	588	79,80	3,90	0,00	0,00
36	28/03/01	595	10,00	0,00	0,00	0,00
37	04/04/01	602	10,00	3,54	0,00	0,00
38	11/04/01	609	0,00	8,30	0,00	0,00
39	18/04/01	616	73,20	2,64	0,00	0,00
40	25/04/01	623	6,60	4,00	0,00	0,00
41	02/05/01	630	10,00	5,32	0,00	0,00
42	09/05/01	637	0,00	0,00	0,00	0,00
43	16/05/01	644	46,60	15,00	0,00	0,00
44	23/05/01	651	46,66	4,66	0,00	0,00

PLANILHA DE DBO (mg/l) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA						
Nº dados	Data	Dias de experimento	UASB		Lagoas	
			Afluente	Efluente	sem Chic	com Chic
1	21/03/00	223	596	211	39	34
2	28/03/00	230	310	196	63	55
3	04/04/00	237	460	223	63	53
4	06/04/00	239	410	120	90	60
5	11/04/00	244	301	145	64	50
6	13/04/00	246	570	210	120	20
7	18/04/00	251	231	158	46	86
8	25/04/00	258	459	258	93	71
9	27/04/00	260	570	70	90	90
10	02/05/00	276	279		64	66
11	04/05/00	267	420	310	110	60
12	09/05/00	272	295	179	70	68
13	11/05/00	274	470	320	210	206
14	16/05/00	290	419		112	100
15	18/05/00	281	380	190	80	130
16	23/05/00	286	337	228	60	78
17	25/05/00	288	520	340	300	300
18	08/06/00	302	510	340	340	270
19	13/06/00	307	291	272	88	104
20	15/06/00	320	160	160	100	
21	20/06/00	325	120	172	77	
22	27/06/00	321	600	285	112	160
23	29/06/00	323	380	160	190	190
24	04/07/00	328	250	218	98	84
25	06/07/00	330	280	220	120	170
26	11/07/00	335	322	161	67	103
27	13/07/00	337	230	150	90	110
28	18/07/00	342	530	337	125	163
29	20/07/00	344	190	140	50	150
30	25/07/00	349	442	253	107	146
31	27/07/00	362	220	270	160	120
32	01/08/00	356	432	253	142	115
33	03/08/00	369	420	130	170	260
34	08/08/00	363	337	233	110	107
35	10/08/00	365	360	200	170	240
36	15/08/00	381	172	187	145	57
37	17/08/00	372	400	360	170	240
38	22/08/00	377	481	187	90	72
39	24/08/00	390	120	130	150	110
40	29/08/00	384	350	234	81	138
41	05/09/00	391	290	174	78	55
42	12/09/00	398	572	224	82	100
43	14/09/00	400	300	180	120	100
44	19/09/00	405	190	224	88	133
45	21/09/00	407	200	190	170	90
46	26/09/00	412	140	124	111	79
47	28/09/00	414	220	120	211	233
48	03/10/00	419	283	164	86	60
49	05/10/00	421	170	160	40	40
50	17/10/00	433	263	158	44	73
51	19/10/00	435	130	130	60	110
52	24/10/00	440	425	303	69	35
53	26/10/00	442	250	200	20	120
54	01/11/00	448	274	88	74	68

PLANILHA DE DBO (mg/l) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA						
Nº dados	Data	Dias de experimento	UASB		Lagoas	
			Afluente	Efluente	sem Chic	com Chic
55	07/11/00	454	686	412	206	203
56	14/11/00	461	686	412	206	203
57	16/11/00	463	140	80	60	90
58	21/11/00	468	231	140	50	33
59	23/11/00	470	600	130	90	100
60	28/11/00	475	279	172	47	38
61	30/11/00	477	200	50	90	90
62	05/12/00	482	183	86	41	41
63	07/12/00	484	90	80	50	50
64	12/12/00	489	183	86	41	41
65	14/12/00	491	250	90	20	70
66	07/02/01	546	348	122	57	60
67	14/02/01	553	241	113	49	36
68	15/02/01	554	130	110	40	70
69	22/02/01	561	170	100	10	80
70	07/03/01	574	246	117	34	38
71	08/03/01	575	300	150	100	70
72	14/03/01	581	271	123	32	76
73	15/03/01	582	150	80	40	50
74	21/03/01	588	286	100	41	68
75	22/03/01	589	220	90	110	70
76	28/03/01	595	209	90	60	57
77	29/03/01	596	150	70	60	110
78	04/04/01	602	166	100	24	96
79	05/04/01	603	310	120	60	160
80	11/04/01	609	248	143	63	83
81	18/04/01	616	225	129	22	43
82	25/04/01	623	243	140	32	26
83	26/04/01	624	170	90	100	70
84	02/05/01	630	210	140	140	160
85	03/05/01	631	175	147	38	67
86	09/05/01	637	134	122	46	90
87	10/05/01	638	250	80		
88	16/05/01	644	250	126	57	81
89	17/05/01	645	720	130	170	70
90	23/05/01	651	154	127	75	66
91	24/05/01	652	190		80	20
92	21/06/01	680	450	110	20	
93	28/06/01	687	414	90	80	

PLANILHA DE DQO - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA										
Nº de dados	Data	Dias de experimento	DQO total (m/L)				DQO filtrada(m/L)			
			UASB		Lagoas		UASB		Lagoas	
			Afluente	Efluente	sem Chic	com Chic	Afluente	Efluente	sem Chic	com Chic
1	08/03/00	210	680	337	305	237	188	204	127	65
2	15/03/00	217	257	229	222	245	136	70	88	15
3	21/03/00	223	435	212	148	236	146	118	65	56
4	28/03/00	230	288	242	180	212	219	155	40	68
5	04/04/00	237	764	382	195	261	218	158	77	87
6	11/04/00	244	692	343	311	242	247	174	103	105
7	18/04/00	251	690	341	319	195	244	197	74	64
8	25/04/00	258	651	424	295	128	308	150	64	110
9	02/05/00	265	288	257	282	181	99	156	79	84
10	04/05/00	267	896	515	137	307	246	253	60	237
11	09/05/00	272	382	203	168	202	156	105	53	63
12	11/05/00	274	999	375	166	206	275	145	53	67
13	16/05/00	279	423	292	165	190	138	97	83	65
14	18/05/00	281	800	420	150	220	250	130	51	89
15	23/05/00	286	760	393	231	229	174	174	76	72
16	25/05/00	288	848	558	370	320	366	312	54	90
17	30/05/00	293	192	144	165	264	84	72	46	75
18	06/06/00	300	564	249	243	377	181	121	12	39
19	08/06/00	302	823	439	390	488	245	290	258	207
20	13/06/00	307	239	195	208	141	67	45	70	25
21	15/06/00	309	539	315	289	348	211	139	121	128
22	20/06/00	314	538	289	318	261	170	141	101	98
23	27/06/00	321	403	284	244	197	170	113	72	63
24	29/06/00	323	810	520	369	198	480	237	104	93
25	04/07/00	328	457	362	225	270	155	166	90	94
26	06/07/00	330	535	422	306	540	181	192	158	213
27	11/07/00	335	325	212	212	163	186	130	100	93
28	13/07/00	337	541	250	242	657	148	150	124	202
29	18/07/00	342	605	546	479	410	202	202	82	85
30	20/07/00	344	528	371	189	368	187	127	54	49
31	25/07/00	349	383	258	286	185	98	136	85	69
32	27/07/00	351	455	312	289	385	243	131	109	16
33	01/08/00	356	496	279	968	621	187	120	61	97
34	03/08/00	358	815	294	324	448	178	108	74	244
35	08/08/00	363	470	416	326	188	123	108	57	54
36	10/08/00	365	641	414	345	349	240	191	172	224
37	15/08/00	370	325	257	679	165	97	104	67	39
38	17/08/00	372	575	372	519	285	196	193	112	178
39	22/08/00	377	478	192	294	132	112	91	39	60
40	24/08/00	379	492	332	323	450	125	190	127	318
41	29/08/00	384	553	334	228	270	197	179	122	118
42	05/09/00	391	320	240	212	220	136	124	75	90
43	12/09/00	398	224	470	258	199	177	93	65	73
44	14/09/00	400	444	228	233	428	123	70	123	353

PLANILHA DE DQO - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA										
Nº de dados	Data	Dias de experimento	DQO total (m/L)				DQO filtrada (m/L)			
			UASB		Lagoas		UASB		Lagoas	
			Afluentes	Efluentes	sem Chic	com Chic	Afluentes	Efluentes	sem Chic	com Chic
45	21/09/00	407	309	463	147	340		38	81	186
46	26/09/00	412	461	337	304	210	149	108	102	79
47	28/09/00	414	357	396	211	233	111	131	137	125
48	03/10/00	419	547	531	510	606			93	42
49	05/10/00	421	377	231	189	509		37	118	212
50	17/10/00	433	403	221	245	278	113	83	24	33
51	19/10/00	435	429	213	262	242	76	18		137
52	24/10/00	440		258	186	116		164	101	46
53	26/10/00	442	1024	359	268	404	227	160	175	152
54	31/10/00	447	334	111	95	115				
55	09/11/00	456	604	218	251	198	181	97	96	18
56	16/11/00	463	335	137	192	191	150	21	63	20
57	21/11/00	468	547	267	195	299	133	76	39	53
58	23/11/00	470	668	292	231	359	176	148	12	60
59	28/11/00	475	464	232	225	221	74	71	74	46
60	30/11/00	477	463	190	153	154	89	40	11	10
61	05/12/00	482	417	195	167	97	219	100	20	10
62	07/12/00	484	229	83	73	83	38	10	20	10
63	12/12/00	489	218	102	152	102	43	51	45	56
64	14/12/00	491	546	140	164	169	225	70	46	94
65	19/12/00	496	222	143	159	166	106	61	33	38
66	07/02/01	546	569	246	280	239	253	161	81	131
67	14/02/01	553	541	319	242	188	245	178	80	95
68	15/02/01	554	399	211	50	147	121	105	28	66
69	21/02/01	560	924	246	227	253	159	157	68	44
70	22/02/01	561	338	150	10	133	177	74		70
71	07/03/01	574	215	232	109	233	130	62		76
72	08/03/01	575	695	185	174	243	206	64	81	85
73	14/03/01	581	337	202	125	250	224	153	97	55
74	15/03/01	582	285	156	137	176	142	100	82	114
75	21/03/01	588	485	177	113	240	158	93	53	13
76	22/03/01	589	516	289	112	129	286	157	73	33
77	28/03/01	595	439	262	187	192	132	187	121	124
78	29/03/01	596	198	153	166	309	84	104	130	94
79	04/04/01	602	383	224	156	274	198	146		149
80	05/04/01	603	866	164	90	277	144	71	57	120
81	11/04/01	609	713	253	155	410	122	107	81	33
82	18/04/01	616	507	210	194	313	194	144	87	144
83	19/04/01	617	453	247	434	180	205	117	100	65
84	25/04/01	623	582	301	137	195	281	164	101	46
85	26/04/01	624	352	133	185	186	92	53	26	
86	02/05/01	630	224	179	143	210	107	94	62	76
87	03/05/01	631	657	298	308	273	192	160	123	57
88	09/05/01	637	347	163	80	190	71	142	59	105

<b>PLANILHA DE DQO - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA</b>										
Nº de dados	Data	Dias de experimento	DQO total (m/L)				DQO filtrada (m/L)			
			UASB		Lagoas		UASB		Lagoas	
			Afluente	Efluente	sem Chic	com Chic	Afluente	Efluente	sem Chic	com Chic
89	10/05/01	638	315	191	183	227	124	31	43	29
90	16/05/01	644	149	111	97	154	46	62	67	75
91	17/05/01	645	1261	106	104	84	110	10	10	10
92	24/05/01	652	435		136	158	82		10	10
93	21/06/01	680	803	150	46		97	7	10	
94	28/06/01	687	1026	123	163		214	47	32	

<b>PLANILHA DE FÓSFORO (mg/l) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA</b>						
Nº dados	Data	Dias de experimento	UASB		Lagoas	
			Afluente	Efluente	sem Chic	com Chic
1	11/04/00	244	4,3	4,8	0,4	3,4
2	18/04/00	251	2,1	2,9		1,1
3	25/04/00	258	7,1	6,3	0,2	1,3
4	02/05/00	265	3,3	4,0	0,9	1,2
5	16/05/00	279	1,6	1,3		0,3
6	23/05/00	286	2,8	4,7	2,4	0,8
7	30/05/00	293	2,3	5,1	3,3	3,6
8	06/06/00	300	3,4	4,9	3,6	4,6
9	13/06/00	307	6,9	4,9	2,4	4,7
10	20/06/00	314	2,3	4,3	3,0	4,0
11	27/06/00	321	5,4	3,6	3,7	4,8
12	04/07/00	328	3,9	4,9	4,3	4,8
13	18/07/00	342	5,7	6,4	4,5	6,5
14	25/07/00	349	4,7	5,5	3,4	4,4
15	01/08/00	356	4,8	4,9	4,6	5,0
16	08/08/00	363	3,8	4,9	2,8	4,3
17	15/08/00	370	2,8	4,1	2,3	4,7
18	29/08/00	384	4,7	5,0	4,3	5,8
19	12/09/00	398	5,0	3,3	2,9	3,6
20	19/09/00	405	3,6	4,3	2,8	5,0
21	03/10/00	419	4,3	4,9	0,9	4,0
22	24/10/00	440	5,9	3,3	3,5	5,1
23	31/10/00	447	4,2	5,7	3,7	4,9
24	14/11/00	461		4,3	0,5	2,9
25	21/11/00	468	2,9	3,2		1,4
26	28/11/00	475	3,2	5,1	2,4	3,6
27	05/12/00	482	3,4	4,8	1,8	2,2
28	07/03/01	574	6,0	4,9	4,2	4,3
29	21/03/01	588	5,5	3,3	2,0	3,3
30	28/03/01	595	1,9	2,0	2,0	2,1
31	04/04/01	602	6,0	6,2	5,2	5,2
32	11/04/01	609	6,7	4,5	4,0	3,4
33	18/04/01	616	4,5	4,9	4,2	4,4
34	25/04/01	623	5,5	5,6	3,2	3,8
35	02/05/01	630	5,1	4,7	4,8	4,2
36	09/05/01	637	4,9	4,6	4,5	4,6

PLANILHA DE SÓLIDOS - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA																		
Nº dado s	Data	Dias exp.	SS totais (mg/L)				SS Fixos (mg/L)				SS voláteis (mg/L)				Sólidos sedimentáveis (mL/L)			
			UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		UASB		Lagoas	
			afluente	efluente	Sem chic	Com chic	afluente	efluente	Sem chic	Com chic	afluente	efluente	Sem chic	Com chic	afluente	efluente	Sem chic	Com chic
1	15/03/00	217	122	44	40	35	23	12	9	38	99	32	31					
2	23/03/00	225	273	120	240	15									4,0	0,1	0,5	<0,2
3	30/03/00	232	336	70	20	4	54	15	3	1	282	55	17	3	5,5	0,7	0,1	<0,2
4	04/04/00	237	800	216	254	228	407	68	120	102	393	148	134	126				
5	11/04/00	244	397	130	202	144	77	28	52	16	320	102	150	128				
6	18/04/00	251	930	174	164	364	177	38	64	26	753	136	100	338	7,6	1,3	0,3	0,1
7	25/04/00	258	327	172	190	106	67	28	40	28	260	144	150	78	8,5	0,5	0,2	0,1
8	27/04/00	260	194	128	36	184	82	30	7	38	112	98	29	146	3,5	1,3	0,2	0,1
9	02/05/00	265	250	128	264	126	43	24	64	16	207	104	200	110	3,9	0,8	0,1	0,1
10	04/05/00	267	225	167	34	23	36	27	20	6	189	140	14	17	9,5	1,5	<0,2	<0,2
11	09/05/00	272	277	133	60	100	97	30	6	30	180	103	54	70	9,5	1,5	0,1	0,1
12	11/05/00	274	754	54	42	263	124	11	9	48	630	43	33	215	10,0	1,0	<0,2	0,2
13	16/05/00	279	307	140	160	120	60	22	32	24	247	118	128	96	6,5	1,5	0,1	0,1
14	18/05/00	281	662	63	40	130	106	13	5	21	556	50	35	109	9,0	0,8	0,2	0,2
15	23/05/00	286	500	153	154	114	87	30	44	26	413	123	110	88	7,5	0,9	0,1	0,1
16	25/05/00	288	338	164	117	131	61	30	20	24	277	135	97	107	6,5	0,8	0,2	<0,2
17	30/05/00	293	262	160	152	116	42	34	36	12	220	126	116	104	5,0	1,2	0,1	0,1
18	06/06/00	300	400	223	233	188	93	40	50	10	307	183	183	178	3,5	0,9	0,1	0,3
19	08/06/00	302	219	122	119	386	39	22	21	70	180	100	98	316	6,0	0,9	0,2	<0,2
20	13/06/00	307	323	224	210	76	82	28	42	8	241	196	168	68				
21	15/06/00	309	108	39	74	91	20	8	14	17	88	31	60	74	3,5	0,4	0,2	0,2
22	20/06/00	314	275	102	184	136	75	14	36	4	200	88	148	132	4,5	0,6	0,1	0,5
23	27/06/00	321	453	237	214	122	87	40	34	6	366	197	180	116	7,5	3,5	0,1	0,1
24	29/06/00	323	169	162	176	218	31	30	32	40	138	132	144	178	6,0	1,5	0,2	0,1
25	04/07/00	328	227	160	95	108	40	20	23	28	187	140	72	80	4,0	0,7	0,1	0,1
26	06/07/00	330	138	92	96	201	25	17	18	37	113	75	78	164	4,5	0,6	<0,2	0,2
27	13/07/00	337	214	93	96	236	39	17	18	43	175	76	78	193	4,5	0,2	0,2	0,2
28	18/07/00	342	194	104	98	44	42	18	8	2	152	86	90	42	2,0	1,5	0,1	0,2
29	20/07/00	344	286		96	238	52		18	43	234		78	195	3,5	1,0	0,2	0,3
30	25/07/00	349	254	108	152	96	48	8	8	2	206	100	144	94	9,0	1,3	0,3	0,1
31	27/07/00	351	209	108	89	139	38	20	17	26	171	88	72	113	3,0	0,3	<0,2	0,2

PLANILHA DE SÓLIDOS - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA																		
Nº dados	Data	Dias exp.	SS totais (mg/L)				SS Fixos (mg/L)				SS voláteis (mg/L)				Sólidos sedimentáveis (mL/L)			
			UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		UASB		Lagoas	
			afluente	efluente	Sem chic	Com chic	afluente	efluente	Sem chic	Com chic	afluente	efluente	Sem chic	Com chic	afluente	efluente	Sem chic	Com chic
32	01/08/00	356	238	110	178	62	38	8	38	6	200	102	140	56	3,5	0,7	10,0	<0,1
33	03/08/00	358	273	128	168	58	50	24	31	11	223	104	137	47	9,0	0,9	0,1	<0,2
34	08/08/00	363	348	160	200	110	67	32	30	18	281	128	170	92	3,2	0,5	0,1	0,2
35	10/08/00	365	216	38	120	67	39	7	22	13	177	31	98	54	5,0	0,4	0,1	<0,2
36	15/08/00	370	183	135	620	58	38	23	100	6	145	112	520	52	2,1	0,1		<0,1
37	17/08/00	372	111	82	134	59	20	15	25	11	91	67	109	48	4,0	0,3	0,1	0,1
38	22/08/00	377													1,6	0,5	<0,1	<0,1
39	24/08/00	379	117	123	413	43	22	23	75	8	95	100	338	35	4,0	0,4	0,1	<0,2
40	29/08/00	384	255	134	132	80	53	26	22	10	202	108	110	70	6,0	0,5	<0,1	<0,1
41	05/09/00	391	295	148	118	112									6,0	0,7	<0,1	<0,2
42	12/09/00	398	710	270	170	75	195	67	50	7	515	203	120	68				
43	14/09/00	400	229	60	90	128	42	11	17	24	187	49	73	104	3,5	0,2	<0,2	<0,2
44	21/09/00	407	167	100	101	160	31	18	19	29	136	82	82	131	4,5	0,5	0,2	<0,2
45	28/09/00	414	160		290	122	29		53	22	131		237	100	2,6	1,5	0,1	<0,2
46	05/10/00	421	225	81	135	167	41	15	25	31	184	66	110	136	5,0	0,4	0,4	0,5
47	10/10/00	426	595	237	133	193	155	87	10	80	440	150	123	113	1,7	2,0	0,3	0,1
48	17/10/00	433	116	64	116	60	26	16	32	2	90	48	84	58	12,0	3,2	0,4	0,1
49	19/10/00	435	176	65	110	212	32	12	20	39	144	53	90	173	5,0	0,3	0,1	0,5
50	24/10/00	440	960	120	120	108	317	28	14	12	643	92	106	96	21,0	0,4	0,1	0,1
51	26/10/00	442	792	81	122	214	113	15	22	39	679	66	100	175	9,5	0,4	<0,2	0,2
52	31/10/00	447	357	110	128	118	60	15	20	5	297	95	108	113				
53	09/11/00	456	268	85	269	94	49	41	49	17	219	44	220	77	4,5	1,0	0,5	0,1
54	16/11/00	463	430	69	120	117	95	15	26	26	335	54	94	91	7,0	0,3	0,5	0,7
55	21/11/00	468	190	58	120	50	46	14	34	10	144	44	86	40	3,5	0,3	0,1	0,1
56	23/11/00	470	328	81	152	168	66	21	38	37	262	60	114	131	6,0	0,2	0,3	0,3
57	30/11/00	477	292	68	140	101	73	17	34	26	219	51	106	75	4,0	1,0	0,4	<0,1
58	05/12/00	482	260	134	124	118	98	32	10	5	162	102	114	113	4,0	1,4	0,1	0,0
59	07/12/00	484	112	37	85	37	25	8	22	7	87	29	63	30	2,0	0,1	0,1	<0,2
60	12/12/00	489	106	14	44	50	32	2	2	4	74	12	42	46				
61	14/12/00	491	364	118	143	61	91	26	36	15	273	92	107	46	20,0	<0,2	0,2	0,1
62	19/12/00	496	226	96	84	100	76	28	18	16	150	68	66	84				

PLANILHA DE SÓLIDOS - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA																		
Nº dados	Data	Dias exp.	SS totais (mg/L)				SS Fixos (mg/L)				SS voláteis (mg/L)				Sólidos sedimentáveis (mL/L)			
			UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		UASB		Lagoas	
			afluente	efluente	Sem chic	Com chic	afluente	efluente	Sem chic	Com chic	afluente	efluente	Sem chic	Com chic	afluente	efluente	Sem chic	Com chic
63	07/02/01	546	276	76	148	96	66	15	15	10	210	61	133	86	4,5	0,5	<0,1	<0,1
64	14/02/01	553	208	84	150	110	38	22	38	16	170	62	112	94	3,5	0,2	<0,1	<0,1
65	15/02/01	554	135	57	137	74	25	10	22	6	110	47	115	68	8,5	0,7	0,2	<0,2
66	21/02/01	560	847	51	132	142	271	12	18	26	576	39	114	116	9,0	<0,1	<0,1	<0,1
67	22/02/01	561	254	35	116	135	45	7	18	14	209	28	98	121	4,5	0,1	0,3	<0,2
68	06/03/01	573	87	56	58	129	14	11	8	28	73	45	50	101	0,6	<0,1	<0,1	<0,1
69	08/03/01	575	404	68	40	147	81	14	9	30	323	54	31	117	7,0	<0,2	<0,2	<0,2
70	14/03/01	581	96	70	70	102	11	10	12	12	85	60	58	90	1,1	<0,1	<0,1	<0,2
71	15/03/01	582	141	40	24	10	31	9	4	2	110	31	20	8	0,2	<0,2	<0,2	<0,2
72	21/03/01	588	238	56	114	172	48	11	22	42	190	45	92	130	6,5	<0,1	<0,1	0,0
73	22/03/01	589	110	32	7	132	25	4	1	10	85	28	6	122	4,5	<0,2	<0,2	0,1
74	28/03/01	595	114	54	15	122	16	10	2	22	98	44	13	100	1,8	<0,1	<0,1	<0,1
75	29/03/01	596	160	45	13	122	32	10	2	36	128	35	11	86	1,5	<0,2	<0,2	<0,2
76	04/04/01	602	150	62	24	108	42	15	7	16	108	47	17	92	1,9	<0,1	<0,1	<0,1
77	05/04/01	603	504	40	14	101	101	9	2	20	403	31	12	81	9,0	<0,2	<0,2	<0,2
78	11/04/01	609		116	23	102		16	0	8		100	23	94	4,5	<0,1	<0,1	<0,1
79	18/04/01	616	144	58			30	35			114	23			2,8	<0,1	<0,1	<0,1
80	19/04/01	617	100	38	10	69	23	9	2	14	77	29	8	55	1,5	<0,2	<0,2	<0,2
81	25/04/01	623	162	41	13	80	28	7	3	8	134	34	10	72	6,5	<0,1	<0,1	<0,1
82	26/04/01	624	228	32	6	92	46	7	2	19	182	25	4	73	4,5	<0,2	<0,2	<0,2
83	02/05/01	630	54	46	36	152	14	13	14	52	40	33	22	100	0,5	<0,1	<0,1	<0,1
84	03/05/01	631	222	54	28		50	12	5		172	42	23		2,5	<0,2	<0,2	<0,2
85	08/05/01	636	67	51	45	153	13	10	11	23	54	41	34	130	0,2	<0,1	<0,1	<0,1
86	10/05/01	638	43	30	24	100	9	4	6	17	34	26	18	83	0,2	<0,2	<0,2	<0,2
87	16/05/01	644	190	95	97	160	37	7	3	20	153	88	94	140	1,6	<0,1	<0,1	<0,1
88	17/05/01	645	735	47	60	77	177	15	5	18	558	32	55	59	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
89	23/05/01	651	100	55	120	230	22	7	10	30	78	48	110	200	1,2	<0,1	<0,1	<0,1
90	24/05/01	652	214		89	124	47		20	28	167		69	96	3		<0,2	<0,2
91	21/06/01	680	386	32	22		84	5	6		302	27	16		5	<0,2	<0,2	
92	28/06/01	687	642	18	34		141	7	8		501	11	26		5,5	0,1	0,4	

PLANILHA DE NITROGÊNIO - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA																						
Nº	Data	dias exp	NITRATO (mg/L)				AMÔNIA (mg/L)				NTK (mg/L)				N ORGÂNICO (mg/L)				N. TOTAL (mg/L)			
			UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		UASB		Lagoas	
			Afl.	Efl.	com chic.	Sem chic.	Afl.	Efl.	com chic.	Sem chic.	Afl.	Efl.	com chic.	Sem chic.	Afl.	Efl.	com chic.	Sem chic.	Afl.	Efl.	com chic.	Sem chic.
1	09/02/00	182					14,68	21,07	13,41	8,30	16,60	27,45	18,51	13,41	1,92	6,38	5,11	5,11				
2	21/03/00	223					29,78	35,99	18,61	15,51	38,30	45,33	30,64	31,92	8,52	9,34	12,03	16,41				
3	28/03/00	230	0,16	0,17	0,22	0,19		40,22	19,79	20,43		49,64	24,20	27,92		9,42	4,41	7,49		49,81	24,42	28,11
4	04/04/00	237					22,96	41,57	22,96	24,20												
5	11/04/00	244	0,41	0,34	0,97	0,52	27,30	34,13	21,10	23,58	33,51		23,58	28,54	6,20		2,48	4,96	33,92	34,47	24,54	29,06
6	18/04/00	251	0,59	0,83	1,91	0,89																
7	25/04/00	258	0,49	0,54	1,82	0,50	39,09	42,19	15,51	25,44	47,16	42,81	15,51	32,26	8,07	0,62	0,00	6,83	47,65	43,36	17,33	32,77
8	02/05/00	265	0,85	1,72	2,24	1,71	34,13	25,44	20,48	16,75	35,99	39,09	24,82	28,54	1,86	13,65	4,34	11,79	36,83	40,81	27,06	30,26
9	09/05/00	272					27,30	24,20	29,16	26,06	27,92	41,57	32,89	27,30	0,62	17,37	3,72	1,24				
10	16/05/00	279	0,66	0,80	1,62	1,27	30,71	41,88	31,95	31,33									31,37	42,68	33,57	32,60
11	23/05/00	286	0,71	0,45	0,93	0,75	31,33	42,50	28,23	26,37	40,02	46,85	41,88	33,82	8,69	4,34	13,65	7,45	40,73	47,29	42,81	34,56
12	30/05/00	293	1,35	1,25	1,83	1,51	26,28	42,84	29,13		32,56	46,27	40,56		6,28	3,43	11,42		33,91	47,51	42,38	
13	06/06/00	300	0,84	0,87	1,06	1,91	29,70	33,70	27,99	26,37	45,98	41,41	29,42	45,41	16,28	7,71	1,43	19,04	46,82	42,28	30,48	47,32
14	13/06/00	307	1,28	1,07	1,28	3,29	26,85	36,56	26,85	22,85	30,27	39,41	27,42	31,99	3,43	2,86	0,57	9,14	31,56	40,49	28,70	35,28
15	20/06/00	314					25,70	33,13	25,13	31,42	27,99	33,13	27,42	31,99	2,28	0,00	2,28	0,57				
16	27/06/00	321					29,13	35,41	24,56	26,85	30,84	35,99	27,99	31,99	1,71	0,57	3,43	5,14				
17	04/07/00	328	0,48	0,50	1,16	1,76	26,28	33,70	27,42	23,99	37,70	35,41	34,84	32,56	11,42	1,71	7,43	8,57	38,18	35,91	36,00	34,32
18	11/07/00	335	0,53	0,85	0,58	0,58	21,13	31,99	23,99	27,99	27,42	35,99	24,56	29,70	6,28	4,00	0,57	1,71	27,95	36,83	25,14	30,28
19	18/07/00	342	1,34	1,69	1,65	0,93	17,71	27,99	20,56	27,42	30,27	31,42	24,56	32,56	12,57	3,43	4,00	5,14	31,61	33,11	26,21	33,49
20	01/08/00	356	0,62	1,07	1,47	1,11	29,65	32,62	21,35	32,62	51,59	52,19	34,99	39,14	21,94	19,57	13,64	6,52	52,22	53,26	36,46	40,25
21	08/08/00	363	0,58	0,85	1,07	1,47		33,21	23,13	32,62		37,36	34,99	40,33		4,15	11,86	7,71		38,21	36,06	41,80
22	15/08/00	370					23,72	31,43	22,54	34,99												
23	22/08/00	377	0,67	1,20	1,82	0,76	26,69	29,65	31,43		32,62	36,77	35,58		5,93	7,12	4,15		33,28	37,97	37,41	
24	29/08/00	384	0,77	0,74	1,01	0,66					25,50	22,54	21,94	20,76								
25	05/09/00	391					27,28	27,87	23,13	29,65	27,28	29,06	29,06	32,02	0,00	1,19	5,93	2,37				
26	12/09/00	398	0,28	0,25	0,30	0,19	26,09	32,62	25,50	31,43	32,62	40,92	27,28	32,02	6,52	8,30	1,78	0,59	32,89	41,17	27,58	32,21
27	19/09/00	405	0,19	0,16	0,34	0,26	13,64	17,79	17,20	6,52	21,35	26,09	26,09	36,18	7,71	8,30	8,90	29,65	21,54	26,26	26,43	36,44
28	26/09/00	412	0,30	0,22	0,41	0,51	17,20	29,06	20,16	30,84	22,24	30,54	25,80	34,69	5,04	1,48	5,63	3,85	22,53	30,76	26,21	35,20
29	03/10/00	419	0,22	0,29	0,32	0,26	25,87	29,01	21,17	30,58												
30	17/10/00	433	0,40	0,36	0,97	0,64	19,60		20,38	23,52	25,20		21,84	23,52	5,60		1,46	0,00	25,60		22,81	24,16
31	24/10/00	440	0,16	0,23	0,32	0,34																

PLANILHA DE NITROGÊNIO - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA																							
Nº	data	dias exp	NITRATO (mg/L)				AMÔNIA (mg/L)				NTK (mg/L)				N ORGÂNICO (mg/L)				N. TOTAL (mg/L)				
			UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		UASB		Lagoas		
			Afl.	Efl.	com chic.	Sem chic.	Afl.	Efl.	com chic.	Sem chic.	Afl.	Efl.	com chic.	Sem chic.	Afl.	Efl.	com chic.	Sem chic.	Afl.	Efl.	com chic.	Sem chic.	
32	31/10/00	447	0,24	0,25	0,25		31,36	38,42	19,60	23,52													
33	07/11/00	454										44,69	54,88	32,93	37,63								
34	14/11/00	461	0,39	0,70	0,70	0,31	17,84	23,79	13,22	17,18	35,02	33,04	26,43	30,40	17,18	9,25	13,22	13,22	35,42	33,74	27,13	30,71	
35	21/11/00	468	0,45	0,24	0,92	0,50	22,47	39,65	19,16		31,06	42,29	22,47		8,59	2,64	3,30		31,51	42,53	23,38		
36	28/11/00	475	0,18	0,18	0,52	0,42	18,50		15,86	13,22	23,13		19,82	17,88	4,63		3,96	4,66	23,31		20,34	18,30	
37	05/12/00	482	0,54	0,45	0,70	0,81		35,02	7,93	9,91		42,95	12,56	9,91		7,93	4,63	0,00		43,40	13,26	10,72	
38	19/12/00	496					11,23	19,82	9,25	9,91	18,50	25,77	15,20	22,47	7,27	5,95	5,95	12,56					
39	07/02/01	546	0,23	0,20	0,35	0,50	16,52	29,08	5,95	7,93	25,77	30,40	11,23	15,20	9,25	1,32	5,29	7,27	26,00	30,60	11,58	15,70	
40	14/02/01	553	0,18	0,22	0,13	0,14	9,91	26,43	10,57	2,64	20,48	40,97	13,22	9,25	10,57	14,54	2,64	6,61	20,66	41,19	13,35	9,39	
41	21/02/01	560	0,20	0,26	0,24	0,41	26,43	21,15	6,61	7,27	31,72	35,02	11,23	12,56	5,29	13,88	4,63	5,29	31,92	35,29	11,48	12,96	
42	07/03/01	574	0,21	0,19	0,31	0,39		25,77	5,95	7,27		33,37	9,58	10,24		7,60	3,63	2,97		33,56	9,89	10,63	
43	14/03/01	581	0,44	0,46	0,47	0,51	18,05	15,72	3,49	6,41	23,13	29,74	7,93	9,25	5,07	14,01	4,44	2,84	23,57	30,19	8,40	9,76	
44	21/03/01	588	0,14	0,12	0,40	0,28	29,12	26,21	6,99	12,23	40,31	35,02	9,25	14,54	11,19	8,81	2,26	2,31	40,45	35,14	9,65	14,82	
45	28/03/01	595	0,26	0,12	0,16	0,14	10,48	19,22		7,57	23,30	30,87		15,14	12,81	11,65		7,57	23,56	30,99		15,28	
46	04/04/01	602	0,28	0,42	0,67	0,48	19,80	26,21	12,81	9,90	28,41	33,70	15,86	11,89	8,61	7,49	3,05	1,99	28,69	34,12	16,53	12,38	
47	11/04/01	609	0,25	0,42	0,26	0,36	29,72	25,47	10,31		33,36	30,93	10,31		3,64	5,46	0,00		33,61	31,35	10,57		
48	18/04/01	616	0,25	0,42	0,26	0,29	21,23	25,47	6,06	7,88	23,05	28,50	6,06	9,10	1,82	3,03	0,00	1,21	23,29	28,92	6,32	9,38	
49	24/04/01	622	0,30	0,44	0,42	0,28		28,50	4,85	4,25		30,93	7,88	9,10		2,43	3,03	4,85		31,37	8,30	9,38	
50	09/05/01	637	0,06	1,11	0,58	0,77	17,59	24,26	5,46	6,06	22,44	27,90	7,28	7,88	4,85	3,64	1,82	1,82	22,50	29,01	7,86	8,66	
51	16/05/01	644	0,05	0,83	0,24	0,22	26,08	29,11	9,10	9,70	26,08	31,54	9,70	12,13	0,00	2,43	0,61	2,43	26,13	32,37	9,95	12,35	
52	23/05/01	651	0,04	0,09	0,16	0,15	23,65	24,87	5,46	10,92	24,26	29,72	7,28	14,56	0,61	4,85	1,82	3,64	24,30	29,81	7,44	14,71	

PLANILHA DE VAZÃO AFLUENTE LAGOAS (m3/d) - -ETE ITABIRA								
Nº de dados	Data	Dias experimento	Vazão 8:00 horas		Vazão 14:00 horas		Vazão média	
			Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
1	28/06/00	322	9,07	8,38	8,21	8,81	8,64	8,60
2	30/06/00	324			7,78	9,50	7,78	9,50
3	03/07/00	327	8,64	8,64	7,95	9,76	8,29	9,20
4	04/07/00	328	7,86	9,50	4,75	7,00	6,31	8,25
5	05/07/00	329	9,94	9,50	7,00	9,33	8,47	9,42
6	06/07/00	330	6,48	6,91	5,10	7,65	5,79	7,28
7	07/07/00	331	7,86	9,07	6,48	5,27	7,17	7,17
8	10/07/00	334	8,38	7,17	8,47	7,17	8,42	7,17
9	11/07/00	335	9,50	8,55	7,86	6,61	8,68	7,58
10	12/07/00	336	7,95	8,08	6,05	6,05	7,00	7,06
11	13/07/00	337	7,95	7,08	8,04	7,08	7,99	7,08
12	14/07/00	338	9,94	11,66	6,09	6,91	8,01	9,29
13	17/07/00	341	7,60	9,07	8,21	7,08	7,91	8,08
14	18/07/00	342	7,95	7,52	7,86	9,50	7,91	8,51
15	19/07/00	343	7,17	9,50	6,13	7,86	6,65	8,68
16	20/07/00	344	6,91	9,07	6,05	6,91	6,48	7,99
17	21/07/00	345	8,64	10,37	8,47	9,50	8,55	9,94
18	24/07/00	348	7,17	9,94	6,22	5,44	6,70	7,69
19	25/07/00	349	9,33	9,50	9,50	8,04	9,42	8,77
20	26/07/00	350	8,99	8,64	8,47	7,00	8,73	7,82
21	27/07/00	351	8,81	7,08	9,24	7,86	9,03	7,47
22	28/07/00	352	9,94	9,94	5,36	4,41	7,65	7,17
23	31/07/00	355	6,91	7,86	7,34	8,47	7,13	8,16
24	01/08/00	356	8,90	8,90	7,00	8,21	7,95	8,55
25	02/08/00	357	7,95	9,16	8,64	9,50	8,29	9,33
26	03/08/00	358	7,08	6,91	7,08	8,04	7,08	7,47
27	04/08/00	359	7,78	9,50	8,55	9,76	8,16	9,63
28	07/08/00	362	6,91	5,18	8,21	6,18	7,56	5,68
29	08/08/00	363	7,00	7,78	8,64	5,62	7,82	6,70
30	09/08/00	364	8,90	7,78	8,64	5,62	8,77	6,70
31	10/08/00	365	7,86	7,08	9,50	9,50	8,68	8,29
32	11/08/00	366	9,50	8,04	9,50	7,78	9,50	7,91
33	14/08/00	369	7,08	5,62	8,64	5,62	7,86	5,62
34	15/08/00	370	9,50	7,86	3,54	1,30	6,52	4,58
35	16/08/00	371	15,63	2,60	18,89	7,11	17,26	4,86
36	17/08/00	372	2,58	5,18	8,40	12,10	5,49	8,64

PLANILHA DE VAZÃO AFLUENTE LAGOAS (m3/d) - -ETE ITABIRA								
Nº de dados	Data	Dias experimento	Vazão 8:00 horas		Vazão 14:00 horas		Vazão média	
			Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
37	18/08/00	373	10,31	10,31	10,31	11,23	10,31	10,77
38	21/08/00	376	11,45	7,39	8,56	7,56	10,00	7,47
39	23/08/00	378	7,73	1,27	11,23	13,23	9,48	7,25
40	25/08/00	380	13,98	12,11	14,26	12,37	14,12	12,24
41	28/08/00	383	7,73	7,92	10,37	11,17	9,05	9,54
42	29/08/00	384	5,31		7,26		6,29	
43	30/08/00	385	10,31	6,05	12,02	6,91	11,17	6,48
44	31/08/00	386	5,36	6,91	8,91	8,59	7,14	7,75
45	01/09/00	387	8,71	7,73	12,00	10,35	10,35	9,04
46	04/09/00	390	12,54	10,54	17,08	13,47	14,81	12,01
47	05/09/00	391	8,64	9,45	12,12	16,16	10,38	12,80
48	14/09/00	400	8,74	8,78	11,58	12,02	10,16	10,40
49	15/09/00	401	6,44	6,87	6,91	7,84	6,67	7,35
50	18/09/00	404	6,05	6,05	9,45	8,54	7,75	7,29
51	19/09/00	405	5,05	6,91	7,90	10,54	6,48	8,73
52	20/09/00	406	8,30	5,86	9,62	8,64	8,96	7,25
53	21/09/00	407	7,73	5,29	10,54	8,42	9,14	6,86
54	22/09/00	408	5,12	5,29	7,43	7,26	6,28	6,28
55	25/09/00	411	6,91	5,46	9,50	8,42	8,21	6,94
56	26/09/00	412	5,53		10,54		8,04	
57	27/09/00	413	6,01	2,56	8,76	3,97	7,39	3,27
58	28/09/00	414	2,58	5,01	6,22	7,00	4,40	6,01
59	29/09/00	415	3,59	5,26	8,76	8,81	6,17	7,04
60	02/10/00	418	5,84	6,57	6,83	9,39	6,34	7,98
61	03/10/00	419	3,61	8,64	5,18	8,47	4,40	8,55
62	04/10/00	420	5,44	8,64	6,01	9,05	5,73	8,84
63	05/10/00	421	3,97	6,99	5,32	8,64	4,65	7,81
64	06/10/00	422	3,61	7,53	5,18	8,76	4,40	8,15
65	10/10/00	426	4,49	8,81	4,47	5,32	4,48	7,07
66	11/10/00	427	5,46	10,20	4,93	7,08	5,20	8,64
67	16/10/00	432	4,92	5,70	6,15	5,29	5,53	5,50
68	17/10/00	433	2,71	3,61	6,04	7,81	4,38	5,71
69	18/10/00	434	5,94	7,62	2,94	5,52	4,44	6,57
70	01/11/00	448	4,95	8,52	6,97	8,64	5,96	8,58
71	07/11/00	454	6,68	3,05			6,68	3,05
72	08/11/00	455	6,68	3,05	6,62	9,33	6,65	6,19

PLANILHA DE VAZÃO AFLUENTE LAGOAS (m3/d) - -ETE ITABIRA								
Nº de dados	Data	Dias experimento	Vazão 8:00 horas		Vazão 14:00 horas		Vazão média	
			Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
73	09/11/00	456	1,96	4,49	5,13	4,20	3,54	4,35
74	10/11/00	457	1,96	4,49	5,13	4,20	3,54	4,35
75	11/11/00	458	7,89	12,96	2,42	5,59	5,16	9,27
76	13/11/00	460	6,97	9,04	3,51	5,88	5,24	7,46
77	14/11/00	461	4,84	7,43	6,10	8,00	5,47	7,72
78	15/11/00	462	5,58	10,37			5,58	10,37
79	16/11/00	463	2,76	5,01			2,76	5,01
80	17/11/00	464	3,86	7,83			3,86	7,83
81	20/11/00	467	7,03	7,72	3,74	6,80	5,39	7,26
82	21/11/00	468	2,25	3,63	1,15	3,46	1,70	3,54
83	22/11/00	469	2,19	2,07	3,05	3,11	2,62	2,59
84	23/11/00	470	2,59	2,59	3,86	3,92	3,23	3,25
85	24/11/00	471	3,11	3,11	3,05	3,74	3,08	3,43
86	27/11/00	474	3,05	3,11	3,40	3,11	3,23	3,11
87	28/11/00	475	1,56	0,86	3,11	3,11	2,33	1,99
88	29/11/00	476	1,96	1,56	3,57	3,63	2,76	2,59
89	30/11/00	477	3,63	3,69			3,63	3,69
90	04/12/00	481	2,59	2,71	3,11	2,65	2,85	2,68
91	05/12/00	482	3,57	3,69			3,57	3,69
92	12/12/00	489	5,30	5,36			5,30	5,36
93	13/12/00	490	1,84	1,96	3,46	3,57	2,65	2,76
94	19/12/00	496	3,63	3,69			3,63	3,69
95	07/02/01	546	4,03	2,45	3,37	3,34	3,70	2,89
96	08/02/01	547	3,34	2,82	4,72	1,96	4,03	2,39
97	09/02/01	548	4,41	3,43	3,48	2,36	3,95	2,89
98	12/02/01	551	3,97	3,86	3,43	3,83	3,70	3,84
99	13/02/01	552	3,40	2,07	4,29	1,99	3,84	2,03
100	14/02/01	553	4,61	4,78	1,90	2,71	3,25	3,74
101	15/02/01	554	5,18	6,91	4,35	2,68	4,77	4,80
102	16/02/01	555	2,65	2,97			2,65	2,97
103	19/02/01	558	2,59	3,46	1,87	2,33	2,23	2,89
104	20/02/01	559	2,45	1,86	2,19	3,57	2,32	2,71
105	01/03/01	568			2,23	3,00	2,23	3,00
106	09/03/01	576	1,47	1,73			1,47	1,73
107	12/03/01	579	1,64	1,81	1,53	1,73	1,58	1,77
108	13/03/01	580	1,56	1,64	1,64	1,73	1,60	1,68

PLANILHA DE VAZÃO AFLUENTE LAGOAS (m3/d) - -ETE ITABIRA								
Nº de dados	Data	Dias experimento	Vazão 8:00 horas		Vazão 14:00 horas		Vazão média	
			Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
109	14/03/01	581	1,64	1,79	1,15	1,99	1,40	1,89
110	15/03/01	582	1,30	1,73	1,18	1,61	1,24	1,67
111	19/03/01	586	1,30	1,58			1,30	1,58
112	20/03/01	587	1,21	1,47			1,21	1,47
113	21/03/01	588	1,30	1,70	2,22	3,00	1,76	2,35
114	22/03/01	589	2,64	3,15	2,06	3,27	2,35	3,21
115	23/03/01	590	1,72	3,00	2,01	2,64	1,86	2,82
116	27/03/01	594	1,79	2,65	1,90	3,49	1,84	3,07
117	28/03/01	595	2,01	3,76	1,58	1,25	1,79	2,51
118	29/03/01	596	2,65	1,30	3,39	1,73	3,02	1,52
119	30/03/01	597	2,43	2,44	1,99	3,09	2,21	2,77
120	02/04/01	600	2,60	1,59	1,84	1,77	2,22	1,68
121	03/04/01	601	1,97	1,57	2,59	1,64	2,28	1,60
122	04/04/01	602	2,38	1,69	1,60	1,08	1,99	1,39
123	05/04/01	603	1,73	1,56	2,07	1,77	1,90	1,66
124	06/04/01	604	1,66	1,36	1,94	1,68	1,80	1,52
125	09/04/01	607	1,10	1,10	1,77	1,30	1,44	1,20
126	10/04/01	608	1,58	1,40	1,68	1,77	1,63	1,59
127	11/04/01	609	1,84	1,53			1,84	1,53
128	16/04/01	614	1,84	1,56	1,58	1,47	1,71	1,51
129	17/04/01	615	1,79	1,12	1,81	1,44	1,80	1,28
130	18/04/01	616	1,58	1,15			1,58	1,15
131	19/04/01	617	1,73	1,44	1,64	1,53	1,68	1,48
132	20/04/01	618	1,53	1,38	1,73	1,50	1,63	1,44
133	23/04/01	621	1,56	1,27	1,81	1,67	1,68	1,47
134	24/04/01	622	1,61	1,21	1,81	1,53	1,71	1,37
135	25/04/01	623	1,67	1,09	2,13	2,45	1,90	1,77
136	26/04/01	624	2,33	2,22	2,42	2,28	2,38	2,25
137	27/04/01	625	2,42	2,36	2,42	2,33	2,42	2,35
138	02/05/01	630	2,13	2,30	2,28	2,45	2,20	2,38
139	03/05/01	631	2,45	2,51	2,36	2,28	2,40	2,39
140	04/05/01	632	2,19	2,42	2,42	2,51	2,30	2,46
141	07/05/01	635	2,13	2,28	2,36	2,42	2,25	2,35
142	08/05/01	636	2,39	2,48	2,45	2,39	2,42	2,43
143	09/05/01	637	2,42	2,33	2,45	2,36	2,43	2,35
144	10/05/01	638	2,45	2,30	2,45	2,45	2,45	2,38

PLANILHA DE VAZÃO AFLUENTE LAGOAS (m <sup>3</sup> /d) - -ETE ITABIRA								
Nº de dados	Data	Dias experimento	Vazão 8:00 horas		Vazão 14:00 horas		Vazão média	
			Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas	Sem chicanas	Com chicanas
145	11/05/01	639	2,36	2,42	2,45	2,42	2,40	2,42
146	14/05/01	642	2,42	2,45	2,48	2,48	2,45	2,46
147	15/05/01	643	2,48	2,45	2,39	2,48	2,43	2,46
148	16/05/01	644	2,42	2,45	2,45	2,48	2,43	2,46
149	17/05/01	645	2,39	2,45	2,48	2,45	2,43	2,45
150	18/05/01	646	2,48	2,45	2,42	2,42	2,45	2,43
151	21/05/01	649	2,45	2,39	2,45	2,45	2,45	2,42
152	22/05/01	650	2,36	2,39	2,39	2,48	2,38	2,43

PERFIL DE pH - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																										
Nº	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas														Lagoa sem chicanas					
			8:00 h		14:00 h		8:00 h							14:00 h							8:00 h			14:00 h		
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída
1	02/02/00	175	7,29	6,77	6,99	6,80	7,98			9,86			10,01	10,56			10,98			11,04	9,04	9,04	9,07	9,04	9,14	9,12
2	04/02/00	177	7,21	6,80	6,82	6,77	7,68			8,06			8,20	10,70			11,06			11,05	7,71	7,78	7,78	9,32	9,34	9,32
3	07/02/00	180	6,94	6,71	7,04	6,80	7,92			8,10			8,21	10,99			11,01			11,12	7,55	7,61	7,54	9,25	9,03	9,29
4	09/02/00	182	6,87	6,85	6,84	6,79	7,69			7,86			7,98							7,26	7,29	7,32				
5	11/02/00	184	7,43	6,46	6,88	6,83	7,88			8,20			8,27	8,59			9,18			8,84	7,74	7,84	7,88	9,96	10,07	9,55
6	14/02/00	187	7,43	6,82	6,84	6,79								8,94			10,88			10,99				8,60	8,68	8,79
7	16/02/00	189	7,24	6,82	6,90	6,81	7,45			7,76			7,88	10,42			11,06			11,08	7,30	7,32	7,32	9,67	9,74	9,75
8	21/02/00	194	7,24	6,58	6,76	6,53	7,24			7,45			7,55	8,54			9,64			9,35	7,11	7,14	7,16	8,44	7,37	7,28
9	23/02/00	196	7,09	6,50	6,66	6,47	7,14			7,43			7,55	8,04			7,91			7,85	7,00	7,02	7,03	7,46	7,79	7,06
10	25/02/00	198	7,17	6,60	6,60	6,56	7,18			7,99			8,19	8,78			9,75			9,67	7,29	7,13	7,26	8,94	8,90	8,82
11	28/02/00	201	7,06	6,42	6,69	6,50	7,31			8,41			8,26	8,61			8,65			8,97	7,09	6,99	7,13	8,81	8,49	8,85
12	01/03/00	203	7,06	6,60	6,67	6,58	7,32			7,42			8,03	9,03			9,92			10,30	7,04	7,09	7,09	8,59	8,56	8,88
13	03/03/00	205	7,03	6,41	6,67	6,51	7,48			8,84			9,06	8,70			8,42			7,43	7,29	7,64	7,67	9,22	8,90	9,00
14	10/03/00	212	7,18	6,47	6,68	6,65	7,41			8,95			9,19	8,44			8,85			8,79	7,51	7,38	7,27	8,52	8,65	8,66
15	13/03/00	215	6,48	6,66	6,74	6,66	7,35			7,38			7,34	9,01			8,42			8,66	7,21	7,27	7,32	8,41	7,98	8,50
16	15/03/00	217	7,12	6,65	6,74	6,61	7,20			7,47			8,33	9,13			9,54			9,13	7,14	7,13	7,11	7,93	8,52	8,50
17	17/03/00	219	7,27	6,46	6,68	6,66	7,10			7,51			7,64	9,01			9,57			9,81	7,11	7,15	7,15	8,26	8,66	8,37
18	20/03/00	222	7,24	6,38	6,65	6,57	7,06			7,22			7,37	8,58			9,53			9,37	7,13	7,10	7,10	8,57	8,73	8,64
19	22/03/00	224	7,16	6,76	6,73	6,51	7,13			7,29			7,38	9,38			9,33			9,94	7,16	7,17	7,16	8,42	8,67	8,86
20	24/03/00	226	7,21	6,63	6,74	6,57	7,15			7,27			7,44	7,54			9,06			9,29	7,04	7,14	7,18	8,53	8,72	8,79
21	27/03/00	229	7,30	6,57	6,82	6,64	7,17			7,41			7,73	8,80			9,12			9,24	7,18	7,22	7,17	8,80	8,91	9,00
22	29/03/00	231	7,76	6,80	6,83	6,71	7,28			7,57			7,79	8,46			8,11			8,48	7,41	7,43	7,43	8,70	8,86	9,02
23	31/03/00	233	7,15	6,77	6,84	6,71	7,24			7,29			7,41	9,24			9,96			9,56	7,19	7,25	7,29	8,93	9,06	9,03
24	03/04/00	236	7,56	6,80	6,82	6,69	7,24			7,30			7,34	8,45			9,06			9,20	7,32	7,28	7,27	8,39	8,46	8,63
25	04/04/00	237															9,80	9,23		7,92	8,50					8,46
26	05/04/00	238	7,32	6,68	6,81	6,69	7,24			7,24			7,30	8,62			9,05			9,43	7,24	7,26	7,30	8,56	7,48	8,80
27	07/04/00	240	7,12	6,58	6,77	6,62	7,13			7,36			7,40	8,64			8,86			8,78	7,11	7,17	7,21	8,26	8,40	8,06
28	10/04/00	243	7,20	6,60	6,88	6,64	7,02			7,04			7,12	7,96			8,80			8,74	7,09	7,13	7,12	8,65	8,78	8,75
29	11/04/00	244															8,71	8,90		8,89	8,93					
30	12/04/00	245	7,18	6,54	6,75	6,56	7,07			7,08			7,16	8,57			8,88			8,90	7,09	7,15	7,16	8,71	8,82	8,89
31	14/04/00	247	7,22	6,52	6,67	6,54	7,01			7,03			7,11	8,06			8,74			8,74	7,16	7,16	7,18	8,62	8,74	8,75
32	17/04/00	250	7,30	6,65	6,79	6,70	6,98			6,98			6,99	7,61			8,33			8,54	7,21	7,22	7,20	8,45	8,62	8,66

PERFIL DE pH - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																											
Nº	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas														Lagoa sem chicanas						
			8:00 h		14:00 h		8:00 h							14:00 h							8:00 h			14:00 h			
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída	
33	18/04/00	251																									
34	19/04/00	252	7,15	6,62	6,79	6,60	7,00				7,03			7,04	8,64			8,80			8,83	7,13	7,09	7,12	8,42	8,69	8,65
35	24/04/00	257	7,27	6,58	6,90	6,70	7,31				7,62			7,64	8,68			8,76			8,88	7,14	7,54	7,43	8,91	9,16	9,04
36	26/04/00	259	7,11	6,71	6,89	6,69	7,20				7,19			7,19	8,59	8,89	8,73	8,76	8,74	8,73	8,72	7,22	7,23	7,24	8,90	8,98	8,24
37	01/05/00	264	7,22	6,77	6,87	6,70	7,20				7,21			7,24	8,60			8,63			8,67	7,27	7,23	7,23	8,82	8,09	8,85
38	02/05/00	265															6,86	8,35		8,57	8,37						
39	03/05/00	266	7,20	6,74	6,78	6,72	7,12				7,16			7,18	7,66			8,29			8,27	7,22	7,20	7,24	7,20	7,22	7,54
40	05/05/00	268	7,17	6,52	6,74	6,55	7,10				7,09			7,12	7,38			7,80			8,47	7,12	7,16	7,18	7,38	8,69	8,71
41	08/05/00	271	7,14	6,32	6,81	6,71	7,02				7,09			7,14	7,34			8,06			8,26	7,24	7,14	7,42	8,64	8,63	8,64
42	09/05/00	272															8,44	8,32		8,59	8,52						
43	10/05/00	273	7,33	6,86	6,84	6,76	7,02				7,01			6,99	7,52			8,32			8,54	7,16	7,15	7,12	8,69	8,68	8,70
44	12/05/00	275	6,87	6,39	6,81	6,62	6,75				6,84			7,02	7,23			8,33			8,61	6,75	6,78	6,81	7,96	8,20	8,76
45	15/05/00	278	7,53	6,89	6,93	6,80	7,08				7,10			7,12	7,25	8,53	8,63	8,13	8,63	8,66	8,45	7,22	7,22	7,23	8,63	8,73	8,75
46	17/05/00	280	7,27	6,67	6,87	6,75	7,06				7,18			7,16	8,16			8,44			8,68	7,19	7,17	7,21	7,21	7,59	7,26
47	19/05/00	282	7,21	6,50	6,65	6,61	7,07				7,09			7,12	8,14			8,50			8,39	7,12	7,12	7,20	8,51	8,79	8,70
48	22/05/00	285	7,35	6,52	6,84	6,63	7,10				7,18			7,19	7,10			7,75			7,83	7,27	7,25	7,26	7,31	7,23	7,93
49	23/05/00	286															7,82	8,17		8,17	8,27						
50	24/05/00	287	7,17	6,71	6,83	6,70	7,05				7,04			7,06	7,33			7,65			7,76	7,09	7,09	7,10	7,23	7,23	7,54
51	26/05/00	289	7,18	6,65	6,77	6,52	7,00				7,02			7,03	7,07			7,40			7,46	7,02	7,01	7,01	7,10	7,08	7,06
52	29/05/00	292	7,11	6,38	6,78	6,63	6,90				7,04			7,08	7,11			7,31			7,74	6,99	7,01	7,13	7,16	7,51	7,47
53	31/05/00	294			6,53	6,34									7,48			7,59			8,33				7,57	8,41	7,77
54	02/06/00	296	7,12	6,34	6,69	6,52	7,01				7,03			7,04	7,40			7,59			7,77	6,98	7,01	7,04	7,14	7,05	7,08
55	05/06/00	299	7,01	6,21	6,74	6,41	6,97				6,96			6,97	6,93			7,08			7,21	6,92	6,99	7,02	7,62	7,67	7,73
56	06/06/00	300															7,86	7,77		7,87	7,84						
57	07/06/00	301	7,01	6,16	6,76	6,59	7,10				7,08			7,09	7,41			7,54			7,63	6,96	6,99	7,02	7,41	8,11	8,19
58	09/06/00	303	6,85	6,24	6,69	6,34	7,17				7,15			7,18	7,47			7,58			7,99	7,39	7,47	7,38	7,41	7,63	7,86
59	12/06/00	306	7,33	6,65	6,81	6,53	7,05				7,03			7,04	7,57			7,78			7,67	7,32	7,30	7,23	8,47	8,56	8,51
60	13/06/00	307															7,98	8,18		8,29	8,19						
61	14/06/00	308	7,07	6,55	6,79	6,56	7,03				6,99			6,98	8,09			8,04			8,03	7,07	7,12	7,16	8,12	7,81	8,64
62	16/06/00	310	6,73	6,55	6,66	6,55	7,16				7,10			7,11	5,08			7,55			7,86	7,10	7,09	7,20	7,34	7,13	7,26
63	19/06/00	313	7,39	6,71	6,91	6,67	7,14				7,09			7,07	7,87			7,88			8,18	7,27	7,25	7,24	8,13	8,84	8,74
64	28/06/00	322	7,03	6,44	7,08	6,71	7,20	7,11	7,11	7,11	7,16	7,12	7,11	8,13	8,52	8,72	8,52	8,55	8,56	8,49	7,14	7,17	7,21	8,19	8,32	8,63	
65	30/06/00	324			7,10	6,70								8,15			8,20			8,12				8,15	8,20	8,50	
66	03/07/00	327	7,36	6,42	6,84	6,72	7,09	7,09	7,09	7,08	7,08	7,14	7,10	8,30	8,56	8,52	8,47	8,47	8,63	8,56	7,24	7,25	7,26	7,80	7,78	8,36	

PERFIL DE pH - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																											
N°	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas														Lagoa sem chicanas						
			8:00 h		14:00 h		8:00 h							14:00 h							8:00 h			14:00 h			
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída	
67	05/07/00	329	7,02	6,62	6,76	6,57	7,20	7,14	7,13	7,15	7,16	7,17	7,13	7,89	8,32	8,43	8,21	8,21	8,49	8,48	7,21	7,26	7,30	8,48	8,36	7,94	
68	07/07/00	331	6,63	6,01	6,74	6,64	6,46	6,36	6,59	6,27	6,54	6,35	6,45	8,03	8,14	8,59	8,18	8,38	8,39	8,06	6,46	6,58	6,62	7,90	8,61	8,50	
69	10/07/00	334	7,44	6,38	6,85	6,64	7,11	7,16	7,14	7,12	7,11	7,15	7,14	7,55	7,88	7,77	7,68	7,70	8,01	7,70	6,93	7,10	7,21	8,66	8,69	8,76	
70	12/07/00	336	7,11	6,47	6,85	6,70	7,14	7,11	7,08	7,10	7,10	7,09	7,09	7,34	7,54	7,79	7,53	7,56	7,08	7,60	7,13	7,20	7,31	8,52	8,73	8,76	
71	14/07/00	338	7,01	6,29	6,66	6,54	6,96	6,93	6,94	6,94	6,95	6,96	6,94	8,08	7,68	7,62	7,69	7,75	7,65	7,64	7,01	7,09	7,13	8,76	8,59	8,73	
72	17/07/00	341	6,72	6,39	6,62	6,45	6,95			6,88			6,87	7,51			7,24		7,24	6,90	6,87	6,98	8,28	8,31	8,15		
73	19/07/00	343	6,77	6,46	6,75	6,65	7,23			7,05			7,06	7,63			7,49		7,47	7,13	7,17	7,20	8,06	8,78	8,38		
74	21/07/00	345	6,85	6,35	6,68	6,54	7,04			7,01			7,00	7,60			7,51		7,55	6,99	7,04	7,06	8,35	7,90	8,45		
75	24/07/00	348	7,16	6,46	6,93	6,62	7,12	7,07	7,12	7,09	7,10	7,13	7,09	7,75	7,54	7,76	7,57	7,64	7,73	7,53	7,21	7,20	7,23	7,90	8,51	8,43	
76	26/07/00	350	5,80	5,21	6,97	6,80	7,65	7,00	6,65	7,24	7,08	6,76	7,03	7,48	7,43	7,43	7,44	7,43	7,47	7,43	6,49	6,70	5,92	7,74	8,10	8,30	
77	28/07/00	352	6,69	6,47	6,74	6,56	7,18	6,85	7,02	7,02	6,92	6,93	6,97	7,01	6,93	6,96	6,98	6,94	7,05	7,03	7,05	7,10	7,13	7,49	7,93	8,29	
78	31/07/00	355	7,11	6,68	6,82	6,68	7,07	7,00	7,03	7,01	7,01	7,00	7,03	7,09	7,07	7,04	7,04	7,11	7,05	7,03	7,15	7,15	7,15	7,62	8,85	8,54	
79	02/08/00	357	7,24	6,68	6,82	6,69	7,05	7,03	7,03	7,02	7,02	7,00	7,00	7,16	7,06	7,12	7,14	7,10	7,13	7,16	7,23	7,20	7,20	7,42	7,61	7,59	
80	04/08/00	359	6,86	6,59	6,70	6,64	6,95	6,85	6,91	7,00	6,93	6,90	7,04	7,00	7,07	7,07	7,47	7,07	7,09	7,61	7,02	6,92	6,90	7,18	7,06	7,11	
81	07/08/00	362	7,09	5,31	6,70	6,57	7,11	7,05	7,08	7,06	7,05	7,06	7,06	7,20	7,10	7,06	7,05	7,19	7,04	7,10	7,25	7,24	7,23	6,95	7,57	8,18	
82	09/08/00	364	7,07	6,55	6,82	6,76	7,02	7,00	6,99	6,98	7,00	6,97	6,97	7,17	7,12	7,07	7,09	7,19	7,09	7,10	7,23	7,20	7,15	8,12	8,66	8,45	
83	11/08/00	366	6,75	5,26	6,72	6,64	7,10	7,02	6,98	6,97	7,03	6,97	6,98	7,14	7,12	7,06	7,11	7,15	7,10	7,13	6,99	7,05	7,13	8,43	8,32	8,23	
84	14/08/00	369	7,29	6,69	6,87	6,80	7,18	7,03	7,04	7,02	7,02	7,01	7,02	7,35	7,17	7,28	7,26	7,21	7,26	7,21	7,26	7,21	7,21	8,48	8,61	8,69	
85	16/08/00	371	7,17	6,58	6,67	6,53	7,09	7,00	7,02	7,01	7,03	7,00	7,01	7,24	7,10	7,13	7,11	7,12	7,11	7,12	7,25	7,23	7,26	8,05	8,33	8,22	
86	18/08/00	373	6,60	5,89	6,80	6,60	6,05	7,01	7,01	7,00	6,10	6,80	6,08	7,27	7,14	7,22	7,21	7,17	7,19	7,19	7,02	6,03	6,94	8,55	8,64	8,62	
87	21/08/00	376	7,10	6,69	6,88	6,65	7,98	6,94	6,97	6,98	6,96	6,95	6,95	7,49	7,17	7,28	7,26	7,21	7,26	7,24	7,05	7,06	7,12	8,31	8,56	8,66	
88	23/08/00	378	7,01	6,52	6,68	6,56	7,28	7,14	7,03	7,05	7,13	7,05	7,03	7,24	7,14	7,21	7,19	7,16	7,16	7,17	7,06	7,10	7,15	8,66	8,63	8,67	
89	25/08/00	380	6,96	6,36	6,71	6,60	6,98	6,93	6,92	6,91	6,92	6,89	6,90	7,28	7,10	7,17	7,16	7,15	7,12	7,11	6,97	7,06	7,07	8,17	8,16	8,29	
90	28/08/00	383	7,15	6,65	6,82	6,63	7,01	6,94	6,97	6,95	6,93	6,94	6,95	7,31	7,09	7,12	7,13	7,13	7,10	7,12	7,12	7,17	7,21	8,55	8,71	8,83	
91	30/08/00	385	7,14	6,80	6,88	6,82	7,16	6,96	6,95	6,96	6,99	6,97	6,98	7,34	7,18	7,23	7,23	7,19	7,20	7,19	7,10	7,12	7,14	8,57	8,65	8,64	
92	01/09/00	387						6,93	7,94		6,96	6,91			7,10	7,05		7,11	7,06		7,08			7,63			
93	04/09/00	390						6,95	6,89		6,93	6,89			7,12	7,19		7,16	7,15		7,07			7,33			
94	01/09/00	387	6,75	6,54	6,74	6,57	6,95			6,93			6,83	7,09			7,07			7,09	7,01	7,08	7,12	7,47	7,63	7,75	
95	04/09/00	390	7,10	6,69	6,68	6,50	6,93			6,88			6,87	7,13			7,20			7,15	7,18	7,07	7,06	7,01	7,33	7,53	
96	06/09/00	392	7,00	6,69			6,75			6,90			6,85								6,99	7,02	7,08				
97	11/09/00	397	7,00	6,29	6,74	6,53	6,87	7,02	7,00	6,93	7,04	6,95	6,98	7,28	7,10	7,20	7,20	7,09	7,13	7,13	7,15	7,25	7,21	8,04	8,37	8,43	
98	13/09/00	399	6,81	6,36	6,73	6,60	7,00	6,90	6,93	6,91	6,92	6,91	6,83	7,34	7,10	7,24	7,21	7,16	7,19	7,17	6,89	6,97	7,04	8,58	8,70	8,81	
99	15/09/00	401	6,70	6,42	6,58	6,43	7,09	6,92	6,99	6,94	6,93	6,92	6,92	7,42	7,01	7,18	7,16	7,10	7,12	7,12	6,86	7,00	7,06	8,43	8,45	8,46	
100	18/09/00	404	7,06	6,40	6,79	6,55	7,10	6,98	6,99	6,97	6,98	6,97	6,98	7,24	7,15	7,14	7,13	7,19	7,11	7,14	7,18	7,12	7,14	7,60	7,76	7,68	

PERFIL DE pH - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																										
Nº	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas													Lagoa sem chicanas						
			8:00 h		14:00 h		8:00 h						14:00 h							8:00 h			14:00 h			
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída
101	20/09/00	406	6,82	6,35	6,74	6,43	7,00	6,83	6,92	6,85	6,86	6,87	6,79	7,17	7,07	7,13	7,09	6,98	7,06	7,10	6,98	6,99	7,05	7,62	7,64	7,68
102	22/09/00	408	6,99	6,41	6,69	6,52	7,04	6,91	6,93	6,90	6,90	6,81	6,91	7,33	7,11	7,14	7,13	7,18	7,14	7,16	6,92	7,12	7,14	7,73	7,88	7,89
103	25/09/00	411	7,09	6,36	6,70	6,45	6,91	6,82	6,86	6,85	6,83	6,86	6,84	7,25	7,05	7,19	7,11	7,07	7,11	7,08	7,13	7,12	7,10	8,66	8,61	8,40
104	27/09/00	413	6,56	5,99	6,48	6,22	6,60	6,69	6,62	6,63	6,67	6,61	6,63	7,07	7,04	7,01	7,00	7,04	6,97	6,92	6,66	6,65	6,65	7,54	7,99	7,99
105	29/09/00	415	6,78	6,30	6,57	6,36	6,83	6,81	6,81	6,80	6,81	6,80	6,78	7,21	7,09	7,15	7,15	7,12	7,11	7,08	6,84	6,80	6,88	7,63	7,87	7,98
106	02/10/00	418	7,01	6,34	6,54	6,40	7,33	7,16	7,23	7,18	7,18	7,17	7,15	8,40	8,31	8,44	8,46	8,34	8,35	8,35	7,90	7,97	8,06	8,41	8,48	8,57
107	04/10/00	420	6,63	6,15	6,86	6,66	6,97	6,83	6,92	6,88	6,85	6,86	6,85	8,64	8,67	8,66	8,74	8,64	8,68	8,70	6,85	6,92	6,98	8,45	8,64	8,61
108	06/10/00	422	7,04	6,58	7,20	6,78	7,35	7,26	7,26	7,27	7,32	7,27	7,27	8,65	8,35	8,40	8,35	8,55	8,63	8,30	7,86	7,90	8,00	8,56	8,80	8,90
109	11/10/00	427	6,33	5,82	6,74	6,59	6,21	6,33	6,22	6,16	6,38	6,24	6,20	8,45	8,21	8,39	8,46	8,16	8,25	8,19	6,40	6,35	6,23	8,74	8,95	8,94
110	16/10/00	432	7,17	6,60	6,84	6,75	7,21	7,23	7,21	7,21	7,26	7,20	7,20	8,80	9,04	8,93	8,93	8,94	8,89	8,88	7,30	7,28	7,29	8,26	8,38	8,77
111	18/10/00	434	5,79	5,75	6,85	6,74	6,75	7,25	7,28	7,27	7,27	7,26	7,25	8,69	8,74	8,70	8,71	8,77	8,71	8,72	6,60	6,35	6,88	8,63	8,63	8,74
112	20/10/00	436	6,79	6,49	8,01	7,99	7,07	7,08	7,03	7,04	7,10	7,06	7,08	8,20	8,12	8,10	8,13	8,15	8,11	8,28	6,87	7,13	7,13	7,89	8,01	7,99
113	23/10/00	439	6,90	6,28	6,70	6,52	7,02	7,22	7,04	7,04	7,35	7,12	7,17	8,66	8,69	8,66	8,66	8,70	8,71	8,70	6,98	7,12	7,20	8,70	8,86	8,87
114	25/10/00	441	6,85	6,50	6,63	6,48	7,16	7,20	7,15	7,02	7,23	7,04	6,84	8,90	8,75	8,84	8,87	8,73	8,77	8,76	6,99	7,12	7,14	8,76	9,05	9,10
115	27/10/00	443	6,65	6,45	6,69	6,53	7,11	7,11	7,06	7,06	7,10	7,05	7,04	8,50	8,69	8,59	8,64	8,71	8,65	8,65	7,03	7,13	7,11	8,45	8,48	8,50
116	30/10/00	446	6,76	6,40	6,68	6,51	6,94	7,02	6,87	7,00	7,04	6,99	7,01	6,71	6,91	6,75	6,79	6,93	6,83	6,84	6,76	6,96	7,00	6,74	6,74	6,75
117	01/11/00	448	6,74	6,37			6,93			6,91			6,90								6,83	6,86	6,86			
118	08/11/00	455	5,90	5,80	6,60	6,54	6,29	6,33	6,30	6,26	6,36	6,28	6,30								5,86	6,15	6,21			
119	10/11/00	457	6,52	6,35	6,46	6,39	6,87	6,89	6,86	6,86	6,91	6,87	6,87	8,48	8,59	8,42	8,49	8,60	8,50	8,56	6,47	6,67	6,75	7,70	8,17	8,45
120	13/11/00	460	7,05	6,28	6,61	6,40	8,15			8,21			8,22	8,70			8,66			8,65	7,82	8,00	8,02	8,40	8,60	8,65
121	15/11/00	462	6,60	6,20																						
122	17/11/00	464	6,42	6,12			6,61			6,64			6,68								6,44	6,48	6,52			
123	20/11/00	467	7,42	6,85	6,91	6,42	8,11			8,02			8,05	8,20			8,54			8,36	7,87	8,03	8,20	7,93	7,94	8,00
124	22/11/00	469	6,95	6,35	6,72	6,61	7,77			7,75			7,74	8,53			8,64			8,61	7,08	7,50	7,65	8,39	8,45	8,46
125	24/11/00	471	6,10	4,08	6,40	6,14	6,30			6,32			6,33	8,84			8,77			8,72	6,38	6,34	6,34	8,32	8,48	8,52
126	27/11/00	474	6,33	6,18	6,81	6,64	7,51			7,50			7,53	9,08			9,14			9,15	6,82	7,61	7,60	8,77	8,91	8,98
127	29/11/00	476	6,95	6,73	6,80	6,68	7,28			7,30			7,32	8,61			8,63			8,61	7,12	7,17	7,22	8,60	8,70	8,67
128	04/12/00	481	7,12	6,49	6,80	6,68	7,91			7,93			7,94	8,77			8,78			8,70	7,43	7,67	7,84	8,98	9,31	9,36
129	06/12/00	483	6,86	6,58			7,37			7,37			7,36							7,04	7,28	7,33				
130	11/12/00	488	6,83	6,32	7,93	7,62	7,27			7,25			7,24	8,10			8,30			8,26	7,63	7,23	7,37	8,02	8,30	8,65
131	13/12/00	490	6,76	6,55	6,87	6,82	7,08			7,10			7,11	9,44			9,33			9,22	7,03	7,04	7,05	8,82	9,28	9,48
132	15/12/00	492	6,94	6,16			6,91			6,93			6,95							6,64	6,66	6,82				
133	12/02/01	551	6,14	5,62	5,04	6,02	6,83			6,88			6,34	8,70			8,67			9,07	9,05	9,08	9,20			
134	14/02/01	553	6,09	7,03	6,19	7,16	7,03			7,20			7,68	9,94			9,97			10,16	10,16	10,50	10,52			

PERFIL DE pH - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																											
N°	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas														Lagoa sem chicanas						
			8:00 h		14:00 h		8:00 h							14:00 h							8:00 h			14:00 h			
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída	
135	16/02/01	555	6,12	5,17	6,01	5,11	6,92			7,01			7,20	10,10			9,87			9,90	7,27	7,43	7,40				
136	19/02/01	558	6,71	6,32	6,67	6,32	8,22			8,35			8,36	8,23			8,40			8,38	7,63	8,55	8,74	7,64	8,60	8,75	
137	21/02/01	560	6,90	6,88	6,93	6,98	6,35			6,41			6,60	9,23			9,93			9,95	7,23	7,72	7,74	10,27	10,73	10,73	
138	23/02/01	562	6,95	6,85	7,01	7,90	6,37			6,43			6,63	9,25			9,95			9,94	7,24	7,80	7,30	10,81	10,80	10,74	
139	05/03/01	572	6,70	6,30	6,70	6,25	5,54			5,55			5,58	7,21			7,25			7,33	9,77	9,10	9,71	9,82	9,80	10,50	
140	07/03/01	574	6,84	6,81	6,85	6,92																					
141	19/03/01	586	4,30	5,10	5,40	5,60	7,50			6,80			7,20	8,50			8,90			9,20	8,70	7,50	7,90	7,90	8,50	6,80	
142	21/03/01	588	6,50	6,30	7,00	7,40	8,10			7,50			6,80	9,10			9,50			9,30	5,20	5,40	5,60	7,80	7,20	7,70	
143	23/03/01	590	7,00	6,40	6,50	6,70	7,10			7,30			6,00	7,00			6,30			5,90	7,20	7,40	7,90	7,40	7,50	7,70	
144	02/04/01	600	3,30	4,50	4,40	4,60	6,40			6,30			6,70	7,30			7,50			7,90	6,90		7,30	8,60		8,50	
145	04/04/01	602	6,50	6,80	8,40	8,30	6,50			6,70			7,30							5,30		6,10					
146	06/04/01	604	6,50	6,30	6,30	6,60	8,10	8,20	8,50		8,40	8,30	8,60	9,10	10,20	9,90		9,90	9,90	10,00	7,90	8,30	8,20	9,80	9,70	9,60	
147	10/04/01	608					8,40	8,80	8,60		8,70	8,90	8,10	10,70	10,70	10,70		10,70	10,80	10,80	5,90	7,80	7,70	9,70	9,40	10,20	
148	17/04/01	615					6,00	6,30	6,50		7,10	7,30	6,30	10,50	9,40	10,70		10,60	10,70	10,80	8,50	8,30	8,10	10,90	10,10	11,10	
149	18/04/01	616												9,74	9,67	9,93		10,40	10,29	9,88				7,51	9,52	10,48	
150	20/04/01	618	7,20	7,40	8,40	8,50	9,20	9,90	10,10		9,80	9,80	9,90	10,10	11,00	9,30		9,80	10,40	10,60	9,00	9,00	9,10	10,50	10,60	10,80	
151	24/04/01	622					9,30	9,50	9,90		10,40	10,20	8,80	10,40	10,50	11,20		9,80	8,90	10,10	9,50	9,90	9,70	10,30	10,80	10,70	
152	27/04/01	625	6,20	6,50	6,80	6,90	7,10	7,60	8,00		8,00	8,30	8,40	8,90	8,80	9,00		10,10	9,60	9,70	8,30	8,30	8,40	9,40	9,80	9,90	
153	04/05/01	632	7,70	7,90	10,10	10,40	7,40	7,80	8,50		8,60	8,90	9,10	10,50	9,90	10,20		10,00	10,90	9,70	8,40	8,80	8,30	10,40	10,50	9,90	
154	08/05/01	636					7,50	7,90	8,00		7,80	7,10	8,20	9,50	9,90	10,50		10,40	9,60	9,30	7,40	7,60	7,80	10,50	10,60	10,80	
155	18/05/01	646	7,50	7,90	9,40	9,60	7,50	7,00	7,80		7,80	8,40	7,70	8,00	8,30	9,40		9,80	10,20	10,70	6,90	7,30	7,20	9,30	10,40	10,50	
156	21/05/01	649																			6,20	6,40	6,70	7,40	7,80	7,20	
157	22/05/01	650					6,20	5,80	5,90		6,40	6,70	6,60	9,60	9,70	9,70		9,60	9,90	9,80							
158	23/05/01	651												7,76	9,24	8,05		9,34	8,14	9,42				9,94	9,64	9,67	

PERFIL DE TEMPERATURA (°C) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																											
Nº	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas														Lagoa sem chicanas						
			8:00 h		14:00 h		8:00 h							14:00 h							8:00 h			14:00 h			
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída	
1	12/08/99	1					11,0			10,0			10,3									10,0	9,5	11,5			
2	01/09/99	21					16,0			16,0			16,0									16,5	16,0	15,8			
3	08/09/99	28					17,0			16,0			16,0									15,0	16,0	17,0			
4	13/09/99	33					17,0			17,0			14,0									16,0	16,0	17,0			
5	17/09/99	37					16,0			17,5			17,0	17,5			17,0				18,5	17,5	17,5	17,5	18,5	17,5	17,5
6	20/09/99	40					18,0			15,5			16,5	17,0			15,0				17,0	17,5	17,5	17,0	17,0	18,0	17,0
7	02/02/00	175	23,2	22,9	24,7	24,6	26,0			25,7			25,7	28,4			28,7				28,8	23,6	26,7	25,8	29,6	29,7	30,1
8	04/02/00	177	23,3	23,7	26,9	25,9	24,2			24,4			24,5	30,5			31,5				31,7	23,8	23,6	23,5	32,4	33,0	33,1
9	07/02/00	180	21,3	23,4	24,4	23,8	23,6			23,7			23,5	26,1			27,0				26,6	23,4	23,3	23,1	26,7	26,6	26,4
10	09/02/00	182	22,0	22,8	23,7	23,2	22,3			22,8			22,2									23,3	22,4	22,4			
11	11/02/00	184	22,8	22,9	25,1	25,1	23,1			23,0			23,2	31,8			32,1				32,8	24,1	24,2	24,0	26,8	28,3	29,4
12	14/02/00	187	23,6	24,2	25,0	25,1	24,0			24,0			24,2	29,7			29,6				29,8				25,2	26,0	26,1
13	16/02/00	189	22,9	23,8										25,1			25,1				25,0	23,1	23,1	23,0	32,5	32,6	32,4
14	21/02/00	194	23,4	23,5	25,2	24,7	22,7			22,7			22,7	28,1			28,1				28,3	22,6	22,8	22,7	28,9	27,8	28,4
15	23/02/00	196	23,5	23,5	26,1	25,1	22,7			22,8			22,8	27,7			27,7				27,9	22,6	22,7	22,9	29,5	28,8	29,1
16	25/02/00	198	24,2	24,1	26,3	25,7	23,6			23,7			23,6	33,7			32,8				34,0	23,6	23,8	23,7	33,8	32,8	32,5
17	28/02/00	201	25,1	24,4	26,6	26,2	24,2			24,2			24,2	30,0			30,5				30,9	24,8	24,6	24,2	31,5	32,7	32,8
18	01/03/00	203	24,1	23,7	26,0	24,8	23,4			23,3			23,5	29,1			29,0				30,7	23,1	23,2	23,1	29,0	28,9	28,9
19	03/03/00	205	24,7	23,4	24,8	25,0	24,0			24,4			24,4	27,0			26,9				27,9	24,8	24,9	25,1	28,4	28,5	28,2
20	10/03/00	212	23,6	22,8	24,8	24,3	22,7			23,5			24,1	25,5			26,9				26,9	23,9	23,6	23,3	28,1	28,0	28,3
21	13/03/00	215	22,2	22,8	23,4	23,6	21,8			22,0			22,0	24,6			24,5				24,6	22,0	22,0	21,9	25,1	24,8	25,2
22	15/03/00	217	23,3	25,2	24,9	24,3	22,2			22,3			22,7	28,4			28,3				28,8	22,4	22,3	22,2	27,0	28,2	28,3
23	17/03/00	219	23,3	22,7	24,7	24,8	22,2			22,4			22,4	28,6			29,4				30,0	22,1	22,3	22,3	28,9	29,5	29,9
24	20/03/00	222	23,5	22,5	24,7	24,5	22,3			22,3			22,3	28,9			29,5				28,3	22,2	22,1	22,1	29,8	29,7	28,9
25	22/03/00	224	23,4	23,0	26,1	24,8	22,5			22,6			22,6	31,7			31,2				31,6	22,6	22,5	22,4	32,0	31,9	31,8
26	24/03/00	226	23,2	23,1	24,7	24,2	22,8			22,9			22,9	25,1			26,4				29,0	22,6	22,9	22,8	26,9	27,5	28,2
27	27/03/00	229	24,1	23,5	25,3	25,0	23,4			23,5			23,5	30,0			30,2				31,5	23,4	23,5	23,1	30,5	30,9	31,7
28	29/03/00	231	23,7	23,5	24,8	25,0	23,3			23,6			23,7	28,0			27,9				28,3	23,3	23,2	23,0	28,1	29,0	29,0
29	31/03/00	233	23,5	23,1	25,3	25,1	22,9			23,0			23,0	31,5			31,4				31,7	23,1	23,0	22,8	30,8	31,7	31,8
30	03/04/00	236	23,3	23,2	24,4	24,1	22,6			22,6			22,6	25,1			25,6				25,4	22,6	22,7	22,7	25,1	25,1	25,5
31	04/04/00	237																									27,8
32	05/04/00	238	22,5	22,3	24,7	23,5	21,5			21,5			21,5	27,6			27,7				27,8	21,5	21,4	21,3	27,8	27,2	28,1
33	07/04/00	240	23,2	23,1	28,5	23,9	22,0			22,5			22,4	28,4			28,1				28,4	22,4	22,5	22,3	28,2	27,3	28,0
34	10/04/00	243	23,0	23,2	25,5	24,3	22,2			22,2			22,2	28,3			28,3				29,6	22,3	22,4	22,3	29,3	28,9	29,8
35	11/04/00	244															28,6	27,8									27,4

PERFIL DE TEMPERATURA (°C) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																											
Nº	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas														Lagoa sem chicanas						
			8:00 h		14:00 h		8:00 h							14:00 h							8:00 h			14:00 h			
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída	
36	12/04/00	245	23,1	22,6	25,7	24,6	22,0			22,2			22,3	29,7			30,0			30,0	22,3	22,4	22,3	30,8	30,6	30,5	
37	14/04/00	247	23,4	23,3	25,2	24,5	22,3			22,4			22,4	28,9			29,6			29,6	22,4	22,4	22,3	29,7	30,2	30,5	
38	17/04/00	250	23,7	23,4	24,1	24,3	22,9			22,9			22,8	27,7			28,1			28,3	22,8	22,8	22,7	28,1	27,9	28,1	
39	18/04/00	251													29,0	28,8		28,6	28,5							28,9	
40	19/04/00	252	23,1	23,0	25,4	24,7	22,4			22,5			22,5	28,7			29,1			29,2	22,6	22,6	22,4	29,1	29,6	30,1	
41	24/04/00	257	22,1	20,8	24,4	22,7	20,3			20,8			20,8	27,4			27,6			28,0	20,6	21,0	20,8	28,1	28,0	27,9	
42	26/04/00	259	21,1	21,4	23,5	22,4	19,6			20,0			19,6	26,6	26,6	26,2	26,5	26,6	26,2	26,8	20,0	19,8	19,9	27,0	26,8	26,9	
43	01/05/00	264	22,0	22,2	24,3	23,4	20,7			20,8			20,7	26,0			26,8			27,1	20,8	20,5	20,5	27,7	26,7	28,0	
44	02/05/00	265													23,4	23,9		24,3	23,9							23,8	
45	03/05/00	266	22,8	22,4	24,0	23,4	21,6			21,7			21,7	24,8			25,4			25,9	22,0	21,9	21,8	25,1	25,4	25,9	
46	05/05/00	268	21,7	21,6	23,1	23,2	21,1			21,1			21,0	23,9			25,2			26,0	20,9	20,8	20,9	26,1	26,5	26,6	
47	08/05/00	271	22,8	22,3	24,2	23,3	21,5			21,6			21,7	24,6			25,0			25,7	21,8	21,6	21,7	25,7	25,7	26,3	
48	09/05/00	272													26,0	25,1		26,0	25,3							26,2	
49	10/05/00	273	19,8	22,2	24,0	23,4	21,0			21,3			21,2	24,6			25,1			25,6	21,0	21,0	20,8	26,0	26,2	26,1	
50	12/05/00	275	21,2	21,2	23,4	21,7	19,3			19,7			19,3	22,2			24,1			23,9	19,4	19,3	19,1	24,7	24,9	25,2	
51	15/05/00	278	20,4	20,3	21,7	21,3	18,5			18,6			18,5	20,5	25,3	26,1	23,7	25,3	26,1	24,7	18,9	18,6	18,4	24,7	24,5	24,5	
52	17/05/00	280	21,1	20,9	23,4	22,8	19,3			19,7			19,7	25,4			25,2			25,7	20,0	19,7	19,5	24,2	24,5	24,1	
53	19/05/00	282	19,2	20,3	24,0	21,2	19,0			18,7			18,6	25,0			25,1			25,1	18,2	18,5	18,0	25,1	25,2	25,7	
54	22/05/00	285	19,9	19,7	20,9	21,1	18,1			18,2			18,3	19,1			19,7			19,6	18,5	18,0	18,0	19,5	19,4	19,4	
55	23/05/00	286													22,1	22,2		22,3	22,3							22,3	
56	24/05/00	287	20,1	20,2	21,5	21,3	17,6			17,7			17,5	23,6			24,3			24,2	18,0	17,7	17,4	24,0	23,7	23,3	
57	26/05/00	289	19,7	19,9	22,4	21,2	18,3			18,4			18,2	24,1			24,4			24,6	18,6	18,8	18,5	24,8	23,9	24,1	
58	29/05/00	292	20,4	20,4	21,5	21,3	18,6			18,7			18,5	21,2			21,3			21,2	18,6	18,6	18,5	21,1	21,3	21,4	
59	31/05/00	294			22,6	21,2								25,5			25,9			26,0				25,3	26,2	26,0	
60	02/06/00	296	20,5	20,7	22,0	21,9	19,3			19,4			19,3	23,4			23,5			24,5	19,3	19,3	19,3	23,4	22,9	23,1	
61	05/06/00	299	19,3	19,7	20,4	20,4	18,8			18,8			18,8	19,4			19,5			19,6	18,2	18,4	18,6	19,5	19,4	19,5	
62	06/06/00	300													23,1	22,4		23,1	22,8							22,4	
63	07/06/00	301	19,1	19,5	21,4	21,1	18,2			18,1			17,8	22,7			23,2			23,8	17,7	17,7	17,6	22,1	23,2	23,3	
64	09/06/00	303	21,9	19,7	22,5	21,0	22,1			22,4			22,6	24,1			24,5			25,5	22,3	22,3	21,9	24,2	24,1	25,2	
65	12/06/00	306	18,9	19,8	21,3	20,3	18,1			18,0			18,1	22,6			22,8			23,0	18,0	18,1	18,0	23,0	22,8	22,1	
66	13/06/00	307													24,3	23,5		24,1	23,8							23,9	
67	14/06/00	308	19,3	19,6	23,4	21,1	17,8			18,1			18,1	23,6			23,5			23,4	17,8	17,7	17,8	23,8	23,6	24,2	
68	16/06/00	310	18,5	19,3	20,6	20,5	17,5			17,5			17,4	21,1			21,1			21,4	17,7	17,7	17,7	20,7	20,8	20,8	
69	19/06/00	313	20,1	19,8	22,4	20,4	18,6			18,5			18,4	23,4			23,6			24,3	18,7	18,4	18,2	23,9	23,6	24,3	
70	28/06/00	322	18,3	18,4	22,7	20,1	17,5	16,6	17,0	16,9	17,1	16,5	16,6	22,7	23,0	23,0	22,6	22,8	23,4	23,4	17,1	17,1	16,5	23,4	22,1	23,4	

PERFIL DE TEMPERATURA (°C) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																										
Nº	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas														Lagoa sem chicanas					
			8:00 h		14:00 h		8:00 h							14:00 h							8:00 h			14:00 h		
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída
71	30/06/00	324			21,5	22,1								22,1			23,0			22,2			22,1	22,6	23,5	
72	03/07/00	327	19,0	18,8	21,0	20,3	17,5	17,9	17,7	17,8	17,7	17,9	18,0	22,0	22,3	22,0	22,0	22,1	22,2	22,8	17,5	17,3	17,4	21,3	21,1	22,3
73	05/07/00	329	18,6	19,6	21,9	20,5	17,7	17,5	17,4	17,7	17,7	17,4	17,4	22,4	22,5	23,0	22,6	22,6	23,1	23,1	17,4	17,3	17,3	23,3	23,8	23,2
74	07/07/00	331	18,8	19,8	21,2	20,3	18,0	17,8	17,9	18,0	17,9	17,8	18,0	23,7	24,0	24,0	23,7	23,8	24,6	24,4	17,4	17,5	17,6	24,1	23,7	24,1
75	10/07/00	334	19,4	19,8			17,7	18,0	18,1	18,0	18,0	17,9	18,2	21,1	21,7	21,4	21,5	21,5	21,6	21,8	17,9	17,5	17,5	21,7	21,3	21,4
76	12/07/00	336	18,6	19,2			17,0	17,6	17,6	17,8	17,8	17,6	17,5	23,5	24,1	24,7	23,4	23,3	24,9	24,7	17,4	17,2	17,4	24,8	24,6	24,7
77	14/07/00	338	19,6	18,7	20,4	20,1	18,4	18,2	18,0	18,3	18,2	18,0	18,1	20,6	20,4	20,4	20,4	20,5	20,5	20,3	18,1	18,0	17,9	20,9	21,0	20,8
78	17/07/00	341	18,2	18,2	19,1	18,9	16,6			16,6			16,3	22,0			22,0			22,6	16,8	16,6	16,3	22,3	22,0	21,8
79	19/07/00	343	17,3	17,7	19,8	19,3	15,9			15,7			15,5	22,8			22,7			23,7	15,6	15,4	15,3	22,4	21,8	22,0
80	21/07/00	345	19,5	18,7	19,4	19,4	16,8			16,6			16,6	19,4			19,7			19,8	17,3	17,0	16,8	19,6	19,5	19,4
81	24/07/00	348	19,1	19,5	21,8	20,9	18,0	18,1	18,1	18,0	18,0	18,1	18,0	23,8	23,9	23,9	23,8	23,7	23,9	24,2	18,4	18,2	18,1	25,0	24,6	24,8
82	26/07/00	350	18,8	19,4	19,5	19,6	17,6	17,8	17,7	17,9	17,6	17,6	17,7	19,1	19,3	19,2	19,3	19,2	19,2	19,3	17,9	17,9	17,7	19,1	19,2	19,1
83	28/07/00	352	17,7	18,2	18,5	19,8	17,6	17,1	17,1	17,3	17,2	16,9	17,2	18,9	18,7	18,5	18,7	18,6	18,4	18,7	17,5	17,3	17,4	20,5	21,3	21,0
84	31/07/00	355	17,5	18,0	20,0	19,3	16,4	16,0	16,2	16,0	16,0	16,1	20,8	23,4	23,4	22,9	22,5	23,6	24,0	15,8	15,7	15,8	22,6	22,8	23,2	
85	02/08/00	357	19,5	19,0	20,3	19,8	17,4	17,4	17,4	17,4	17,3	17,5	17,4	21,8	22,2	21,5	22,1	22,0	21,6	22,1	17,9	17,7	17,6	21,3	21,3	21,4
86	04/08/00	359	18,7	19,1	20,6	20,1	17,5	17,3	17,3	17,4	17,5	17,0	17,3	24,5	23,2	23,2	23,4	23,6	23,6	24,2	17,6	17,6	17,5	23,8	23,6	23,4
87	07/08/00	362	16,8	18,5	20,6	19,6	16,3	15,9	16,0	16,2	15,7	15,9	15,8	22,8	23,3	22,8	23,4	23,9	22,9	23,8	16,3	16,0	15,9	23,4	23,3	23,3
88	09/08/00	364	18,4	19,7	21,2	20,4	18,5	18,4	18,1	18,2	18,3	18,2	18,1	22,8	23,4	23,3	23,8	24,9	23,4	24,4	18,0	18,1	17,8	24,1	24,2	24,3
89	11/08/00	366	19,3	20,0	21,6	21,1	18,3	18,0	18,1	18,1	17,9	18,1	18,0	23,2	25,2	23,3	24,4	25,5	24,7	25,9	18,2	18,2	18,1	25,8	25,8	25,8
90	14/08/00	369	18,4	18,2	20,4	19,3	16,5	16,0	16,3	16,3	16,1	16,1	16,2	22,7	22,4	22,3	22,3	22,7	22,0	22,0	16,0	16,2	16,0	23,5	23,4	23,6
91	16/08/00	371	16,9	17,1	21,3	20,2	17,0	16,9	16,8	16,8	16,6	16,8	16,6	24,1	24,3	24,2	24,0	24,7	23,8	24,6	16,2	16,3	16,4	25,6	25,1	25,3
92	18/08/00	373	18,5	19,5	21,0	20,3	18,0	17,7	17,7	17,6	17,2	17,3	17,6	24,3	24,1	23,6	23,9	24,1	23,4	23,6	17,2	17,2	17,1	25,1	24,7	24,6
93	21/08/00	376	18,4	19,1	21,0	20,6	17,8	17,1	17,5	17,5	17,0	17,3	17,3	24,7	24,3	24,8	24,6	24,0	24,2	24,0	16,3	16,6	16,8	25,4	25,4	25,0
94	23/08/00	378	19,0	19,4	21,8	21,2	18,0	18,6	18,0	17,9	18,2	18,4	18,1	24,2	25,0	24,8	25,0	25,1	24,7	25,1	18,7	18,7	18,4	25,6	25,0	24,9
95	25/08/00	380	19,4	20,3	22,4	21,6	19,2	19,2	19,3	19,1	19,1	19,1	19,0	25,8	26,0	25,5	25,5	25,9	25,4	26,0	18,8	18,8	18,7	26,5	26,2	26,3
96	28/08/00	383	25,0	21,5	22,5	22,6	20,7	20,3	20,6	20,6	20,2	20,5	20,4	24,1	24,6	24,6	24,9	25,0	24,9	25,2	20,4	20,3	20,3	24,4	24,6	24,8
97	30/08/00	385	20,0	20,3	21,2	21,2	19,6	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	21,6	21,3	21,6	21,7	21,4	21,6	21,6	18,5	18,9	19,0	22,2	22,0	22,0
98	01/09/00	387	25,0	20,5	21,5	21,3	19,4	20,3	20,6	19,3	20,2	20,5	19,1	22,0	24,6	24,6	22,7	25,0	24,9	23,2	18,8	18,8	18,8	23,6	23,6	23,6
99	04/09/00	390	19,8	19,5	20,2	20,0	18,3	18,6	18,0	18,6			18,5	20,0			20,1			20,0	18,3	18,1	18,1	21,1	21,0	21,0
100	06/09/00	392	18,5	18,6			18,1			18,0			17,9								18,6	18,5	18,6			
101	11/09/00	397	18,7	18,5	23,1	23,0	18,5	18,4	18,5	18,4	18,6	18,0	18,7	22,9	22,5	22,7	23,0	22,6	22,8	23,1	18,1	18,0	18,3	23,5	23,4	23,2
102	13/09/00	399	19,9	19,8	20,9	20,6	19,7	19,9	19,8	19,9	19,8	19,7	19,8	23,2	23,6	23,1	23,2	23,8	23,4	23,5	19,8	19,9	20,0	23,9	23,8	23,9
103	15/09/00	401	20,5	20,4	21,8	21,9	19,3	19,6	19,5	19,5	19,4	19,3	19,6	24,9	25,6	25,4	24,5	25,3	25,6	24,3	20,4	19,9	19,6	26,9	26,5	26,2
104	18/09/00	404	19,8	19,6	24,2	24,3	19,8	20,0	19,9	20,0	20,2	20,1	20,1	24,6	24,3	24,5	24,7	24,4	24,3	24,6	20,0	20,1	20,2	24,6	24,5	24,8
105	20/09/00	406	19,6	19,7	24,5	24,6	20,1	20,1	20,1	19,9	20,0	20,0	20,0	24,6	25,9	24,8	24,9	25,6	25,7	25,1	19,8	19,8	19,9	24,8	25,0	25,0

PERFIL DE TEMPERATURA (°C) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																										
N°	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas														Lagoa sem chicanas					
			8:00 h		14:00 h		8:00 h							14:00 h							8:00 h			14:00 h		
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída
106	22/09/00	408	19,4	19,3	22,7	22,4	18,6	19,1	19,2	18,8	19,0	19,1	18,9	23,8	24,8	24,9	24,0	24,7	24,7	24,1	19,0	18,9	19,1	23,7	24,0	24,1
107	25/09/00	411	20,0	19,9	23,1	23,0	20,5	20,5	20,4	20,4	20,2	20,3	20,6	23,8	24,0	23,9	23,7	24,0	23,8	23,9	20,4	20,7	20,4	23,8	23,9	23,8
108	27/09/00	413	18,9	19,1	19,9	19,6	18,9	19,2	18,9	19,3	19,0	19,1	19,2	20,6	20,3	20,7	20,9	20,7	20,9	21,0	18,4	18,9	18,7	21,1	20,8	20,9
109	29/09/00	415	18,8	18,9	20,8	20,9	19,0	18,6	18,8	18,7	18,3	18,7	18,6	23,5	24,5	23,5	23,7	24,5	23,5	24,1	18,9	19,2	18,7	24,1	24,5	24,3
110	02/10/00	418	18,5	20,6		26,8	20,3	21,1	20,4	20,4	20,9	20,4	20,4	28,6	28,5	28,6	28,7	27,8	28,3	28,2	20,5	20,7	20,3	28,0	27,6	28,0
111	04/10/00	420	21,5	22,0	23,7	23,6	22,0	21,4	21,6	21,4	21,1	21,3	21,3	31,3	31,5	31,3	31,6	31,4	31,1	31,4	22,0	21,9	21,8	30,8	30,7	30,7
112	06/10/00	422	22,1	22,7	25,9	25,8	23,9	24,0	23,6	23,7	24,4	23,7	23,7	25,9	25,3	25,4	26,1	25,5	25,4	26,0	23,8	23,6	23,4	26,3	26,6	26,4
113	11/10/00	427	21,2	21,5	22,4	21,8	22,5	22,5	22,5	22,5	22,7	22,6	22,4	22,8	23,4	23,1	22,6	23,2	23,4	22,2	20,5	20,9	20,8	23,1	23,0	23,2
114	16/10/00	432	22,3	22,7	23,4	23,5	22,2	22,6	22,5	22,3	22,7	22,4	22,2	24,6	24,8	24,4	24,7	24,7	24,6	24,5	23,0	22,9	22,8	24,8	24,9	25,0
115	18/10/00	434	22,3	22,4	24,3	23,5	22,6	23,0	23,1	22,7	22,8	22,7	22,3	24,6	24,9	24,6	24,7	24,7	24,5	24,4	23,0	22,9	23,0	24,5	24,8	24,5
116	20/10/00	436	22,2	22,7	23,4	24,5	22,5	22,8	22,8	22,7	22,6	22,5	22,8	25,2	25,4	25,6	25,0	25,5	25,8	25,2	23,4	23,7	23,6	25,4	25,6	25,7
117	23/10/00	439	22,8	22,8	25,2	25,2	22,3	22,7	22,4	22,5	22,5	22,6	22,6	24,6	25,6	25,7	24,3	25,5	25,4	24,4	22,8	22,6	22,9	25,6	25,8	25,7
118	25/10/00	441	23,8	24,5	24,9	25,0	22,4	22,2	23,1	22,8	22,0	23,2	22,8	29,6	29,6	29,8	30,3	29,4	29,7	29,5	22,5	22,6	22,6	30,6	30,8	30,6
119	27/10/00	443	21,3	20,1	24,5	25,9	21,9	22,1	22,3	22,0	22,4	22,4	21,8	25,0	25,2	25,2	25,3	25,3	25,4	25,2	22,5	22,2	22,4	25,6	25,5	25,8
120	30/10/00	446	18,9	19,0	20,1	20,0	20,1	20,1	19,9	19,9	19,8	20,0	20,0	19,3	19,3	19,3	19,6	19,5	19,2	19,4	20,1	20,0	19,9	19,4	19,5	19,7
121	01/11/00	448	21,8	21,7			21,6	21,8	22,0	21,8	21,8	21,7	21,6								22,0	21,9	22,0			
122	08/11/00	455	18,8	19,1	21,1	20,8	20,2	19,7	19,8	19,4	19,4	19,6	19,3								19,4	19,5	19,3			
123	10/11/00	457	21,3	21,4	23,4	23,4	20,3	20,0	20,0	20,2	20,0	20,1	20,3	24,0	23,9	24,0	24,1	24,0	24,0	24,1	20,2	20,3	20,2	24,1	24,1	24,0
124	13/11/00	460	21,2	21,3	22,6	22,8	22,4			22,6			22,4	24,4			24,6			24,7	22,5	22,4	22,3	23,8	24,2	24,4
125	15/11/00	462	20,9	21,7																	21,6					
126	17/11/00	464	19,4	19,5			19,6			19,9			19,8								19,2	19,6	19,2			
127	20/11/00	467	19,9	19,7	23,7	21,6	20,3			20,4			20,3	23,4			23,6			23,8	20,4	20,4	20,4	23,6	23,7	23,6
128	22/11/00	469	21,9	21,8	23,3	23,4	22,5			22,4			22,5	23,4			23,3			23,4	22,3	22,7	22,4	23,6	23,5	23,4
129	24/11/00	471	22,2	22,4	23,4	23,5	22,8			22,9			22,6	29,8			29,6			29,7	22,9	23,2	23,0	29,2	29,3	29,2
130	27/11/00	474	22,3	22,4	22,3	22,6	21,8			21,9			21,8	24,2			24,4			24,2	22,1	22,1	22,0	24,6	24,3	24,1
131	29/11/00	476	21,0	21,2	23,8	23,6	21,3			21,5			21,5	26,7			26,4			26,3	21,1	21,5	21,5	26,7	26,0	26,4
132	04/12/00	481	21,6	21,7	25,1	25,4	22,4			22,5			22,4	25,0			25,2			25,4	22,5	22,4	22,3	25,0	25,2	25,1
133	06/12/00	483	22,4	22,8			23,2			23,1			23,2							23,2	23,4	23,3				
134	11/12/00	488	21,3	21,1	24,6	24,5	23,0			23,2			23,4	24,6			24,7			24,5	23,4	23,2	23,4	25,6	25,4	25,5
135	13/12/00	490	22,0	21,7	25,8	24,6	23,1			23,2			23,3	25,4			25,6			25,5	23,2	23,1	23,4	25,7	25,6	25,8
136	15/12/00	492	22,0	22,9			22,7			22,8			22,6							23,5	23,4	23,4				
137	12/02/01	551					25,00			25,00			25,00							24,00	24,00	24,00	32,00	32,00	32,00	
138	14/02/01	553					25,00			25,00			25,00							25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	
139	16/02/01	555					25,00			25,00			25,00							25,00	25,00	25,00	24,00	24,00	24,00	
140	19/02/01	558					25,00			25,00			25,00	25,00			25,00	25,00		25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	

PERFIL DE TEMPERATURA (°C) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																										
N°	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas														Lagoa sem chicanas					
			8:00 h		14:00 h		8:00 h							14:00 h							8:00 h			14:00 h		
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída
141	21/02/01	560					24,00			24,00			24,00	29,00			33,00	32,00			24,00	24,00	24,00	32,00	33,00	33,00
142	05/03/01	572					24,00			24,00			24,00	25,00			25,00	25,00			27,00	27,00	27,00	25,00	25,00	25,00
143	19/03/01	586	24,0	24,00	24,80	24,80	23,00			23,00			23,00	25,00			25,00	25,00			24,00	24,00	24,00	25,00	25,00	25,00
144	21/03/01	588	24,3	24,30	23,90	23,90	23,00			23,00			23,00	25,40			25,40	25,40			22,70	22,70	22,70	22,70	22,70	22,70
145	23/03/01	590					24,00			24,00			24,00	33,00			34,00	31,00			24,00	25,00	25,00	34,00	32,00	33,00
146	23/03/01	590	26,0	26,00	25,00	25,00	26,00			26,00			26,00	25,00			25,00	25,00			26,00	26,00	26,00	25,00	25,00	25,00
147	30/03/01	597	24,0	24,00	25,00	25,00	23,00	23,00	23,00		23,00	23,00	23,00	28,00	28,00	28,00		28,00	28,00	28,00	25,00	25,00	25,00	29,00	29,00	29,00
148	02/04/01	600	23,3	23,30	21,60	21,60	21,60			21,60			21,60	27,50			27,50	27,50			21,40		21,40	26,00		26,40
149	03/04/01	601	24,0	24,00	25,00	25,00	23,00	23,00	23,00		23,00	23,00	23,00	30,00	28,00	29,00		28,00	29,00	29,00						
150	04/04/01	602	23,0	23,30	27,40	27,40	24,30			24,30			24,30								24,40		24,30	26,40		
151	06/04/01	604					24,20	23,60	24,00		23,50	23,90	23,60	30,60	29,60	30,30		29,80	30,30	30,50	24,30	24,00	23,70	30,80	31,30	30,50
152	06/04/01	604	23,7	23,50	25,10	24,80	24,20	23,60	24,00		23,50	23,90	23,60	30,60	29,60	30,30		29,80	30,30	30,50	24,30	24,00	23,70	30,80	31,30	30,50
153	08/04/01	606					20,10	21,20	20,30		19,40	19,80	21,50	23,40	22,50	22,70		24,10	23,30	22,90	19,20	19,60	19,50	23,40	23,80	23,70
154	10/04/01	608					24,30	24,50	23,00		23,90	24,70	24,60	31,40	31,20	30,70		30,70	30,90	30,10	22,50	22,20	22,60	29,60	30,30	31,90
155	17/04/01	615					19,90	19,90	19,80		20,10	20,30	20,00	29,50	28,30	31,20		29,80	29,80	29,80	20,30	20,20	20,00	29,60	29,50	29,90
156	18/04/01	616												28,80	28,40	29,10		27,90	28,70	27,90				27,80	27,70	28,40
157	20/04/01	618	21,0	22,20	24,30	24,40	24,80	24,20	23,90		23,50	23,30	23,50	27,20	27,50	27,80		27,90	28,00	28,50	23,40	23,70	23,60	25,20	25,30	25,40
158	24/04/01	622					24,50	24,30	24,80		24,90	22,30	22,40	27,50	28,20	28,40		27,30	27,80	28,80	22,40	22,70	22,90	26,30	26,80	26,90
159	27/04/01	625	21,0	21,20	23,40	23,50	19,60	19,60	19,80		19,60	19,60	19,60	20,10	21,00	21,30		22,50	22,80	23,10	20,40	20,30	19,90	22,20	22,40	22,50
160	04/05/01	632	22,4	22,40	26,70	26,70	23,40	23,50	23,40		23,70	23,00	22,20	26,90	27,40	27,20		27,70	27,10	27,00	22,60	22,80	23,20	26,80	26,40	26,50
161	08/05/01	636					20,10	21,20	20,30		19,40	19,80	21,50	23,40	22,50	22,70		24,10	23,30	22,90	19,20	19,60	19,50	23,40	23,80	23,70
162	18/05/01	646	20,3	21,20	22,10	23,00	20,60	20,20	20,90		20,90	20,80	20,90	20,10	21,30	23,40		23,50	23,70	23,90	20,50	20,70	20,10	22,40	23,50	23,80
163	21/05/01	649	19,0	18,30	20,40	20,50							18,50							20,10	19,60	19,40	19,10	20,20	20,40	20,50
164	22/05/01	650					18,10	18,40	18,30		19,00	19,40	19,40	22,80	22,80	23,10		24,40	22,90	23,70						
165	23/05/01	651	18,0	18,70	20,30	30,45							19,10	21,7	23,4	22,5	23,8	22,7	23,7	21,10			19,60	21,1	22,5	21,8

PERFIL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (20 cm) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																												
Nº	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas													Lagoa sem chicanas								
			8:00 h		14:00 h		8:00 h						14:00 h							8:00 h			14:00 h					
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída		
1	17/03/00	219	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9						1,0	25,8							15,0	2,6		11,0	3,0		14,1	
2	24/03/00	226	0,1	0,1	0,1	0,1		5,9	3,5			3,6	4,8	4,8		14,8	16,0			17,0	17,4	17,9	5,2		1,4	24,3		21,1
3	31/03/00	233	0,1	1,5	0,1	2,5	1,5	1,0	3,8			3,4	6,5	6,5	23,2	19,6	15,7			12,5	18,9	17,9	1,7	0,7	2,9	23,8	17,8	20,5
4	07/04/00	240	0,7	0,8	0,9	1,1	0,1	0,1	0,1			0,1	0,8	0,2	8,1	5,5	10,8			4,3	16,3	20,8	0,9	0,1	1,0	24,6	6,0	18,0
5	14/04/00	247	0,5	0,7	2,9	4,0	0,1	0,1	1,0			0,1	0,1	0,1	8,1	3,0	9,4			7,1	4,4	7,3	0,1	0,1	1,1	6,7	5,8	6,6
6	27/04/00	260	0,9	2,6	2,9	2,9	1,2	1,2	1,3			3,3	3,5	2,8	12,4	23,1	18,5			25,9	17,9	16,0	3,3	2,6	4,4	19,8	19,7	20,1
7	05/05/00	268	0,1	0,1	0,8	1,9	2,1	1,1	1,3			1,7	1,6	1,0	4,7	4,0	4,9			4,0	10,6	3,4	0,7	1,3	1,5	5,8	7,5	9,1
8	12/05/00	275	2,0	1,6	1,0	1,4	0,8	1,2	0,9			1,2	0,8	1,6	4,9	5,2	4,8			1,8	2,0	1,3	0,7	1,2	1,2	2,1	2,1	1,3
9	16/05/00	279	1,5	1,4	1,7	0,8	0,8	0,8	1,0			0,9	0,7	1,1	6,6	6,6	4,4			4,5	4,7	5,6	1,3	1,2	0,8	5,2	2,2	2,0
10	20/05/00	283	1,8	1,0		0,2	0,5	0,6	0,4			0,4	0,4	0,8	10,4	14,0	15,3			10,0	14,0	12,0	0,3	0,3	0,4	1,2	1,0	2,0
11	23/05/00	286	0,6	0,7	1,5	0,8	0,6	0,6	0,6			0,8	0,4	1,2	1,8	1,6	1,4			1,1	0,9	0,8	0,4	0,6	0,6	0,7	1,6	0,6
12	25/05/00	288	1,4	0,8	1,4	1,6	0,5	0,5	0,4			0,7	0,3	1,2	0,8	0,8	0,8			0,8	0,7	1,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
13	30/05/00	293					0,3	0,4	0,3			0,5	0,3	0,6	5,0	8,4	5,7			5,9	4,8	6,0	0,3	0,4	0,6	8,2	8,0	2,2
14	02/06/00	296	0,4	0,8	0,4	1,0	0,5	0,5	0,5			0,7	0,7	2,8	4,4	2,6	2,4			0,8	1,0	0,5	0,2	0,4	1,1	1,3	1,0	0,8
15	06/06/00	300	2,0	1,8	2,6	1,4	0,7	0,6	0,6			0,8	1,1	0,8	4,2	2,4	2,6			2,9	0,7	1,6	1,2	1,4	1,0	3,2	2,5	2,8
16	09/06/00	303	1,3	1,1			0,6	0,8	0,6			0,9	0,8	1,1									0,4	0,4	0,6			
17	13/06/00	307	1,2	0,8		1,2	0,8	0,8	1,4			1,1	0,9	1,4	0,8	0,9	1,8			1,2	1,6	1,6	1,1	1,1	1,2	1,7	2,0	2,2
18	21/06/00	315	1,7	1,0	2,8	2,0	0,6	0,8	0,8			0,9	0,6	1,2	0,8	2,2	0,8			0,6	0,4	2,3	0,4	0,5	0,5	2,9	3,1	2,3
19	22/06/00	316	2,1	1,1	1,9	1,2	0,5	0,6	0,4			0,6	0,5	0,8	3,5	5,2	2,6			1,0	0,7	1,6	1,2	1,7	1,2	9,2	11,2	12,0
20	27/06/00	321	1,7	1,0	2,1	1,0	0,6	0,8	1,2			1,0	1,2	1,0	4,9	3,9	3,0			3,1	7,2	12,0	0,6	0,8	1,0	2,9	3,4	5,6
21	04/07/00	328	0,4	1,2	2,1	1,0	0,6	0,7	0,6			0,8	0,6	1,0	1,8	2,0	0,5			0,8	0,4	1,0	0,4	0,6	0,5	0,5	1,7	1,0
22	07/07/00	331	2,4	0,9	1,8	1,2	0,6	0,5	0,4			0,6	0,6	1,1	0,6	3,2	1,2			0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	3,2	2,8	1,3
23	11/07/00	335	0,7	1,0	1,8	1,1	0,6	0,6	0,5			0,7	0,4	1,1	1,9	0,4	0,6			0,4	0,8	0,5	0,4	0,5	0,5	0,8	1,0	0,8
24	14/07/00	338	2,4	1,3	0,5	0,8	0,7	0,4	0,4			0,4	0,4	0,4	0,8	1,0	0,4			0,5	1,2	1,0	0,6	0,5	0,5	3,2	2,4	0,6
25	25/07/00	349	1,9	1,2	1,2	1,6	0,8	0,8	0,6			0,7	0,6	0,9	1,0	0,4	0,6			0,4	3,0	9,3	0,5	0,6	0,5	7,0	1,0	13,5
26	28/07/00	352	1,6	1,3	1,2	1,6	0,4	0,4	0,5			0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	0,6			0,4	0,8	0,7	1,0	0,8	0,8	5,2	5,5	11,0
27	01/08/00	356	2,6	1,4	1,4	1,0	0,4	0,4	0,5			0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8			0,5	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,6	0,9	2,1
28	04/08/00	359	1,4	1,0	3,0	2,8	0,6	0,6	0,6			0,8	0,4	1,0	1,8	2,0	1,9			2,0	2,0	2,0	0,4	0,8	0,4	6,2	8,0	3,7
29	15/08/00	370	1,8	1,2	1,7	1,0	0,6	0,5	0,4			0,8	0,8	0,5	0,8	0,6	0,6			0,6	0,6	0,7	1,7	2,7	1,9	12,2	10,4	15,8
30	18/08/00	373	0,6	0,9	0,8	1,0	0,4	0,5	0,7			0,9	0,9	0,5	0,8	0,7	0,2			0,4	0,6	0,4	1,1	1,6	1,5	10,0	10,5	8,7
31	22/08/00	377	1,1	0,9	0,6	0,8	0,5	0,4	0,5			0,3	0,6	0,7	0,7	0,9	0,6			0,6	0,3	0,4	3,0	1,0	0,9	4,0	6,1	5,3
32	25/08/00	380	0,1	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,5			0,4	0,2	0,4	0,1	0,3	0,4			0,2	0,4	0,6	0,9	4,0	1,0	2,0	6,0	7,0
33	29/08/00	384	0,3	1,0	2,1	2,1	0,6	0,5	0,5			0,4	0,4	0,6	1,2	1,3	1,1			1,4	1,8	1,1	0,4	0,4	0,6	1,0	1,1	1,1
34	01/09/00	387	0,9	1,3	1,1	1,3	0,4	0,4	0,6			0,4	0,6	0,4	0,4	0,6	0,4			0,4	0,6	0,4	2,8	0,6	0,8	8,0	10,8	10,0

35	05/09/00	391	0,5	1,2	0,6	1,0	0,5	0,4	0,5		0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4		0,4	0,4	0,4	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4				
PERFIL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (20 cm) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																														
Nº	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas														Lagoa sem chicanas									
			8:00 h		14:00 h		8:00 h							14:00 h							8:00 h			14:00 h						
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída				
36	12/09/00	398	0,6	1,0	0,7	1,2	0,3	0,3	0,3		0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4		0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4				
37	15/09/00	401	0,5	1,0	0,6	0,8	0,3	0,6	0,2		0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4		0,6	0,5	0,6	0,6	0,4	0,4	0,6	0,8	1,8	0,9			
38	19/09/00	405	0,8	1,2	0,8	1,0	0,4	0,4	0,4		0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6		0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	3,2	4,4	9,1			
39	22/09/00	408	0,6	1,1	0,8	0,4	0,4	0,5	0,5		0,4	0,4	0,6	0,9	0,6	0,7		0,8	1,0	0,9	0,7	1,0	0,8	17,8	15,0	17,6				
40	26/09/00	412	1,2	0,7	1,0	0,8	0,4	0,4	0,5		0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4		0,3	0,4	0,4	6,8	0,6	0,9	0,6	0,5	0,4				
41	29/09/00	415	0,8	1,0	0,9	1,5	0,4	0,5	0,6		0,4	0,6	0,6	1,6	1,0	0,6		0,8	1,0	0,8	2,5	3,2	3,3	16,4	15,0	15,8				
42	03/10/00	419	0,8	1,2	0,8	0,9	0,4	0,5	0,5		0,4	0,4	0,4	6,7	3,4	1,7		0,8	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	7,4	12,0	11,3				
43	10/10/00	426	1,1	1,2	1,0	1,2	0,4	0,5	0,4		0,4	0,4	0,6	9,2	7,7	6,4		9,5	5,0	13,0	0,6	0,5	0,6	10,2	8,4	9,8				
44	17/10/00	433	0,6	1,2	0,9	0,8	2,8	1,2	0,8		0,5	1,0	0,8	13,4	12,8	11,4		10,0	10,4	16,8	8,0	2,2	5,4	11,2	12,8	14,0				
45	20/10/00	436	0,7	1,2	0,8	1,1	1,9	0,5	0,5		0,4	0,7	0,5	9,8	10,4	9,0		13,0	11,0	17,0	2,0	2,4	1,0	15,6	>20	>20				
46	27/10/00	443	1,1	1,2	0,8	1,0	0,6	0,6	0,6		0,6	0,6	0,6	9,2	8,0	6,6		8,4	8,8	11,0	1,0	0,8	0,8	8,0	8,6	7,0				
47	31/10/00	447	0,8	1,2	0,6	1,2	1,4	0,4	0,6		0,8	0,8	1,4	7,0	4,2	2,0		1,4	1,0	1,0	0,8	1,4	1,0	1,0	1,2	0,8				
48	10/11/00	457	1,2	1,6	0,8	1,4	0,6	0,6	0,6		0,6	1,0	1,4	6,6	5,4	7,0		7,4	4,2	2,0	1,0	0,8	0,7	3,2	3,8	4,0				
49	14/11/00	461	1,0	1,6	0,8	1,1	0,4	0,5	0,4		0,4	0,6	0,5	8,0						6,4	0,8	0,7	0,6	6,4	6,4	6,2				
50	17/11/00	464	0,8	1,6	1,0	1,0	1,0				1,1			1,4	4,4					6,0	1,2	1,0	0,8	9,8	9,6	12,0				
51	21/11/00	468	1,0	1,7	0,7	1,1	1,4				1,2			2,1	12,0					>20			<20	6,4	5,8	7,6	>20	>20	>20	
52	28/11/00	475	0,6	1,2	0,6	1,2	0,6				1,0			0,5	11,2						19,2	1,8	0,8	2,0	11,6	8,6	9,2			
53	01/12/00	478	0,9	1,4	0,6	1,2	1,3				0,8			0,7	12,8						14,8	2,2	2,0	0,8	14,0	15,4	15,8			
54	05/12/00	482	0,6	1,4	0,6	1,2	1,2				0,9			1,2	8,0						13,6	1,4	1,0	2,0	7,4	8,8	17,2			
55	15/12/00	492	1,2	1,8			0,8				0,8			2,0								0,8	3,2	4,0						
56	19/12/00	496	0,8	1,6	0,6	1,6	0,8				1,0			2,4	10,8						13,6	1,8	1,8	4,1	18,4	17,6	19,8			
57	16/02/01	555	0,5	1,0	0,5	0,7	0,6				0,5			0,8	8,0						8,4	0,6	0,4	1,0	14,2	13,4	15,3			
58	20/02/01	559	0,6	1,2	0,5	0,8	4,4				0,6			1,8	10,4						9,8	6,4	7,0	8,4	15,0	14,8	14,6			
59	02/03/01	569	0,5	0,7	0,6	1,2	0,5				0,4			0,7	8,0						6,4	8,2	6,8	8,4	20,0	20,0	20,0			
60	06/03/01	573	0,6	1,4	0,6	1,1	1,9				0,8			4,0	9,2						14,0	2,2	2,4	5,0	15,2	16,0	18,0			
61	13/03/01	580	0,5	1,0	0,4	0,9	0,9				0,8			5,4	9,8						12,0	5,2	4,9	3,8	13,9	15,4	17,8			
62	16/03/01	583	0,5	0,9	0,5	0,9	4,2				1,0			0,8	9,2						7,4			7,2	0,8	1,8	4,8	16,4	16,4	14,8
63	20/03/01	587	0,5	1,0	0,6	0,9	1,7				0,5			1,8	11,4						9,6			11,8	1,6	1,4	1,8	16,0	17,6	16,6
64	23/03/01	590	0,6	1,0	0,5	0,8	2,0				0,5			0,6	8,6						8,0	2,2	1,2	2,4	14,0	12,0	12,4			
65	27/03/01	594	0,6	1,4	0,5	1,2	4,2				0,6			6,2	10,6						7,8	4,7	3,8	3,8	10,8	10,9	11,2			
66	30/03/01	597	0,7	1,2	0,6	1,2	2,4	2,8	1,2		3,6	1,4	6,2	19,0	14,0	16,4					19,6	17,2	12,0	4,2	4,2	4,8	9,2	9,8	14,2	
67	03/04/01	601	0,6	1,2	0,8	1,4	3,2	2,6	1,8		2,2	1,8	3,2	13,6	11,0	17,9					12,2	13,9	17,2							
68	06/04/01	604	0,8	1,2	0,6	1,1	1,9	1,0	1,5		0,8	0,6	2,8	14,2	12,0	12,9					5,2	10,4	11,8	1,8	2,9	3,4	18,8	20,0	20,0	
69	10/04/01	608	0,9	1,1	1,2	1,4	5,4	4,8	1,0		2,1	1,0	3,2	14,0	11,0	11,8					12,4	12,4	13,8	3,8	11,2	4,0	12,8	12,6	14,6	

PERFIL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (20 cm) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																											
Nº	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas													Lagoa sem chicanas							
			8:00 h		14:00 h		8:00 h						14:00 h							8:00 h			14:00 h				
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída	
70	17/04/01	615	0,8	0,9	0,7	1,2	1,6	1,6	1,8		2,9	2,0	3,4	14,6	14,4	16,0		17,2	19,2	19,4	2,4	3,2	3,3	13,0	15,2	13,4	
71	20/04/01	618	0,7	1,1	0,6	0,8	2,3	2,2	4,4		2,8	3,2	4,8	14,8	14,0	14,4		14,2	16,8	18,8	3,3	2,4	2,4	15,6	18,4	16,0	
72	04/05/01	632	0,8	1,4	1,0	1,4	2,2	1,6	1,0		2,4	2,5	3,6	11,6	11,2	10,2		9,2	8,6	8,4	2,9	2,3	5,8	14,8	15,0	19,6	
73	11/05/01	639	0,6	1,1	0,9	1,2	1,6	1,2	1,2		0,9	1,6	1,4	8,7	7,6	7,9		8,5	8,3	8,6	3,2	4,9	4,6	4,9	7,8	4,8	
74	15/05/01	643	0,8	1,5	0,6	1,4	0,9	0,5	0,8		0,5	1,2	2,7	7,4	6,4	6,6		4,5	6,2	7,8	1,2	2,4	4,0	10,4	9,6	12,8	
75	18/05/01	646	1,0	1,5	0,8	1,1	1,2	1,0	0,8		0,7	0,8	1,8	8,8	8,1	8,0		9,4	8,0	8,9	6,8	7,2	8,6	14,4	19,6	14,4	
76	29/05/01	657	0,7	1,2	0,9	1,1	3,4	2,2	2,0		4,8	3,6	6,2	14,4	9,2	10,8		11,6	12,6	12,8	1,3	0,8	0,6	1,8	7,2	2,2	

PERFIL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (80 am) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																											
Nº	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas													Lagoa sem chicanas							
			8:00 h		14:00 h		8:00 h						14:00 h							8:00 h			14:00 h				
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída	
1	12/05/00	275	2,0	1,6	1,0	1,4	0,6	0,7	0,6		0,7	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	
2	16/05/00	279	1,5	1,4	1,7	0,8	0,5	0,6	0,6		0,6	0,5	0,7	0,6	0,5	0,4		0,6	0,4	0,7	0,4	0,4	0,5	0,4	0,2	0,3	
3	20/05/00	283	1,8	1,0		0,2	0,4	0,4	0,4		0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	0,8		0,8	1,0	1,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,5	
4	23/05/00	286	0,6	0,7	1,5	0,8	0,5	0,6	0,4		0,7	0,4	0,8	0,3	0,4	0,3		0,4	0,3	0,5	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	
5	25/05/00	288	1,4	0,8	1,4	1,6	0,4	0,4	0,3		0,6	0,3	0,9	0,3	0,2	0,2		0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	
6	30/05/00	293					0,3	0,3	0,2		0,4	0,2	0,6	0,4	0,4	0,4		0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,8	0,6	0,4	
7	02/06/00	296	0,4	0,8	0,4	1,0	0,4	0,4	0,3		0,5	0,3	0,6	0,8	0,5	0,5		0,4	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	
8	06/06/00	300	2,0	1,8	2,6	1,4	0,6	0,6	0,5		0,6	1,0	0,7	1,2	0,6	0,6		0,6	0,4	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8	0,6	0,5	
9	09/06/00	303	1,3	1,1			0,5	0,6	0,5		0,7	0,6	0,8								0,3	0,4	0,4				
10	13/06/00	307	1,2	0,8		1,2	0,5	0,6	0,6		0,7	0,6	0,9	0,4	0,6	0,5		0,8	0,7	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
11	21/06/00	315	1,7	1,0	2,8	2,0	0,6	0,7	0,7		0,8	0,5	0,9	0,4	0,6	0,4		0,5	0,3	0,8	0,4	0,4	0,4	1,2	0,4	0,4	
12	22/06/00	316	2,1	1,1	1,9	1,2	0,4	0,4	0,4		0,5	0,3	0,7	0,8	0,4	0,5		0,4	0,4	1,0	0,3	0,3	0,3	0,7	0,8	0,8	
13	27/06/00	321	1,7	1,0	2,1	1,0	0,5	0,5	0,5		0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,4		0,7	0,6	0,8	0,2	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	
14	04/07/00	328	0,4	1,2	2,1	1,0	0,6	0,6	0,6		0,7	0,5	0,9	0,4	0,6	0,4		0,6	0,3	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	
15	07/07/00	331	2,4	0,9	1,8	1,2	0,4	0,4	0,4		0,6	0,4	0,7	0,3	0,4	0,4		0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,4	
16	11/07/00	335	0,7	1,0	1,8	1,1	0,5	0,5	0,4		0,6	0,3	0,6	0,3	0,2	0,3		0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,4	0,4	
17	14/07/00	338	2,4	1,3	0,5	0,8	0,6	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3	0,8	0,4	0,2		0,3	0,6	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	
18	25/07/00	349	1,9	1,2	1,2	1,6	0,6	0,6	0,5		0,6	0,5	0,8	0,4	0,3	0,3		0,3	0,4	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,6	
19	28/07/00	352	1,6	1,3	1,2	1,6	0,3	0,3	0,3		0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4		0,3	0,4	0,5	0,8	0,6	0,5	0,8	0,8	0,8	
20	01/08/00	356	2,6	1,4	1,4	1,0	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5		0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	

21	04/08/00	359	1,4	1,0	3,0	2,8	0,5	0,6	0,4		0,6	0,4	0,8	1,8	2,0	1,8		1,8	1,8	2,0	0,3	0,3	0,3	2,0	2,0	2,0	
PERFIL DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO (80 cm) - SISTEMA UASB/LAGOAS - ETE ITABIRA -																											
Nº	Data	dias exp	UASB				Lagoa com chicanas														Lagoa sem chicanas						
			8:00 h		14:00 h		8:00 h							14:00 h							8:00 h			14:00 h			
			Afl.	Efl.	Afl.	Efl.	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	chic 1	chic 2	meio	chic 3	chic 4	saída	Início	meio	saída	Início	meio	saída	
22	15/08/00	370	1,8	1,2	1,7	1,0	0,4	0,4	0,3		0,4	0,5	0,4	0,6	0,4	0,5		0,4	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,8	0,6	0,6
23	18/08/00	373	0,6	0,9	0,8	1,0	0,4	0,2	0,3		0,6	0,7	0,4	0,6	0,2	0,2		0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,4	0,6	0,2	0,4	0,5
24	22/08/00	377	1,1	0,9	0,6	0,8	0,4	0,4	0,3		0,4	0,5	0,3	0,3	0,9	0,2		0,2	0,3	0,4	0,9	0,5	0,5	0,9	0,5	0,8	
25	25/08/00	380	0,1	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3		0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1		0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	0,3	0,1	0,4	0,4	
26	29/08/00	384	0,3	1,0	2,1	2,1	0,4	0,4	0,4		0,4	0,3	0,5	1,0	1,2	1,0		1,4	1,6	1,0	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	
27	01/09/00	387	0,9	1,3	1,1	1,3	0,4	0,4	0,4		0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4		0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,8	
28	05/09/00	391	0,5	1,2	0,6	1,0	0,4	0,3	0,4		0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3		0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	
29	12/09/00	398	0,6	1,0	0,7	1,2	0,2	0,3	0,2		0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4		0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	
30	15/09/00	401	0,5	1,0	0,6	0,8	0,2	0,0	0,2		0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3		0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,3	
31	19/09/00	405	0,8	1,2	0,8	1,0	0,4	0,4	0,4		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		0,4	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	
32	22/09/00	408	0,6	1,1	0,8	0,4	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5		0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	1,0	0,8	1,0	
33	26/09/00	412	1,2	0,7	1,0	0,8	0,3	0,3	0,4		0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3		0,2	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3	
34	29/09/00	415	0,8	1,0	0,9	1,5	0,4	0,4	0,4		0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5		0,5	0,6	0,5	0,8	0,8	0,7	1,2	1,0	1,4	
35	03/10/00	419	0,8	1,2	0,8	0,9	0,3	0,4	0,4		0,3	0,4	0,3	0,8	0,6	0,4		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,8	0,6	0,8	
36	10/10/00	426	1,1	1,2	1,0	1,2	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3	0,6	0,5	0,6		0,5	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,8	0,5	1,0	
37	17/10/00	433	0,6	1,2	0,9	0,8	0,4	0,4	0,4		0,3	0,4	0,3	0,8	0,8	0,7		0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,6	
38	20/10/00	436	0,7	1,2	0,8	1,1	0,3	0,3	0,3		0,3	0,4	0,2	0,8	0,8	0,8		0,8	0,8	0,4	0,6	0,6	0,4	0,8	1,0	1,0	
39	27/10/00	443	1,1	1,2	0,8	1,0	0,5	0,4	0,4		0,5	0,5	0,5	1,2	1,2	0,8		1,0	1,2	1,2	0,7	0,5	0,5	1,2	1,4	1,0	
40	31/10/00	447	0,8	1,2	0,6	1,2	0,5	0,3	0,4		0,4	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4		0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	
41	10/11/00	457	1,2	1,6	0,8	1,4	0,4	0,4	0,5		0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,7		0,4	0,6	0,4	0,7	0,6	0,5	0,7	0,8	0,7	
42	14/11/00	461	1,0	1,6	0,8	1,1	0,3	0,4	0,4		0,3	0,4	0,3	0,6			0,7			0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	
43	17/11/00	464	0,8	1,6	1,0	1,0	0,4			0,5			0,5	1,0			1,0			1,0	0,5	0,5	0,4	1,4	1,2	1,4	
44	21/11/00	468	1,0	1,7	0,7	1,1	0,7			0,6			0,5	0,9			0,8			0,8	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	
45	28/11/00	475	0,6	1,2	0,6	1,2	0,3			0,4			0,3	0,8			0,6			0,7	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,7	
46	01/12/00	478	0,9	1,4	0,6	1,2	0,6			0,4			0,4	0,6			0,5			0,6	0,4	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	
47	05/12/00	482	0,6	1,4	0,6	1,2	0,5			0,6			0,8	0,8			0,6			0,8	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	1,0	
48	15/12/00	492	1,2	1,8			0,4			0,5			0,5							0,7	0,7	0,6					
49	19/12/00	496	0,8	1,6	0,6	1,6	0,6			0,5			0,5	0,7			0,8			0,7	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	1,0	