

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO

TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ESGOTO SANITÁRIO
EMPREGANDO REATOR AERÓBIO
COMPARTIMENTADO

ROBERTO AKIRA MAEDA



Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Hidráulica e Saneamento

ORIENTADOR: Prof. Tit. José Roberto Campos

São Carlos, SP
janeiro, 1999

Class.	TESE - EESC
Cutt.	3230
Tombo	0106/99

31100006893

at 1031047

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC/USP

M184t Maeda, Roberto Akira
Tratamento biológico de esgoto sanitário empregando
reator aeróbio compartimentado / Roberto Akira Maeda.
-- São Carlos, 1999.

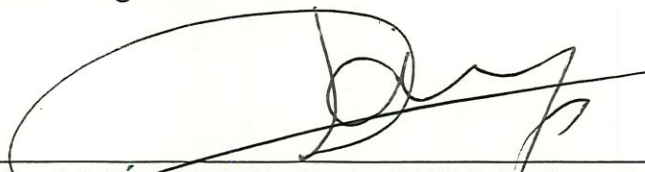
Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de
São Carlos-Universidade de São Paulo, 1999.
Área: Hidráulica e Saneamento.
Orientador: Prof. Dr. José Roberto Campos.

1. Lodos ativados. 2. Reator aeróbio
compartimentado. 3. Intumescimento filamentososo do
lodo. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Tecnólogo **ROBERTO AKIRA MAEDA**

Dissertação defendida e aprovada em 22-1-1999
pela Comissão Julgadora:



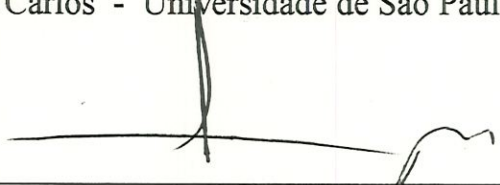
Prof. Titular **JOSÉ ROBERTO CAMPOS (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



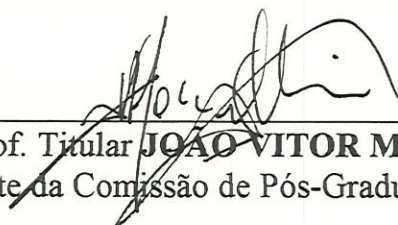
Prof. Doutor **EDSON APARECIDO ABDUL NOUR**
(Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP)



Prof. Doutor **MARCO ANTONIO PENALVA REALI**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Titular **FAZAL HUSSAIN CHAUDHRY**
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento



Prof. Titular **JOÃO VITOR MOCCELLIN**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação em exercício

Dedico este trabalho aos meus pais, Mario e Sakiko, meus irmãos, Renato e Ana e à minha namorada Mônica.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e professor Dr. José Roberto Campos, pela orientação, incentivo e atenção dispensados durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, por ter concedido bolsa de estudo.

À doutoranda Deize Dias Lopes, pela amizade, co-orientação, constante apoio e auxílio dispensados, de suma importância para o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os professores do Departamento de Hidráulica e Saneamento, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, pela grande contribuição à minha formação profissional.

Às moças da secretaria do Departamento de Hidráulica e Saneamento, Márcia, Pavi e Sá, pelas informações e serviços prestados durante a realização do trabalho.

Aos amigos de república, Aloysio, Eduardo, Marconi, Alexandre, Wesley e Rodrigo, por todos os dias de convivência e união.

Aos colegas do Laboratório de Processos Anaeróbios, Eloísa, Deize, Marcelo, professora Bete, Fernando, Fábio, Benedito (Belém), Ariusca, Diana, Juliana, Kátia, Sérgio, Ivana e Edmilson, pela amizade e constante incentivo.

Aos amigos e técnicos do laboratório de Saneamento, Paulo, Júlio, Miguel (*in memoriam*), Cidinha e Eliana, pela amizade e ajuda na realização das análises.

A minha prima Rosângela, pelo auxílio na tradução do resumo.

A toda minha família, pelo constante incentivo e carinho à mim dispensados durante toda à minha vida.

Aos colegas e amigos, Maria Helena (Juiz de Fora, MG), Sílvio, Maria Helena (Nicarágua), Fernando, Eraldo, Simone, Fernanda, Gisele e a todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	xvi
RESUMO.....	xviii
<i>ABSTRACT</i>	xix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. LODOS ATIVADOS.....	5
3.1.1. Generalidades.....	5
3.1.2. Sistema de Lodos Ativados.....	8
3.1.3. Intumescimento Filamentoso do Lodo.....	13
3.2. REATOR AERÓBIO COMPARTIMENTADO.....	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
4.1. DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO DE BANCADA.....	20
4.2. OPERAÇÃO DO REATOR AERÓBIO COMPARTIMENTADO.....	25
4.2.1. Tempo de Retenção Celular.....	29
4.3. PONTOS DE AMOSTRAGEM, PARÂMETROS MONITORADOS, PERIODICIDADE E MÉTODOS UTILIZADOS.....	30
4.3.1. Determinação do Índice Volumétrico do Lodo.....	32
4.3.2. Determinação de Nítrito.....	32
4.4. EXAMES DE MICROSCOPIA.....	33
4.5. TAXA DE UTILIZAÇÃO DE OXIGÊNIO.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35

5.1.	GENERALIDADES.....	35
5.2.	CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO SANITÁRIO.....	36
5.3.	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	37
5.3.1.	Resultados e Discussão Referentes à Partida.....	37
5.3.2.	Resultados e Discussão Referentes à Fase 1 de Operação.....	40
5.3.3.	Resultados e Discussão Referentes à Fase 2 de Operação.....	44
5.3.4.	Resultados e Discussão Referentes à Fase 3 de Operação.....	48
5.3.5.	Resultados e Discussão Referentes à Fase 4 de Operação.....	56
5.3.6.	Resultados e Discussão Referentes à Fase 5 de Operação.....	65
5.3.7.	Valores Médios dos Parâmetros Analisados.....	74
5.4.	RESULTADOS DE MICROSCOPIA.....	81
5.5.	DETERMINAÇÃO DA TAXA DE UTILIZAÇÃO DE OXIGÊNIO.....	91
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	94
6.1.	CONCLUSÕES.....	94
6.2.	RECOMENDAÇÕES.....	95
	ANEXO A.....	97
	ANEXO B.....	115
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E OBRAS CONSULTADAS.....	148

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4.1 –	Agitador e caixa de fibrocimento, utilizados para tentar manter a homogeneidade do esgoto sanitário, afluente do reator aeróbio compartimentado.....	21
FIGURA 4.2 –	Termostato e bomba dosadora, utilizados no controle de temperatura e vazão do reator aeróbio compartimentado.....	22
FIGURA 4.3 –	Câmara de isolamento térmico e o reator aeróbio compartimentado.....	23
FIGURA 4.4 –	Mangueiras de alta pressão, utilizadas para conduzir ar comprimido às câmaras do reator aeróbio compartimentado, dispostas, cada uma com registro de agulha, para regular a vazão de ar nas respectivas saídas.....	24
FIGURA 4.5 –	Esquema do reator aeróbio compartimentado, com suas respectivas dimensões.....	26
FIGURA 4.6 –	Vista superior do reator aeróbio compartimentado, com suas respectivas dimensões.....	26
FIGURA 5.1 –	Valores de pH, do afluente do sistema, durante a partida ($\theta_h = 12$ h).....	38
FIGURA 5.2 –	Valores de pH, de cada câmara do reator, durante a partida ($\theta_h = 12$ h).....	39
FIGURA 5.3 –	Valores de temperatura ambiente do ar, durante a partida ($\theta_h = 12$ h).....	39
FIGURA 5.4 –	Valores de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a partida ($\theta_h = 12$ h).....	39

FIGURA 5.5 –	Valores de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a partida ($\theta_h = 12$ h).....	40
FIGURA 5.6 –	Valores de pH, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 1 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	42
FIGURA 5.7 –	Valores de pH, de cada câmaras do reator, durante a Fase 1 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	42
FIGURA 5.8 –	Valores de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, durante a Fase 1 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	42
FIGURA 5.9 –	Valores de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 1 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	43
FIGURA 5.10 –	Valores de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 1 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	43
FIGURA 5.11 –	Valores de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 1 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	44
FIGURA 5.12 –	Valores de pH, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 2 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	46
FIGURA 5.13 –	Valores de pH, de cada câmara do reator, durante a Fase 2 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	46
FIGURA 5.14 –	Valores de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, durante a Fase 2 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	46
FIGURA 5.15 –	Valores de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 2 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	47
FIGURA 5.16 –	Valores de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 2 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	47
FIGURA 5.17 –	Valores de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 2 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	48

FIGURA 5.18 –	Valores de pH, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	50
FIGURA 5.19 –	Valores de pH, das câmaras 1 e 2 do reator, durante a Fase 3 do operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	50
FIGURA 5.20 –	Valores de pH, das câmaras 3 e 4 do reator, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	51
FIGURA 5.21 –	Valores de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	51
FIGURA 5.22 –	Valores de SST e SSV, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	51
FIGURA 5.23 –	Valores de SST e SSV, das câmaras 1 e 2 do reator, durante a Fase de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	52
FIGURA 5.24 –	Valores de SST e SSV, das câmaras 3 e 4 do reator, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	52
FIGURA 5.25 –	Valores de ST e STV, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	52
FIGURA 5.26 –	Valores de SSed, de cada câmara do reator, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	53
FIGURA 5.27 –	Valores de IVL, de cada câmara do reator, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	53
FIGURA 5.28 –	Valores de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	53
FIGURA 5.29 –	Valores de NTK, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	54
FIGURA 5.30 –	Valores de N-amoniaco, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	54
FIGURA 5.31 –	Valores de nitrito, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação do ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	54
FIGURA 5.32 –	Valores de nitrato, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	55

FIGURA 5.33 –	Valores de fósforo total, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	55
FIGURA 5.34 –	Valores de DBO ₅ total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	55
FIGURA 5.35 –	Valores de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	56
FIGURA 5.36 –	Valores de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	56
FIGURA 5.37 –	Valores de pH, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	58
FIGURA 5.38 –	Valores de pH, das câmaras 1 e 2 do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	59
FIGURA 5.39 –	Valores de pH, das câmaras 3 e 4 do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	59
FIGURA 5.40 –	Valores de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	59
FIGURA 5.41 –	Valores de SST e SSV, do afluente e do efluente do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	60
FIGURA 5.42 –	Valores de SST e SSV, das câmaras 1 e 2 do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	60
FIGURA 5.43 –	Valores de SST e SSV, das câmaras 3 e 4 do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	60
FIGURA 5.44 –	Valores de ST e STV, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	61
FIGURA 5.45 –	Valores de SSed, de cada câmara do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	61
FIGURA 5.46 –	Valores de IVL, de cada câmara do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	61

FIGURA 5.47 –	Valores de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	62
FIGURA 5.48 –	Valores de alcalinidade, de cada câmara do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	62
FIGURA 5.49 –	Valores de NTK, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	62
FIGURA 5.50 –	Valores de N-amoniaco, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	63
FIGURA 5.51 –	Valores de nitrito, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	63
FIGURA 5.52 –	Valores de nitrato, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	63
FIGURA 5.53 –	Valores de fósforo total, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	64
FIGURA 5.54 –	Valores de DBO ₅ total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	64
FIGURA 5.55 –	Valores de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	65
FIGURA 5.56 –	Valores de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias).....	65
FIGURA 5.57 –	Valores de pH, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	67
FIGURA 5.58 –	Valores de pH, das câmaras 1 e 2 do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	68
FIGURA 5.59 –	Valores de pH, das câmaras 3 e 4 do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	68
FIGURA 5.60 –	Valores de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	68

FIGURA 5.61 –	Valores de SST e SSV, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	69
FIGURA 5.62 –	Valores de SST e SSV, das câmaras 1 e 2 do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	69
FIGURA 5.63 –	Valores de SST e SSV, das câmaras 3 e 4 do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	69
FIGURA 5.64 –	Valores de ST e STV, do afluente e do efluente do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	70
FIGURA 5.65 –	Valores de SSed, de cada câmara do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	70
FIGURA 5.66 –	Valores de IVL, de cada câmara do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	70
FIGURA 5.67 –	Valores de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	71
FIGURA 5.68 –	Valores de NTK, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	71
FIGURA 5.69 –	Valores de N-amoniaco, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	71
FIGURA 5.70 –	Valores de nitrito, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	72
FIGURA 5.71 –	Valores de nitrato, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	72
FIGURA 5.72 –	Valores de fósforo total, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	72
FIGURA 5.73 –	Valores de DBO ₅ total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	73
FIGURA 5.74 –	Valores de DBO ₅ filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	73

FIGURA 5.75 –	Valores de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	74
FIGURA 5.76 –	Valores de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias).....	74
FIGURA 5.77 –	Valores médios de pH, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação.....	75
FIGURA 5.78 –	Valores médios de pH, de cada câmara do reator, durante todas as Fases de operação.....	76
FIGURA 5.79 –	Valores médios de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, durante todas as Fases de operação.....	76
FIGURA 5.80 –	Valores médios de SST e SSV, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação.....	76
FIGURA 5.81 –	Valores médios de SST e SSV, das câmaras 1 e 2 do reator, durante todas as Fases de operação.....	77
FIGURA 5.82 –	Valores médios de SST e SSV, das câmaras 3 e 4 do reator, durante todas as Fases de operação.....	77
FIGURA 5.83 –	Valores médios de ST e STV, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação.....	77
FIGURA 5.84 –	Valores médios de SSed, de cada câmara do reator, durante todas as Fases de operação.....	78
FIGURA 5.85 –	Valores médios de IVL, de cada câmara do reator, durante todas as Fases de operação.....	78
FIGURA 5.86 –	Valores médios de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação.....	78
FIGURA 5.87 –	Valores médios de NTK, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação.....	79
FIGURA 5.88 –	Valores médios de N-amoniaco, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação.....	79

FIGURA 5.89 –	Valores médios de nitrito, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação.....	79
FIGURA 5.90 –	Valores médios de nitrato, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação.....	80
FIGURA 5.91 –	Valores médios de fósforo total, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação.....	80
FIGURA 5.92 –	Valores médios de DBO ₅ total, do afluente e do efluente do sistema e da eficiência de remoção, durante todas as Fases de operação.....	80
FIGURA 5.93 –	Valores médios de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e da eficiência de remoção durante todas as Fases de operação.....	81
FIGURA 5.94 –	Valores médios de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e da eficiência de remoção durante todas as Fases de operação.....	81
FIGURA 5.95 –	Aspecto geral dos flocos, de amostras coletadas no “mixed liquor” do reator aeróbio compartimentado. Protozoários ciliados livre-natantes (<i>Paramecium</i>), protozoários ciliados fixos (pedunculados), rotíferos e filamentos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre (sulfobactérias). Fase 3, câmara 1. Aumento de 40 x.....	87
FIGURA 5.96 –	Aspecto geral dos flocos, de amostras coletadas no “mixed liquor” do reator aeróbio compartimentado. Aglomerado de protozoários ciliados fixos (pedunculados), rotíferos e filamentos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre (sulfobactérias). Fase 3, câmara 2. Aumento de 40 x.....	87

FIGURA 5.97 –	Aspecto geral dos flocos, de amostras coletadas no “mixed liquor” do reator aeróbio compartimentado. Protozoários ciliados livre-natantes (<i>Paramecium</i>), protozoários ciliados fixos (pedunculados), verme cilíndrico com morfologia semelhante aos nematóides e filamentos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre (sulfobactérias). Fase 3, câmara 3. Aumento de 40 x.....	88
FIGURA 5.98 –	Protozoário rizópodo (ameba). Fase 3, câmara 3. Aumento de 200 x.....	88
FIGURA 5.99 –	Aspecto geral dos flocos, de amostras coletadas no “mixed liquor” do reator aeróbio compartimentado. Protozoários ciliados livre-natantes (<i>Paramecium</i>), protozoários ciliados fixos (pedunculados), anelídeos e filamentos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre (sulfobactérias). Fase 3, câmara 4. Aumento de 40 x.....	89
FIGURA 5.100 –	Conjunto de bactérias com morfologia semelhante aos Bacilos. Fase 4, câmara 1. Aumento de 1000 x.....	89
FIGURA 5.101 –	Protozoários ciliados com morfologia semelhante ao do grupo suctória. Fase 4, câmara 1. Aumento de 200 x.....	90
FIGURA 5.102 –	Filamentos com morfologia semelhante à hifas de Fungos. Fase 4, câmara 4. Aumento de 200 x.....	90
FIGURA 5.103 –	Determinação da taxa de utilização de oxigênio para uma amostra do “mixed liquor” da câmara 1 do reator.....	91
FIGURA 5.104 –	Determinação da taxa de utilização de oxigênio para uma amostra do “mixed liquor” da câmara 2 do reator.....	92
FIGURA 5.105 –	Determinação da taxa de utilização de oxigênio para uma amostra do “mixed liquor” da câmara 3 do reator.....	92
FIGURA 5.106 –	Determinação da taxa de utilização de oxigênio para uma amostra do “mixed liquor” da câmara 4 do reator.....	93

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 –	Faixa de valores de IVL associada com o número de compartimentos e dois tempos de detenção hidráulico.....	16
TABELA 3.2 –	Valores médios dos parâmetros obtidos na operação dos reatores “plug-flow” e de mistura completa, conduzidos por AZIMI & HORAN, no tratamento de substrato sintético, com idade do lodo de 10 dias (tabela simplificada).....	18
TABELA 3.3 –	Valores médios dos resultados de DBO ₅ e SS dos experimentos realizados por CHUDOBA <i>et al</i> (1991), no tratamento de águas residuárias provenientes do Hospital Hanwa-Senpoka, em Osaka – Japão.....	19
TABELA 4.1 –	Parâmetros operacionais médios do reator aeróbio compartimentado.....	28
TABELA 4.2 –	Pontos de amostragem e o tipo de amostras coletadas.....	31
TABELA 4.3 –	Pontos de coleta, periodicidade e método utilizado para os parâmetros analisados.....	31
TABELA 4.4 –	Principais microrganismos considerados indicadores e as características de processo a eles associados.....	33
TABELA 5.1 –	Diversidade e frequência dos microrganismos observados na câmara 1 do reator aeróbio compartimentado.....	83
TABELA 5.2 –	Diversidade e frequência dos microrganismos observados na câmara 2 do reator aeróbio compartimentado.....	84
TABELA 5.3 –	Diversidade e frequência dos microrganismos observados na câmara 3 do reator aeróbio compartimentado.....	85

TABELA 5.4 –	Diversidade e frequência dos microrganismos observados na câmara 4 do reator aeróbio compartimentado.....	86
TABELA A.1 –	Características do esgoto sanitário, proveniente de derivação da rede pública coletora da cidade de São Carlos, utilizado como substrato pelo reator aeróbio compartimentado.....	98
TABELA A.2 –	Valores obtidos no afluente do reator, durante a partida, no período de 09/07 a 16/07 de 1996 (8 dias de operação).....	98
TABELA A.3 –	Valores obtidos na câmara 1 do reator, durante a partida, no período de 09/07 a 16/07 de 1996 (8 dias de operação).....	99
TABELA A.4 –	Valores obtidos na câmara 2 do reator, durante a partida, no período de 09/07 a 16/07 de 1996 (8 dias de operação).....	99
TABELA A.5 –	Valores obtidos na câmara 3 do reator, durante a partida, no período de 09/07 a 16/07 de 1996 (8 dias de operação).....	99
TABELA A.6 –	Valores obtidos na câmara 4 do reator, durante a partida, no período de 09/07 a 16/07 de 1996 (8 dias de operação).....	99
TABELA A.7 –	Valores obtidos no efluente do sistema, durante a partida, no período de 09/07 a 16/07 de 1996 (8 dias de operação).....	100
TABELA A.8 –	Valores obtidos no afluente do reator, durante a Fase 1 de operação, no período de 17/07 a 29/07 de 1996 (13 dias de operação).....	100
TABELA A.9 –	Valores obtidos na câmara 1 do reator, durante a Fase 1 de operação, no período de 17/07 a 29/07 de 1996 (13 dias de operação).....	101
TABELA A.10 –	Valores obtidos na câmara 2 do reator, durante a Fase 1 de operação, no período de 17/07 a 29/07 de 1996 (13 dias de operação).....	101
TABELA A.11 –	Valores obtidos na câmara 3 do reator, durante a Fase 1 de operação, no período de 17/07 a 29/07 de 1996 (13 dias de operação).....	101

TABELA A.12 –	Valores obtidos na câmara 4 do reator, durante a Fase 1 de operação, no período de 17/07 a 29/07 de 1996 (13 dias de operação).....	101
TABELA A.13 –	Valores obtidos no efluente do sistema, durante a Fase 1 de operação, no período de 17/07 a 29/07 de 1996 (13 dias de operação).....	102
TABELA A.14 –	Valores obtidos no afluente do reator, durante a Fase 2 de operação, no período de 30/07 a 11/08 de 1996 (13 dias de operação).....	102
TABELA A.15 –	Valores obtidos na câmara 1 do reator, durante a Fase 2 de operação, no período de 30/07 a 11/08 de 1996 (13 dias de operação).....	103
TABELA A.16 –	Valores obtidos na câmara 2 do reator, durante a Fase 2 de operação, no período de 30/07 a 11/08 de 1996 (13 dias de operação).....	103
TABELA A.17 –	Valores obtidos na câmara 3 do reator, durante a Fase 2 de operação, no período de 30/07 a 11/08 de 1996 (13 dias de operação).....	103
TABELA A.18 –	Valores obtidos na câmara 4 do reator, durante a Fase 2 de operação, no período de 30/07 a 11/08 de 1996 (13 dias de operação).....	104
TABELA A.19 –	Valores obtidos no efluente do sistema, durante a Fase 2 de operação, no período de 30/07 a 11/08 de 1996 (13 dias de operação).....	104
TABELA A.20 –	Valores obtidos no afluente do sistema, durante a Fase 3 de operação, no período de 12/08 a 15/09 de 1996 (35 dias de operação).....	105
TABELA A.21 –	Valores obtidos na câmara 1 do reator, durante a Fase 3 de operação, no período de 12/08 a 15/09 de 1996 (35 dias de operação).....	105

TABELA A.22 –	Valores obtidos na câmara 2 do reator, durante a Fase 3 de operação, no período de 12/08 a 15/09 de 1996 (35 dias de operação).....	106
TABELA A.23 –	Valores obtidos na câmara 3 do reator, durante a Fase 3 de operação, no período de 12/08 a 15/09 de 1996 (35 dias de operação).....	106
TABELA A.24 –	Valores obtidos na câmara 4 do reator, durante a Fase 3 de operação, no período de 12/08 a 15/09 de 1996 (35 dias de operação).....	107
TABELA A.25 –	Valores obtidos no efluente do reator, durante a Fase 3 de operação, no período de 12/08 a 15/09 de 1996 (35 dias de operação).....	107
TABELA A.26 –	Valores obtidos no afluente do reator, durante a Fase 4 de operação, no período de 16/09 a 03/11 de 1996 (49 dias de operação).....	108
TABELA A.27 –	Valores obtidos na câmara 1 do reator, durante a Fase 4 de operação, no período de 16/09 a 03/11 de 1996 (49 dias de operação).....	108
TABELA A.28 –	Valores obtidos na câmara 2 do reator, durante a Fase 4 de operação, no período de 16/09 a 03/11 de 1996 (49 dias de operação).....	109
TABELA A.29 –	Valores obtidos na câmara 3 do reator, durante a Fase 4 de operação, no período de 16/09 a 03/11 de 1996 (49 dias de operação).....	109
TABELA A.30 –	Valores obtidos na câmara 4 do reator, durante a Fase 4 de operação, no período de 16/09 a 03/11 de 1996 (49 dias de operação).....	110
TABELA A.31 –	Valores obtidos no efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação, no período de 16/09 a 03/11 de 1996 (49 dias de operação).....	110

TABELA A.32 –	Valores obtidos no afluente do reator, durante a Fase 5 de operação, no período de 04/11 a 16/12 de 1996 (43 dias de operação).....	111
TABELA A.33 –	Valores obtidos na câmara 1 do reator, durante a Fase 5 de operação, no período de 04/11 a 16/12 de 1996 (43 dias de operação).....	111
TABELA A.34 –	Valores obtidos na câmara 2 do reator, durante a Fase 5 de operação, no período de 04/11 a 16/12 de 1996 (43 dias de operação).....	112
TABELA A.35 –	Valores obtidos na câmara 3 do reator, durante a Fase 5 de operação, no período de 04/11 a 16/12 de 1996 (43 dias de operação).....	112
TABELA A.36 –	Valores obtidos na câmara 4 do reator, durante a Fase 5 de operação, no período de 04/11 a 16/12 de 1996 (43 dias de operação).....	113
TABELA A.37 –	Valores obtidos no efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação, no período de 04/11 a 16/12 de 1996 (43 dias de operação).....	113
TABELA A.38 –	Valores de temperatura, dos sólidos suspensos voláteis e da taxa de utilização de oxigênio para amostras do “mixed liquor” das quatro câmaras do reator aeróbio compartimentado.....	114
TABELA B.1 –	Dados pertinentes ao oxigênio dissolvido, de cada câmara do reator, temperatura ambiente e temperatura do esgoto sanitário, durante a operação.....	116
TABELA B.2 –	Dados pertinentes ao potencial hidrogeniônico, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação.....	120
TABELA B.3 –	Dados pertinentes aos sólidos totais e totais voláteis, do afluente e do efluente do sistema, durante a operação.....	124

TABELA B.4 –	Dados pertinentes aos sólidos suspensos totais, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação.....	125
TABELA B.5 –	Dados pertinentes aos sólidos suspensos voláteis, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação.....	127
TABELA B.6 –	Dados pertinentes aos sólidos sedimentáveis, de cada câmara do reator, durante a operação.....	129
TABELA B.7 –	Dados pertinentes ao índice volumétrico do lodo, de cada câmara do reator, durante a operação.....	130
TABELA B.8 –	Dados pertinentes à alcalinidade, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação.....	131
TABELA B.9 –	Dados pertinentes ao nitrogênio total Kjeldahl, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação.....	134
TABELA B.10 –	Dados pertinentes ao nitrogênio amoniacal, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação.....	135
TABELA B.11 –	Dados pertinentes ao nitrito, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação.....	137
TABELA B.12 –	Dados pertinentes ao nitrato, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação.....	139
TABELA B.13 –	Dados pertinentes ao fósforo total, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação.....	141
TABELA B.14 –	Dados pertinentes à demanda bioquímica de oxigênio, do afluente e do efluente do sistema, durante a operação.....	143
TABELA B.15 –	Dados pertinentes à demanda química de oxigênio, do afluente e do efluente do sistema, durante a operação.....	144
TABELA B.16 –	Dados pertinentes ao teste de respiração, dos microrganismos presentes em cada câmara do reator, no 43 ^o dia de operação da Fase 5.....	146

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Af:	Afluente;
BARDENPHO:	“Barnard Denitrification and Phosphorus Removal” – sistema Barnard de desnitrificação e remoção de fósforo;
CaCO ₃ :	Concentração de alcalinidade expressa em CaCO ₃ , ML ⁻³ ;
C1:	Câmara 1;
C2:	Câmara 2;
C3:	Câmara 3;
C4:	Câmara 4;
CV:	Coefficiente de variação, %;
DBO ₅ filt:	Demanda bioquímica de oxigênio, de amostra filtrada (20 °C e 5 dias), ML ⁻³ ;
DBO ₅ total:	Demanda bioquímica de oxigênio total (20 °C e 5 dias), ML ⁻³ ;
DQO filt:	Demanda química de oxigênio, de amostra filtrada, ML ⁻³ ;
DQO total:	Demanda química de oxigênio total, ML ⁻³ ;
DP:	Desvio padrão;
EESC:	Escola de Engenharia de São Carlos;
Ef:	Efluente;
F/M:	Relação: alimento / microrganismos, T ⁻¹ ;
IVL:	Índice volumétrico do lodo, L ³ M ⁻¹ ;
N-amoniacal:	Concentração de nitrogênio amoniacal, ML ⁻³ ;
NO ₂ ⁻ :	Concentração de nitrito, ML ⁻³ ;
NO ₃ ⁻ :	Concentração de nitrato, ML ⁻³ ;
N-orgânico:	Concentração de nitrogênio orgânico, ML ⁻³ ;
NTK:	Concentração de nitrogênio total Kjeldahl (compreende N-

	orgânico e N-amoniaco), ML^{-3} ;
OD:	Oxigênio dissolvido, ML^{-3} ;
pH:	Potencial hidrogeniônico;
PO_4^{3-} :	Concentração de fósforo total na forma de fosfato, ML^{-3} ;
Q:	Vazão, L^3T^{-1} ;
R:	Taxa de utilização de oxigênio, $\text{ML}^{-3}\text{T}^{-1}$;
SSed:	Concentração de sólidos sedimentáveis, L^3L^{-3} ;
SST:	Concentração de sólidos suspensos totais, ML^{-3} ;
SSV:	Concentração de sólidos suspensos voláteis, ML^{-3} ;
SSF:	Concentração de sólidos suspensos fixos, ML^{-3} ;
ST:	Concentração de sólidos totais, ML^{-3} ;
STV:	Concentração de sólidos totais voláteis, ML^{-3} ;
STF:	Concentração de sólidos totais fixos, ML^{-3} ;
TAS:	Taxa hidráulica de aplicação superficial, $\text{L}^3\text{L}^{-2}\text{T}^{-1}$;
Tamb:	Temperatura ambiente, $^{\circ}\text{C}$;
Tesg san:	Temperatura do esgoto sanitário, $^{\circ}\text{C}$;
UASB:	“Up Flow Anaerobic Sludge Blanket reactor” – reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente;
USP:	Universidade de São Paulo;
θ_h :	Tempo de detenção hidráulica, T;
θ_c :	Tempo de retenção celular (idade do lodo), T.

RESUMO

MAEDA, R. A. (1999). *Tratamento Biológico de Esgoto Sanitário Empregando Reator Aeróbio Compartimentado*. São Carlos, jan. 158 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Em sistemas de lodos ativados, por mistura completa, amplamente empregados tanto no Brasil como no exterior no tratamento de águas residuárias, um dos principais problemas que prejudicam o seu desempenho é o intumescimento filamentososo do lodo. Procurando obter maiores conhecimentos sobre uma alternativa potencial, visando forma de atenuar esse problema, realizou-se a operação de um reator aeróbio compartimentado. O reator utilizado foi construído em acrílico, com volume total aproximado de 10 litros, distribuídos em quatro câmaras de aeração, seguidas de um decantador secundário. Durante os ensaios, a operação do reator foi dividida em tempos de detenção hidráulica média de 12, 8 e 4 horas e idades do lodo médio de 10 e 20 dias. Foram analisados diversos parâmetros de controle sob as diferentes condições de vazão e idade do lodo. A Fase de operação que apresentou melhores resultados foi a Fase 3 – tempo de detenção hidráulica de 8 horas e idade do lodo de 10 dias – com eficiências médias de DBO₅ total de 90%, 83% de DQO total, 75 % de DQO filtrada e 97 % para SST e SSV respectivamente. Foram também determinadas as taxas de utilização de oxigênio em cada câmara. Os microrganismos observados, foram identificados, fotografados e catalogados conforme a frequência de constatação. Os resultados obtidos no presente trabalho, demonstraram a eficiência do sistema no tratamento de esgoto sanitário e que apesar da presença elevada de microrganismos filamentosos, a sedimentação do lodo gerado não foi influenciada.

Palavras-chave: Lodos ativados, reator aeróbio compartimentado e Intumescimento filamentososo do lodo.

ABSTRACT

MAEDA, R. A. (1999). *Biological Treatment of Wastewater Using Aerobic Compartmentalized Reactor*. São Carlos, Jan. 158 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

In wastewater treatment plants based on complete-mix activated-sludge, normally utilized even in Brazil such as in other countries in the treatment of wastewater, one of the principal operation problem is the phenomenon of bulking. Looking for get more knowledge about one potential alternative, to attenuate this problem, this research focused the employment of one aerobic compartmentalized reactor. The reactor utilized has built by acrylic, with total volume in 10 liters, distributed in four aerated compartments in series, followed by sedimentation. During the operation the hydraulic retention times was maintained in 12, 8 and 4 hours with middle sludge age of 10 and 20 days. It was analysed differents control parameters under differents conditions of flow and sludge age. The best results obtained occurred in Phase 3: hydraulic retention time of 8 hours and sludge age of 10 days. Under these operation conditions it was reached of BOD₅ total removal of 90 %, 83 % COD total removal, 75 % to filter COD and 97 % respectively to SS and VSS. Also was determinate the oxygen-uptake rates in each compartment. Samples of the suspended flocs were photographed and the microorganisms saw catalogued in accordance to the frequency of the appearance. The results obtained in this research showed the good performance of this system in treating wastewater and it was verified that even the high presence of the filamentous microorganisms, do not affected negatively the sedimentation of the sludge.

Keywords: Activated-sludge, aerobic compartmentalized reactor and bulking.

1. INTRODUÇÃO

A construção de estações de tratamento de esgotos sanitários, é um grande desafio à sociedade, que tem ante seus olhos outras prioridades além do desejo de recuperação da qualidade das águas e dos recursos hídricos. Em localidades carentes de escolas, hospitais, segurança, meios de transporte adequados, etc., é difícil convencer à sociedade e ao próprio governo a investir milhões de reais na despoluição de corpos receptores.

Esta situação exige que sejam realizados o planejamento e o projeto de soluções que possibilitem o menor custo de implantação e operação dos sistemas de tratamento desejados. Além da importância em procurar sistemas de tratamento, que propiciem menores custos, é imprescindível não abrir mão da qualidade do efluente, estabelecida pela necessidade de preservação ou recuperação dos recursos hídricos.

No tratamento secundário de águas residuárias, há ampla diversidade de sistemas biológicos, empregados tanto no Brasil como no exterior, destacando-se: o sistema de lodos ativados, o reator UASB (“Up Flow Anaerobic Sludge Blanket reactor”) – reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente, o filtro biológico, o sistema BARDENPHO (“Barnard Denitrification and Phosphorus Removal”) – sistema Barnard de desnitrificação e remoção de fósforo, as lagoas de estabilização, etc., além de outros sistemas modificados ou combinados, derivados dos sistemas anteriormente citados.

Na procura de sistemas alternativos, com a finalidade de tratar esgoto sanitário, em reduzido tempo de detenção hidráulica, menor espaço ocupado pelo sistema de tratamento e sem comprometer a qualidade do efluente final, foi proposto o presente trabalho que consiste no emprego do reator aeróbio

compartimentado. A operação do sistema contendo reator aeróbio compartimentado, tinha como finalidades: a avaliação do desempenho no tratamento de esgoto sanitário e o seu comportamento na presença de microrganismos filamentosos.

O sistema experimental foi construído para ser utilizado anteriormente na pesquisa de CLARETO (1997) – no tratamento biológico de líquidos percolados gerados em aterros sanitários – e após sua conclusão, foi modificado e empregado no presente trabalho. O reator consistia em um conjunto de quatro câmaras de aeração em série, com volume total aproximado de 10 litros. Após o reator, havia um decantador secundário, que recebia o efluente da quarta câmara e tinha como função separar a biomassa sedimentada do efluente decantado.

Algumas vantagens potenciais do sistema de lodos ativados constituído de reator aeróbio compartimentado, consistem em:

- Sob condições aproximadas de “plug-flow” (fluxo pistonado) no tanque de aeração, as características de sedimentação do lodo gerado são melhores e a incidência de intumescimento filamentoso do lodo é reduzida (TOM LINSON & CHAMBERS, 1979 *apud* AZIMI & HORAN, 1991 e HORAN & AZIMI, 1992);

- O reator compartimentado possui melhor capacidade potencial em conter o intumescimento filamentoso do lodo e a concentração de sólidos suspensos no efluente de reatores compartimentados é menor que nos reatores de mistura completa (CHUDOBA *et al*, 1991);

- A degradação de compostos tóxicos – como por exemplo o fenol – é melhor em reatores compartimentados (CHUDOBA *et al*, 1991);

- Os reatores com condições de operação aproximadas de “plug-flow” e sistema de ar difuso, favorecem o movimento espiral do fluxo minimizando o “back-mixing” (retromistura) (SAN, 1994) e

- A eficiência de nitrificação em reatores com características de “plug-flow” é geralmente superior a de reatores de mistura completa (CHUDOBA *et al*, 1985 *apud* AZIMI & HORAN, 1991; POOLE, 1987 *apud* AZIMI & HORAN, 1991 e HORAN & AZIMI, 1992).

O reator utilizado no presente trabalho foi empregado posteriormente na pesquisa da doutoranda Deize Dias Lopes – deste mesmo

Departamento de Hidráulica e Saneamento – na avaliação do desempenho do sistema constituído da combinação dos reatores compartimentados anaeróbio e aeróbio, no tratamento de esgoto sanitário, visando melhorar a eficiência na remoção de matéria orgânica e a remoção dos nutrientes: nitrogênio e fósforo.

2. OBJETIVOS

Os principais objetivos deste trabalho consistem em:

- Avaliar o funcionamento e o desempenho de um reator aeróbio compartimentado, em escala de laboratório, no tratamento de esgoto sanitário e
- Verificar o comportamento de um reator aeróbio compartimentado, quando ocorre a presença significativa de microrganismos filamentosos no “mixed liquor”.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente revisão, teve como finalidade a aquisição de subsídios, para melhor compreensão, conceituação e embasamento da pesquisa proposta. Não é do escopo deste trabalho a descrição do processo aeróbio, a caracterização dos microrganismos comumente encontrados em processos aeróbios e o estudo dos modelos matemáticos pertinentes, uma vez que já foram exaustivamente analisados e discutidos por diversos centros de pesquisa e em particular no Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS), da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da Universidade de São Paulo (USP), entre os quais: BLUNDI (1982), FORESTI (1982), SANT'ANNA (1982), PAULA (1982), SANTOS (1984), LARANJEIRA FILHO (1989) e COLETTI (1997).

3.1. LODOS ATIVADOS

3.1.1. Generalidades

O lançamento indiscriminado de águas residuárias nos cursos d'água pode ocasionar contaminação por microrganismos patogênicos, presentes nos esgotos sanitários, trazendo dificuldades ou mesmo impedindo o aproveitamento das águas à jusante, seja para o abastecimento público, uso para recreação ou irrigação de plantações.

Os contaminantes encontrados, em maior quantidade, nas águas residuárias são os compostos orgânicos biodegradáveis, orgânicos voláteis, orgânicos

recalcitrantes, metais tóxicos, sólidos suspensos, nutrientes (nitrogênio e fósforo), microrganismos patogênicos e parasitas.

Os efeitos físicos, químicos e bioquímicos, do lançamento de águas residuárias nos cursos d'água, se manifestam sob diversos modos, entre os quais, a redução do teor de oxigênio dissolvido na água, pela ação dos organismos responsáveis na decomposição, oxidação e mineralização da matéria orgânica e também pela agressividade ou impropriedade das águas receptoras (PHILIPPI JÚNIOR, 1992).

Os diversos componentes presentes na água, podem ser descritos em função de suas características físicas, químicas e biológicas. Essas características, que alteram o grau de pureza da água, podem ser expressas como:

a) Características físicas: as impurezas enfocadas do ponto de vista físico, estão associadas aos sólidos presentes na água. Esses sólidos podem ser suspensos, coloidais ou dissolvidos;

b) Características químicas: as características químicas da água podem ser interpretadas por meio de duas classificações: matéria orgânica ou inorgânica e

c) Características biológicas: os seres presentes na água podem ser vivos ou mortos. Dentre os seres vivos, tem-se os pertencentes aos reinos animal e vegetal, além dos protistas.

Segundo BITTON (1994), os objetivos principais do tratamento de águas residuárias consistem em:

a) Reduzir o conteúdo orgânico da água residuária (DBO); incluindo a remoção ou redução de traços de certos compostos orgânicos, que podem ser tóxicos ou carcinogênicos;

b) Remoção ou redução de nutrientes (nitrogênio e fósforo), para reduzir a poluição das águas superficiais ou subterrâneas, onde os efluentes são despejados e

c) Remoção ou inativação de microrganismos patogênicos e parasitas.

A remoção de poluentes no tratamento de águas residuárias, está associada ao conceito de nível e eficiência do tratamento. Esses níveis de tratamento são usualmente classificados como: preliminar, primário, secundário e terciário.

O tratamento preliminar, objetiva a remoção dos sólidos grosseiros, enquanto que o tratamento primário visa a remoção de sólidos sedimentáveis ou flutuantes e parte da matéria orgânica. Em ambos, predominam os mecanismos físicos do tratamento de afluentes. No tratamento secundário, no qual predominam processos biológicos, o principal objetivo é a remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes (nitrogênio e fósforo). O tratamento terciário, tem como objetivo a remoção de poluentes específicos (normalmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis), ou ainda, a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário.

Os métodos de tratamento envolvem unidades de operações e de processos e a integração destas, que vão compor os sistemas de tratamento. Usualmente, são adotadas as seguintes definições:

a) Unidades de operações físicas: unidades de tratamento, nos quais predominam a aplicação de forças físicas (ex.: gradeamento, mistura, floculação, sedimentação, flotação e filtração).

b) Unidades de processos químicos: unidades de tratamento, nos quais a remoção ou conversão de contaminantes ocorre pela adição de produtos químicos ou devido a reações químicas (ex.: precipitação, adsorção e desinfecção).

c) Unidades de processos biológicos: unidades de tratamento, nos quais a remoção de contaminantes ocorre por meio de atividade biológica (ex.: remoção de matéria orgânica carbonácea, nitrificação e desnitrificação).

O tratamento biológico de águas residuárias, consiste em repetir, em ambiente restrito e em curto espaço de tempo, os mesmos processos que se verificam ao longo de um rio ou na área de um lago, com respeito a autodepuração. Para isso, é necessário que a estação de tratamento propicie as melhores condições possíveis que favoreçam a proliferação de cultura bacteriana –

visto serem esses microrganismos os principais responsáveis pela realização da depuração.

A depuração de água residuária, rica em matéria orgânica, como o esgoto sanitário, consiste na oxidação desse material até estabilizá-lo, transformando-o em substâncias de estrutura molecular simples e de baixo conteúdo energético. Para que ocorra oxidação da matéria orgânica, é necessária a presença de catalisadores, ou seja, enzimas que facilitem a realização dessa reação. A presença de bactérias, em grande quantidade, nos esgotos, proporciona os catalisadores necessários à reação, que são as suas enzimas respiratórias (BRANCO, 1986).

O tratamento secundário, consiste na remoção de matéria orgânica, que pode estar na forma dissolvida (DBO solúvel) – a qual não é removida por unidades de separação de fases (como o decantador primário) – e em suspensão (DBO decorrente da presença de material suspenso ou particulado), a qual é em grande parte removida no tratamento primário, mas cujos sólidos, de sedimentação mais lenta, persistem no “mixed liquor”.

O processo biológico de lodos ativados, é utilizado para converter a matéria orgânica coloidal ou dissolvida em sólidos inorgânicos e biológicos sedimentáveis, que possam ser removidos no decantador secundário (METCALF & EDDY, 1991). Parte da matéria orgânica metabolizada é transformada em novas células e a restante, oxidada para obtenção de energia (SANT’ANNA, 1982 e METCALF & EDDY, 1991).

3.1.2. Sistema de Lodos Ativados

No final do século XIX, foram realizados os primeiros trabalhos que originaram o sistema de lodos ativados, processo biológico que consiste basicamente na produção de uma massa ativa de microrganismos, capazes de estabilizar o resíduo aerobiamente, produzindo efluente claro, límpido, sem odor e de alta qualidade (JORDÃO & PESSÔA, 1995 e METCALF & EDDY, 1991).

O sistema de lodos ativados é amplamente utilizado no tratamento de despejos sanitários e industriais, em situações de necessidade de elevada qualidade do efluente e reduzidos requisitos de área. No entanto, o sistema de lodos ativados implica em operação mais sofisticada e em maior consumo de energia elétrica.

O processo de lodos ativados é considerado o mais flexível sistema biológico de tratamento de esgoto, podendo-se obter tanto para altas como para baixas cargas orgânicas afluentes, concentrações relativamente baixas de matéria orgânica e sólidos suspensos no efluente (KATO, 1982). O sistema, consiste em misturar, agitar e aerar o esgoto bruto e o lodo ativado, em tanques de aeração, para posterior separação do efluente tratado do lodo sedimentado em decantadores secundários.

No sistema de lodos ativados, o componente ativo é o floco, formado por bactérias e outros microrganismos. Outra característica do processo, é que, sendo os flocos móveis e não permanentemente fixos, em determinada posição do reator, podem ser retirados do “mixed liquor”, que já se encontra em adiantada oxidação e transferidos para o esgoto bruto ou em início de depuração, na forma de lodo de retorno – excelente acelerador do processo de estabilização da matéria orgânica – pois, este, além da capacidade depuradora que possui, constitui verdadeira inoculação, em massa de microrganismos depuradores, que irão se reproduzir rapidamente no novo meio (AISSE, 1985; BRANCO, 1986 e PHILIPPI JÚNIOR, 1992).

A base do processo de lodos ativados é o crescimento de bactérias formadoras de flocos em águas residuárias orgânicas, que sedimentarão por gravidade no decantador secundário, resultando em sobrenadante clarificado (efluente final) e no lodo de retorno adensado.

A observação da presença de diversos tipos de protozoários e outras formas de vida superiores, presentes no processo de lodos ativados, podem ser utilizados para monitorar e otimizar a operação, particularmente em relação a seleção do tempo de retenção celular (θ_c) e a relação F/M.

Importante característica do sistema de lodos ativados é a recirculação de fração da biomassa sedimentada, no decantador secundário, para o tanque de aeração; isso torna o tempo de retenção celular maior do que o tempo de detenção hidráulica.

Os principais parâmetros de controle na operação do sistema de lodos ativados são: taxa de carregamento orgânico, recirculação de lodo, fornecimento de oxigênio e controle e operação do decantador secundário (BITTON, 1994).

O decantador secundário, tem como funções: separar o efluente tratado dos flocos microbianos e adensar o lodo (biomassa), produzido durante a oxidação no tanque de aeração. Fração do lodo sedimentado é recirculada ao tanque de aeração e a remanescente é descartada para manter a relação alimento/microrganismos (F/M) dentro de limites adequados (FOSTER & JOHNSTON, 1987 *apud* BITTON, 1994). A relação F/M, é controlada pela taxa de descarte do lodo ativado; quanto maior a taxa de descarte, maior a relação F/M. A relação F/M menor, indica que os microrganismos presentes no tanque de aeração estão na fase endógena, resultando em maior eficiência no tratamento de águas residuárias. Nesta fase endógena ocorre boa sedimentação do lodo, que acontece quando as fontes de carbono e energia estão limitadas e a taxa de crescimento microbiano é baixa. Boa sedimentação, com subsequente remoção de DBO, ocorre com baixa relação F/M. Em águas residuárias municipais, a faixa de valores da relação F/M mais adequada, ocorre entre 0,2 e 0,6 dia⁻¹ (SANT'ANNA, 1982; GAUDY & GAUDY, 1988 e HAMMER, 1986 *apud* BITTON, 1994). Valores muito baixos de F/M também podem ser prejudiciais a sedimentação.

Os flocos formados durante a fase de aeração, contribuem na remoção de microrganismos indesejáveis. No decantador secundário, certos organismos (parasitas), são submetidos à sedimentação, enquanto os microrganismos patogênicos, aderidos aos flocos, sedimentam facilmente. Assim, comparando com certos processos de tratamento biológico, o sistema de lodos ativados é relativamente mais eficiente na remoção de microrganismos patogênicos e parasitas de efluentes primários (BITTON, 1994).

As bactérias, são removidas pela inativação, absorvidas pelos protozoários ciliados (particularmente as bactérias livre-natantes) e adsorção e/ou encapsulamento dentro de flocos, acompanhando na sedimentação (FEACHEM *et al*, 1983 *apud* BITTON, 1994; OMURA *et al*, 1989 *apud* BITTON, 1994 e YAZIZ & LLOYD, 1979 *apud* BITTON, 1994).

No sistema de lodos ativados, o processo biológico, é eficiente na remoção de vírus do esgoto sanitário, cuja capacidade está relacionada com a remoção de sólidos (GERBA *et al*, 1978 *apud* BITTON, 1994). Os vírus, são também inativados pelos fatores ambientais e biológicos. Após 10 horas de aeração, aproximadamente 25 % dos vírus são removidos pela adsorção de flocos, e 75 % são removidos pela inativação ou ingestão pelos protozoários (ciliados) e pequenos metazoários (nematóides) (GLASS & O'BRIEN, 1980 *apud* BITTON, 1994). Destaca-se o fato, contudo, que apesar desses resultados, o efluente de estações fundamentadas no processo de lodos ativados, ainda necessitam de desinfecção complementar.

No tanque de aeração, devido a entrada contínua de matéria orgânica, quantificada na forma de DBO₅, as bactérias crescem e se reproduzem continuamente. Caso fosse permitido, que a população de bactérias crescesse indefinidamente, elas tenderiam a atingir concentrações excessivas no tanque de aeração, dificultando a transferência de oxigênio a todas as células. Além disso, o decantador secundário ficaria sobrecarregado e os sólidos não teriam condições de sedimentar satisfatoriamente, vindo a sair no efluente final. Para manter o sistema em equilíbrio, é necessário que se retire aproximadamente a mesma quantidade de biomassa que é aumentada por reprodução. Esse lodo biológico excedente, pode ser extraído diretamente do reator ou da linha de recirculação do lodo e deve receber tratamento adicional, usualmente compreendendo adensamento, estabilização e desidratação.

No processo biológico de lodos ativados, as bactérias são os microrganismos mais importantes, por serem responsáveis pela decomposição da matéria orgânica afluyente. Somente fração do resíduo original é realmente oxidado a

compostos de baixa energia como NO_3^- , SO_4^{2-} , CO_2 , H_2O e NH_4^+ , enquanto que o remanescente é sintetizado em material celular.

Embora seja importante que as bactérias decomponham os resíduos orgânicos o mais rapidamente possível, é imprescindível que elas formem flocos satisfatórios, pré requisito para a separação efetiva dos sólidos biológicos, no decantador secundário.

O oxigênio é limitante no crescimento de microrganismos e na prática, a concentração de oxigênio dissolvido (OD), no tanque de aeração, deve ser mantida entre 1,5 e 4 mg/L; 2 mg/L é o valor comumente utilizado. Valores acima de 4 mg/L não melhoram significativamente a operação, mas aumentam consideravelmente os custos de aeração (METCALF & EDDY, 1991).

Para o controle do processo de lodos ativados, podem ser utilizados o tempo de retenção celular (θ_c) e a relação alimento/microrganismos (F/M) (SANT'ANNA, 1982 e METCALF & EDDY, 1991).

O controle do processo de lodos ativados pela relação F/M, consiste em retirar lodo da linha de recirculação ou diretamente do tanque de aeração, de modo a manter a concentração desejada de microrganismos ativos. Este método apresenta o inconveniente de exigir a determinação de sólidos suspensos voláteis (SSV) – análise trabalhosa e demorada – além de só avaliar razoavelmente o lodo biológico ativo para grandes relações F/M. Quando esta relação vai diminuindo, o resíduo endógeno, na forma de matéria suspensa volátil, vai progressivamente ocupando o lugar dos microrganismos (SANT'ANNA, 1982).

Por esse motivo, normalmente o parâmetro θ_c é o mais utilizado, devido sua simplicidade de determinação – não há necessidade de determinação da massa ativa de sólidos biológicos no sistema e nem de determinação da quantidade de alimento utilizado – subtraindo-se do tanque de aeração a fração diária de “mixed liquor” inversamente proporcional a idade do lodo desejada.

No controle da idade do lodo, não se costuma levar em consideração o lodo acumulado no decantador secundário, pois neste, a quantidade de sólidos sedimentados deve ser mantida tão baixa quanto possível. (IMHOFF, 1966).

Dentro de certos limites, as características de sedimentação, do floco biológico, são favorecidas quando se aumenta a idade do lodo. Aumentando-se o tempo de retenção celular, há redução da carga superficial das partículas e inicia-se o aparecimento de produtos extra-celulares, como polímeros, produzidos pelos microrganismos que envolvem essas partículas, formando camada superficial, promovendo a formação de flocos que podem ser removidos por sedimentação no decantador do sistema (BLUNDI, 1982).

Quando o efluente do sistema de lodos ativados apresenta concentrações elevadas de sólidos suspensos, apesar de ter havido boa floculação, o problema pode ser decorrente de dimensionamento incorreto do decantador ou de aeração deficiente ou ainda da presença de microrganismos filamentosos (BLUNDI, 1982).

3.1.3. Intumescimento Filamentoso do Lodo

Desde a introdução dos reatores de fluxo contínuo, o intumescimento filamentoso do lodo tem sido um dos principais problemas que afetam o tratamento biológico de águas residuárias (SYKES, 1989 *apud* BITTON, 1994).

Nem todas as bactérias desenvolvidas no sistema de lodos ativados são formadoras de flocos. Muitos tipos de organismos filamentosos (bactérias e fungos) podem se desenvolver, o que acarretará problemas operacionais, sendo que os mais comuns são: o intumescimento filamentoso e a espuma (RICHARD, 1989).

As bactérias filamentosas são componentes normais dos flocos de lodos ativados e o equilíbrio entre essas bactérias filamentosas e as formadoras de flocos, resulta em flocos fortes, que mantêm sua integridade no tanque de aeração e sedimentam bem no decantador secundário (BITTON, 1994).

Certa concentração de organismos filamentosos pode ser benéfica ao processo de lodos ativados, pois, sua ausência pode resultar em flocos

pequenos, facilmente rompidos, que sedimentam bem, mas deixam o efluente turvo (RICHARD, 1989).

A proliferação de microrganismos filamentosos é o problema operacional mais comum no processo de lodos ativados. O crescimento excessivo de microrganismos filamentosos no “mixed liquor” resulta na pobre compactação e lenta sedimentação do lodo, comumente denominado de intumescimento filamentososo do lodo (RICHARD, 1989; JENKINS & RICHARD, 1985 *apud* BITTON, 1994 e METCALF & EDDY, 1991).

As sulfobactérias, microrganismos filamentosos, vivem em meios ricos em gás sulfídrico e realizam oxidação de H_2S a S, que precipita em sua própria estrutura grânulos de enxofre, facilmente observáveis ao microscópio (BITTON, 1994 e BRANCO, 1986). Os gêneros mais comuns de sulfobactérias são: *Beggiatoa* e *Thiothrix* (BRANCO, 1986).

A definição operacional muitas vezes utilizada no processo de lodos ativados em que ocorre o intumescimento filamentososo do lodo é o valor do índice volumétrico do lodo (IVL), igual ou maior a 150 mL/g (ALBERTSON, 1987; RICHARD, 1989; JENKINS *et al*, 1993; BITTON, 1994 e JORDÃO & PESSÔA, 1995). Em estações convencionais de lodos ativados (com sólidos suspensos < 3500 mg/L) a faixa normal de IVL é entre 50 e 150 mL/g (BITTON, 1994). No entanto, cada estação de tratamento tem um valor específico de IVL, dependendo do tamanho e do desempenho do decantador secundário e das considerações hidráulicas (RICHARD, 1989).

Nos Estados Unidos, tem sido estimado, que a incidência de intumescimento filamentososo do lodo afeta aproximadamente 60 % das estações de tratamento. Trabalho realizado no estado do Colorado, sugere que aproximadamente 80 % das estações de lodos ativados apresentaram episódios de intumescimento filamentososo do lodo. Este problema, pode ser a principal razão, pelo qual aproximadamente 50 % das estações de lodos ativados, nos Estados Unidos, constantemente não respeitam os padrões de emissão do National Pollution Discharge Elimination System (NPDES) (RICHARD, 1989).

Vários métodos tem sido utilizados na tentativa de conter o problema de intumescimento, destacando-se: controle do pH no tanque de aeração, ajuste na vazão de recirculação do lodo, adição de polímeros, adição de cloro ou peróxido de hidrogênio no lodo de retorno, controle da septicidade da água residuária, adição de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e nutrientes traço, alteração da concentração de OD no tanque de aeração, mudança na concentração da biomassa, alteração no modelo de alimentação afluyente e uso de seletores (METCALF & EDDY, 1991 e RICHARD, 1989).

Geralmente, os sistemas de lodos ativados não favorecem o crescimento de fungos, embora alguns fungos filamentosos sejam ocasionalmente observados nos flocos de lodos ativados. Os fungos podem crescer abundantemente sob condições específicas como: baixo pH, toxicidade e deficiência de nitrogênio (BITTON, 1994 e VAZOLLER *et al*, 1989).

As bactérias filamentosas são capazes de predominar sob condições de baixa concentração de oxigênio dissolvido (OD), elevada concentração de OD, baixa relação Alimento/Microrganismos (F/M), elevada relação F/M, baixo pH, baixa concentração de nutrientes, altos níveis de sulfetos e podem ser influenciadas pela configuração do reator (ALBERTSON, 1987 e BITTON, 1994). Contudo, parece que a baixa relação F/M é a causa predominante do intumescimento nas estações de tratamento de águas residuárias (BITTON, 1994).

“Bulking”, é o termo aplicado para a condição em que cresce o excesso de organismos filamentosos no “mixed liquor” do processo de lodos ativados. Os flocos biológicos intumescidos não sedimentam bem e são muitas vezes arrastados em grandes quantidades no efluente do decantador secundário (METCALF & EDDY, 1991).

Experiências práticas, tem mostrado que o “mixed liquor” de sistemas de lodos ativados com reator compartimentado ou reator “plug-flow”, sedimentam melhor que em sistema de mistura completa e têm proporcionado melhor controle do intumescimento filamentoso do lodo (ALBERTSON, 1987 e METCALF & EDDY, 1991).

Em 1969, o laboratório British Water Pollution, de Stevenage, divulgou o desempenho de seis pequenas estações de lodos ativados, com tanques de aeração utilizando um, dois e quatro compartimentos. Os sistemas com quatro compartimentos apresentaram as menores faixas de valores de IVL. Os resultados são apresentados na TABELA 3.1 (ALBERTSON, 1987).

TABELA 3.1 – Faixa de valores de IVL associada com o número de compartimentos e dois tempos de detenção hidráulico

Número de Compartimentos	Índice Volumétrico do Lodo (mL/g)	
	$\theta_h = 6$ h	$\theta_h = 12$ h
1	46 a 162	50 a 203
2	44 a 129	55 a 125
4	42 a 73	49 a 75

θ_h : Tempo de detenção hidráulica, T

Segundo ALBERTSON (1987), as práticas biológicas mais utilizadas para tentar reduzir a probabilidade de ocorrer o intumescimento filamentoso do lodo são: (1) uso de longos reatores “plug-flow” (comprimento:largura $\geq 20:1$) ou tanques contínuos para minimizar o “back-mixing” assim como controlar o OD nas zonas iniciais; (2) compartimentalização do reator biológico em tanques de aeração em série, para eliminar o “back-mixing” assegurando o declínio da relação F/M ao longo dos compartimentos; (3) operação da primeira zona do reator compartimentado em ambiente aeróbio (≥ 2 mg OD/L) ou em deficiência de OD ($\leq 0,2$ mg OD/L), em ambas condições, operando com elevada relação F/M (≥ 3 kg DBO₅ aplicada/kg SSV dia) e (4) uso de reator sequencial “batch”, em que o reator é preenchido sem adição de ar (método equivalente ao reator “plug-flow”, com infinito número de compartimentos).

DONALDSON (1932) *apud* ALBERTSON (1987), reconheceu as vantagens do tanque de aeração compartimentado, para eliminar o “back-mixing” e favorecer o declínio da relação F/M, que podem ajudar a controlar a instabilidade de sedimentação do lodo, no processo de lodos ativados.

Segundo ALBERTSON (1987), o melhor método de controle do intumescimento filamentoso do lodo é proporcionado pela compartimentalização do reator e pelo controle de OD em cada compartimento. Na prática, este método

também pode favorecer o controle do IVL, mas, o controle ideal ocorrerá quando estiverem disponíveis o declínio da relação F/M e o controle de OD em função do tempo (reator “batch”) ou para cada compartimento (reator “plug-flow”).

3.2. REATOR AERÓBIO COMPARTIMENTADO

FORESTI (1982) e BOOPATHY & TILCHE (1991) *apud* CLARETO (1997), destacam a superioridade na eficiência dos reatores compartimentados, no tratamento de águas residuárias com alta concentração de carga orgânica, quando comparados aos reatores de fase única. Em reatores compartimentados, há maior resistência à cargas de choque decorrentes da variação afluente, em que somente a primeira câmara é alimentada com o substrato e as subsequentes com o efluente da câmara anterior, separando o processo em etapas sequenciais, que podem facilitar a degradação da matéria orgânica.

O uso de reatores em série, beneficia potencialmente a seleção de grupos de microrganismos melhores adaptados, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Esta seleção, diminui a competição entre os microrganismos, melhorando o rendimento destes e conseqüentemente, obtendo maior eficiência do processo. Além disso, a compartimentalização atenua a potencialidade de toxicidade nas câmaras que se seguem (CLARETO, 1997).

Segundo SCHROEDER (1977) *apud* SAN (1994), o fluxo em tanques longos e estreitos, apresentam razoavelmente boa aproximação do regime “plug-flow”. Nessas unidades, usualmente são instalados difusores de ar, em que a ascensão das bolhas resulta em movimento espiral do fluxo, minimizando o “back-mixing”.

AZIMI & HORAN (1991), estudaram duas unidades de lodos ativados, com regimes de mistura aproximando-se à mistura completa e ao “plug-flow”. Os reatores, que continham mesmo volume (16 L), foram operados sob mesmas condições de aeração, temperatura e afluente – substrato sintético. Neste trabalho, AZIMI & HORAN observaram que o valor do IVL no reator de mistura

completa foi sempre maior que no reator “plug-flow”; além de ocasionais incidências de intumescimento filamentososo do lodo, que ocorreram no reator de mistura completa e que não aconteceu no reator “plug-flow”. A TABELA 3.2 apresenta os valores médios dos parâmetros obtidos na operação de ambos reatores, com idade do lodo de 10 dias (tabela simplificada).

TABELA 3.2 – Valores médios dos parâmetros obtidos na operação dos reatores “plug-flow” e de mistura completa, conduzidos por AZIMI & HORAN, no tratamento de substrato sintético, com idade do lodo de 10 dias (tabela simplificada)

Parâmetros	Reator “plug-flow”	Reator de Mistura Completa
θ_h (h)	24	24
SSV (mg/L)	1520	1385
TCO (dia^{-1})	0,23	0,23
IVL (mL/g)	109	227
pH	7,6	7,8

θ_h : Tempo de detenção hidráulica, T

SSV: Sólidos suspensos voláteis, ML^{-3}

TCO: Taxa de carregamento orgânico, T^{-1}

IVL: Índice volumétrico do lodo, L^3M^{-1}

TOEBER *et al* (1974), compararam durante 6 meses, o desempenho de um sistema de lodos ativados de mistura completa com um sistema “plug-flow”, sob mesmas condições de operação, tratando o esgoto sanitário da cidade de Freeport, em Illinois – EUA. Cada sistema era constituído de dois tanques de aeração, com volume unitário de 500 m^3 e dois decantadores secundários, com volume unitário de 1022 m^3 . Neste estudo, TOEBER *et al*, observaram que sob condições normais de operação, os sistemas de mistura completa e “plug-flow”, apresentaram mesma eficiência de remoção e sob condições de cargas de choque, o sistema de mistura completa demonstrou superioridade de 10 % sobre o sistema “plug-flow”, em relação à remoção de DBO.

A observação de TOEBER *et al* (1974), no que se refere à superioridade do sistema de mistura completa sobre o sistema “plug-flow”, em situações de cargas de choque, é de mesma opinião de METCALF & EDDY (1991). Contudo, segundo METCALF & EDDY (1991), dividindo o tanque de mistura completa em reatores em série, o desempenho do tratamento pode ser melhorado, sem maiores prejuízos na capacidade de receber cargas de choque.

CHUDOBA *et al* (1991), pesquisaram dois sistemas de lodos ativados, em paralelo – empregando reator de mistura completa e reator compartimentado (oito compartimentos) – ambos de mesmo volume total (1340 L), mesma área de superfície de contato material (37,5 m²) e tratando águas residuárias, provenientes do Hospital Hanwa-Senpoka, em Osaka – Japão. Nesta pesquisa, CHUDOBA *et al* confirmaram que os reatores produzem efluentes de mesma qualidade em relação à DBO₅ e à DQO solúveis. Contudo, foi comprovada a superioridade do reator compartimentado na degradação de compostos tóxicos – como por exemplo o fenol – além de conter o crescimento de microrganismos filamentosos. Também foi observado que o reator compartimentado produz efluente com menor DBO₅ total, obviamente devido a baixa concentração de sólidos suspensos presentes no efluente deste sistema. Os valores médios dos resultados de DBO₅ e sólidos suspensos (SS) são apresentados na TABELA 3.3.

TABELA 3.3 – Valores médios dos resultados de DBO₅ e SS dos experimentos realizados por CHUDOBA *et al* (1991), no tratamento de águas residuárias provenientes do Hospital Hanwa-Senpoka, em Osaka – Japão

Afluente (mg/L)		Efluente (mg/L)					
		Reator Compartimentado			Reator de Mistura Completa		
DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DBO ₅ filt (mg/L)	SST (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DBO ₅ filt (mg/L)	SST (mg/L)
144	242	35	17	15	45	18	37

DBO₅: Demanda bioquímica de oxigênio, ML⁻³

DBO₅ filt: Demanda bioquímica de oxigênio, de amostra filtrada, ML⁻³

SST: Sólidos suspensos totais, ML⁻³

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO DE BANCADA

O trabalho experimental foi desenvolvido em instalação de bancada, operada no Laboratório de Processos Anaeróbios do Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP), alimentada com esgoto sanitário proveniente da rede pública de esgotamento. O sistema experimental era constituído basicamente de: reservatório de armazenamento temporário de substrato, bomba dosadora, reator aeróbio compartimentado, compressor de ar – utilizado na aeração das câmaras do reator – e aerador de aquário – empregado no mecanismo de recirculação constante de lodo no sistema..

O controle da temperatura do reator, foi realizado por meio de sistema, constituído por duas ventoinhas, duas resistências elétricas e termostato, que foi montado no interior da câmara, provida de isolamento térmico que envolvia o reator. Infelizmente, essa câmara e o sistema de controle só funcionaram para manter a temperatura mínima em torno de 25 °C, porque quando a temperatura do ar externo se elevava, as ventoinhas eram incapazes de conter o aquecimento do reator, de modo que essa temperatura chegou a atingir 31 °C.

O esgoto sanitário provinha de uma derivação de dois ramais da rede pública coletora do sistema de esgotamento sanitário da cidade de São Carlos, SP. Diariamente, o esgoto sanitário recalcado era coletado, transportado e armazenado em caixa de fibrocimento impermeabilizada, com volume de 100 L, utilizada para permitir o fornecimento de vazão de alimentação aproximadamente

constante ao reator. Foi utilizado agitador, acoplado a redutor de rotação, com a finalidade de tentar manter a homogeneidade do substrato contido no reservatório, evitando a sedimentação de sólidos suspensos presentes no esgoto sanitário. Na Figura 4.1 são apresentados o agitador e a caixa de fibrocimento, utilizados para tentar manter a homogeneidade do esgoto sanitário.



FIGURA 4.1 – Agitador e caixa de fibrocimento, utilizados para tentar manter a homogeneidade do esgoto sanitário, afluente do reator aeróbio compartimentado

O efluente do reservatório, alimentava o reator – mediante mangueira de silicone de 5 mm de diâmetro – recalcado por bomba dosadora, responsável também pelo controle da vazão afluente. Em decorrência do pequeno diâmetro interno da mangueira de silicone, foi colocada tela fina de aço inox – com abertura de peneira fina – em sua extremidade (no interior do reservatório), com o intuito de conter a entrada de sólidos grosseiros que poderiam interromper o fluxo.

Periodicamente, a mangueira era desconectada do sistema de alimentação para a remoção do acúmulo de sólidos que ocorria na parede interna.

Na mangueira de silicone, após a bomba dosadora, foi feita uma bifurcação, utilizando peça de vidro moldada em formato de Y, ligada a duas mangueiras de silicone de mesmo comprimento e diâmetro. Durante a operação do reator, uma mangueira permanecia conectada à entrada do reator fornecendo substrato, enquanto que a outra era mantida fechada com presilha. Mais adiante, durante a explanação sobre a operação do reator, é explicado, com maiores detalhes, o procedimento para verificar e regular a vazão de entrada do afluente no sistema. Na Figura 4.2 são apresentados o termostato e a bomba dosadora, utilizados no controle de temperatura e vazão do reator aeróbio compartimentado.



FIGURA 4.2 – Termostato e bomba dosadora, utilizados no controle de temperatura e vazão do reator aeróbio compartimentado

No período de operação do reator foram utilizadas no decantador as seguintes taxas hidráulicas de aplicação superficial média (TAS) nas respectivas Fases: $TAS = 10,19 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{dia}^{-1}$, durante a Partida e nas Fases 1 e 2; $TAS = 15,28 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ nas Fases 3 e 4; e $TAS = 30,56 \text{ m}^3\text{m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ durante a operação da Fase 5 (Ver Tabela 4.1). Na Figura 4.3 são apresentados a câmara de isolamento térmico e o reator aeróbio compartimentado.



FIGURA 4.3 – Câmara de isolamento térmico e o reator aeróbio compartimentado

O sistema de aeração e mistura consistiam na utilização de compressor de ar seguido de filtro em aço inox, responsável pelo controle da pressão no reservatório e a remoção da umidade presente no ar comprimido. Ao filtro de ar estava conectado uma mangueira de alta pressão contendo três “Tês”, em série, que conduziam ar comprimido a quatro mangueiras, dispostas, cada uma com registro de agulha, para regular a vazão de ar nas respectivas saídas.

Para facilitar o manuseio das mangueiras de ar comprimido às câmaras do reator, após o registro de agulha, instalado nas mangueiras de alta pressão foi adaptado um bico de cobre de diâmetro menor, possibilitando conectar uma mangueira de látex até a haste de aço inox utilizado para fixar e sustentar a pedra porosa responsável pela difusão do ar; e a aeração e mistura do “mixed liquor” contido no interior da câmara. Na Figura 4.4 são apresentadas as mangueiras de alta pressão, utilizadas para conduzir ar comprimido às câmaras do reator aeróbio compartimentado.

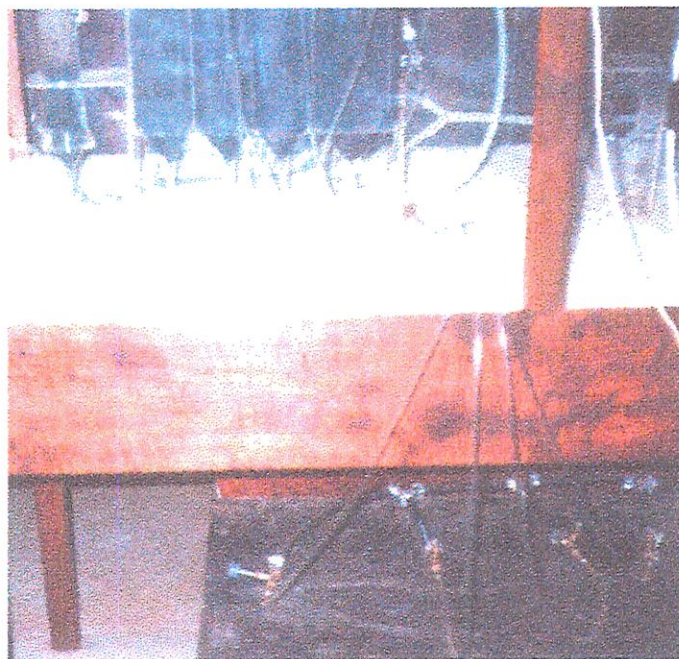


FIGURA 4.4 – Mangueiras de alta pressão, utilizadas para conduzir ar comprimido às câmaras do reator aeróbio compartimentado, dispostas, cada uma com registro de agulha, para regular a vazão de ar nas respectivas saídas

O fundo do decantador secundário, em formato tronco piramidal invertido, tinha como objetivo concentrar os sólidos sedimentados que se separavam do efluente decantado. Todo esse lodo acumulado retornava ao canal condutor da primeira câmara do reator, onde se mistura com o substrato afluente. Com a finalidade de possibilitar e manter recirculação constante de lodo no sistema, foi montado mecanismo utilizando aerador de aquário, mangueiras de látex e de silicone, registro dosador, conexão de plástico em formato de “Y” e ponteira de vidro em formato de “L”.

O lodo sedimentado por gravidade, no fundo do decantador secundário, era removido pela mangueira de silicone presente na saída de fundo, e transportado até a entrada do canal condutor da primeira câmara do reator com a ajuda da vazão constante de ar fornecida pelo aerador de aquário.

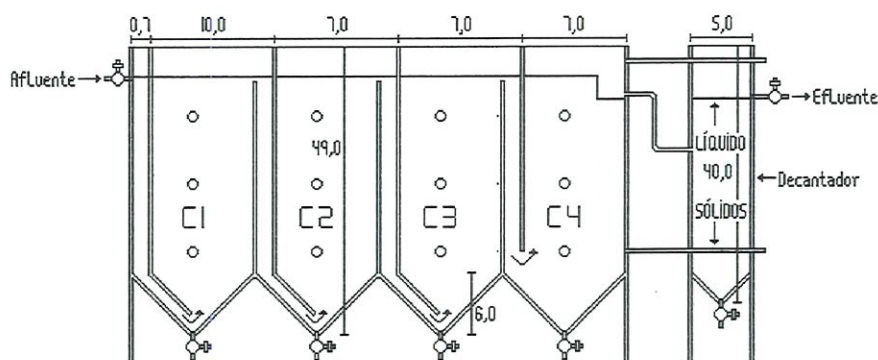
4.2. OPERAÇÃO DO REATOR AERÓBIO COMPARTIMENTADO

O reator aeróbio compartimentado foi anteriormente construído para ser utilizado na pesquisa de CLARETO (1997), e após sua conclusão, foi empregado no presente trabalho, com algumas melhorias adicionais. O reator foi construído com placas de acrílico de 4,75 mm de espessura, nas seguintes dimensões: 31,7 cm de comprimento, 10,0 cm de largura e 49,0 cm de profundidade. O volume total do reator é de aproximadamente 10 L, distribuídos em conjunto de quatro câmaras em série, sendo a primeira de maior área superficial ($10,0 \times 10,0 \text{ cm}^2$), e com volume aproximado de 3,3 L, visando a atenuação de possíveis cargas de choque, e as três câmaras seguintes, de mesmas dimensões ($10,0 \times 7,0 \text{ cm}^2$), com volume aproximado de 2,2 L.

O reator recebia esgoto sanitário na entrada localizada na lateral do canal condutor da primeira câmara, conduzindo-o, em fluxo descendente, até junto ao fundo, de onde seguia em fluxo ascendente, atravessando região rica em agrupamentos de microrganismos. O efluente dessa câmara tinha acesso, pelo canal condutor, em fluxo descendente, à câmara seguinte, onde era utilizado como substrato pela população microbiana presente. Esta sequência repetia-se nas demais câmaras, até o quarto compartimento, onde havia um vertedor e que após o mesmo o efluente era conduzido ao decantador secundário.

Os chamados canais condutores eram duas placas paralelas de acrílico com espaçamento de 0,7 cm, que separavam as câmaras e conduziam o afluente das respectivas câmaras.

Nas Figuras 4.5 e 4.6 são apresentadas a vista superior e o esquema do reator aeróbio compartimentado.



C1, C2, C3 e C4: Câmaras que constituíam o reator, enumeradas em sequência de 1 a 4
Sem escala (medidas em centímetro)

FIGURA 4.5 – Esquema do reator aeróbio compartimentado, com suas respectivas dimensões

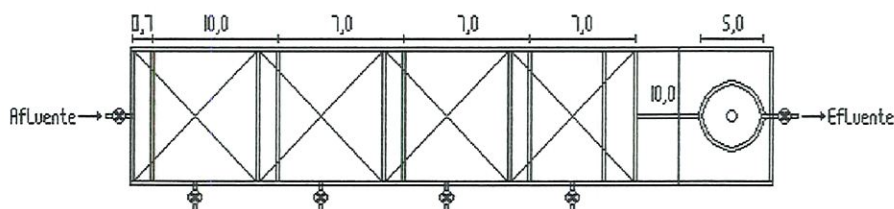


FIGURA 4.6 – Vista superior do reator aeróbio compartimentado, com suas respectivas dimensões

O decantador secundário, com dimensões de 5 cm de diâmetro e 40 cm de altura, recebia o efluente do reator, e tinha a função de separar a biomassa – que deveria sedimentar – do efluente decantado que era removido na região superior do decantador.

Antes de proceder a partida do reator, foi cultivado o inóculo aeróbio, utilizando o lodo descartado – proveniente de um reator aeróbio de bancada – que recebia como substrato o efluente filtrado e peneirado de um reator anaeróbio compartimentado. Ambos se encontravam em operação no Departamento de Hidráulica e Saneamento.

O lodo era mantido sob aeração com o auxílio de aerador de aquário, dentro de um balde, coberto com papel de alumínio para evitar a incidência de luz. Diariamente, o aerador era desligado e removido temporariamente, para que certo volume de seu sobrenadante fosse descartado e substituído por substrato. Nos primeiros vinte e um dias foi utilizada suspensão de sacarose e amido de milho e nos

sete dias subsequentes, que antecederam a partida do reator, o inóculo foi alimentado com o efluente filtrado e peneirado do reator anaeróbio compartimentado.

Após 27 dias do início de cultivo, o inóculo foi distribuído nas câmaras do reator, resultando em volume aproximado de 1,5 L em cada câmara, com concentração aproximada, de sólidos suspensos voláteis, de 6300 mgL^{-1} , que foi mantido sob aeração. No dia seguinte, o volume total do reator foi completado com esgoto sanitário, o reservatório abastecido e o sistema colocado em funcionamento, com tempo de detenção hidráulica média (θ_h) de 12 horas.

Após o período de Partida, consistindo em 8 dias de operação em função apenas do θ_h , iniciou-se o controle do tempo de retenção celular média (θ_c) adotado como sendo de 10 dias. Nesta Fase, chamada de Fase 1 (e mantida por 13 dias) não houve crescimento adequado de microrganismos, o que levou a se aumentar a idade do lodo para 20 dias. Mesmo aumentando-a e mantendo-a, nesta Fase 2, o θ_c por 13 dias, os valores de sólidos suspensos voláteis nas câmaras do reator, mantiveram-se abaixo de 1500 mgL^{-1} .

Acreditando que a deficiência no crescimento bacteriano era decorrente da pequena taxa volumétrica de carregamento orgânico, foi reduzido o θ_h de 12 para 8 horas, e o θ_c , de 20 para 10 dias. Esta combinação de parâmetros operacionais da Fase 3 foi mantida por 35 dias, período que possibilitou a obtenção de bons resultados de operação. Na Fase seguinte, Fase 4, mantida por 49 dias, com θ_h de 12 horas e θ_c de 20 dias pretendia-se alcançar maior concentração de microrganismos nas câmaras do reator e comparar os resultados de operação nestas condições com os que foram obtidos na fase anterior.

Concluída a Fase 4, iniciou-se a Fase 5, mantida por 43 dias, período em que foram testados os parâmetros de projeto para reatores de lodos ativados de mistura completa, fornecidos por METCALF & EDDY (1991): θ_h de 4 horas e θ_c de 10 dias. Na Tabela 4.1 são apresentados os parâmetros operacionais do reator.

TABELA 4.1 – Parâmetros operacionais médios do reator aeróbio compartimentado

Fase	Tempo de Operação (dia)	θ_h (h)	θ_c (dia)	Q (Ldia ⁻¹)	TAS (m ³ m ⁻² dia ⁻¹)
Partida	8	12	--	20	10,19
1	13	12	10	20	10,19
2	13	12	20	20	10,19
3	35	8	10	30	15,28
4	49	8	20	30	15,28
5	43	4	10	60	30,56

θ_h : Tempo de detenção hidráulica, T

θ_c : Tempo de retenção celular, T

Q: Vazão, L³T⁻¹

TAS: Taxa hidráulica de aplicação superficial, utilizada no decantador secundário, L³L⁻²T⁻¹

Para possibilitar o funcionamento contínuo do reator, era necessário que o reservatório utilizado no armazenamento de substrato fosse diariamente reabastecido. O procedimento adotado para armazenar o esgoto sanitário consistia em: desligar o agitador, remover o substrato residual e realizar a limpeza das paredes internas do reservatório antes de tornar a abastecê-lo. O objetivo da limpeza era minimizar o inevitável acúmulo de sedimentos e incrustações.

Duas vezes ao dia, verificava-se a vazão de entrada do afluente no reator seguindo o roteiro descrito a seguir:

a) Inicialmente, eram separados os equipamentos que seriam utilizados, deixando-os disponíveis: béquer, proveta volumétrica e cronômetro;

b) Fechava-se com presilha a mangueira que alimentava o reator;

c) Removia-se a presilha que vedava a segunda mangueira, mantendo sua extremidade na altura da entrada do afluente no reator;

d) Após o afluente preencher os espaços vazios no interior da mangueira começava-se a despejar o afluente na proveta no mesmo instante em que se iniciava a cronometragem do tempo. O volume de substrato a ser despejado na proveta e o tempo a ser aguardado, foram calculados em função do tempo de detenção hidráulica utilizado em cada Fase de operação.

e) Em caso de divergência no volume obtido, esvaziava-se a proveta no béquer e procedia-se com cuidado, para alterar a regulação de vazão da bomba. Mesmo que a primeira medição fosse satisfatória repetia-se o procedimento para confirmar a vazão do afluente no reator.

A temperatura ambiente, na sala em que foi instalado o reator, não pode ser fixada, devido a ausência de aparelho de ar condicionado que possibilitasse seu controle. Nos dias mais quentes, as ventoinhas eram incapazes de conter o aquecimento do reator, de modo que a temperatura do ar, dentro da câmara de isolamento térmico, chegou a alcançar 31 °C. Mas, apesar disso, nos dias mais frios, pode ser mantida temperatura mínima média, em torno de 25 °C, com o sistema de termostato e ventiladores, que foram instalados junto ao reator.

4.2.1. Tempo de Retenção Celular

Um dos controles operacionais básicos na pesquisa foi realizado por meio do controle do tempo de retenção celular, também conhecido como idade do lodo, removendo-se de cada câmara uma fração diária do “mixed liquor” inversamente proporcional à idade do lodo desejada.

As idades do lodo adotadas na operação do reator foram de 10 e 20 dias, portanto, eram retirados diariamente, 10% do volume de cada câmara durante as Fases 1, 3 e 5 ($\theta_h = 10$ dias); e 5% do volume de cada câmara, nas Fases 2 e 4 ($\theta_h = 20$ dias). Esses volumes eram removidos em duas etapas durante o dia – uma no período da manhã e outra à tarde – a fim de evitar perturbações acentuadas no sistema.

Devido as reduzidas dimensões do reator, antes de proceder o descarte, o “mixed liquor” separado de cada câmara era decantado e o sobrenadante retornado à respectiva câmara.

4.3. PONTOS DE AMOSTRAGEM, PARÂMETROS MONITORADOS, PERIODICIDADE E MÉTODOS UTILIZADOS

O esgoto sanitário, tratado pelo reator aeróbio compartimentado, era coletado diariamente, e mantido sob mistura no reservatório de armazenamento temporário. Tendo em vista que o afluente do reator apresentava pouca variação de suas características no decorrer do dia, as amostragens eram pontuais, sendo que a amostra afluente era coletada no próprio reservatório e a amostra efluente, na saída do sobrenadante do decantador secundário, respeitando-se o tempo de detenção hidráulica, utilizado em cada Fase de operação.

No reator foram escolhidas para coleta de amostras as válvulas intermediárias de cada câmara, dispostas à 20 cm da superfície do “mixed liquor”. As amostras eram coletadas em sequência, do efluente para o afluente, e nas câmaras, da quarta para a primeira. Antes de proceder-se a coleta das câmaras, o “mixed liquor” era agitado com o tubo de inox utilizado na aeração, e o residual contido na mangueira de coleta, removido e retornado a respectiva câmara, para não interferir na amostragem. Durante a coleta, o volume de amostra, que era coletado em cada ponto, foi sempre o mesmo, devido a constância da vazão de alimentação do reator.

Com o intuito de atender aos objetivos propostos no presente trabalho, foram escolhidos alguns parâmetros para serem analisados e examinados. As análises, exames e ensaios de: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, alcalinidade, demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), sólidos suspensos (SS), sólidos sedimentáveis (SSed), índice volumétrico do lodo (IVL) e oxigênio dissolvido (OD) foram realizados no Laboratório de Processos Anaeróbios; enquanto que as análises de demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), nitrogênio amoniacal (N-amoniacal), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-) e fósforo total (PO_4^{3-}) foram realizadas no Laboratório de Saneamento, ambos do Departamento de Hidráulica e Saneamento.

Na Tabela 4.2 são apresentados os pontos de coleta e o tipo de amostras coletadas do sistema de tratamento.

TABELA 4.2 – Pontos de amostragem e o tipo de amostras coletadas

Ponto de Coleta	Tipo de Amostra
Reservatório	Afluente
Câmara 1	“Mixed liquor”
Câmara 2	“Mixed liquor”
Câmara 3	“Mixed liquor”
Câmara 4	“Mixed liquor”
Saída do Decantador Secundário	Efluente

Afluente: Esgoto sanitário, proveniente da rede pública coletora da cidade de São Carlos – SP

Efluente: Efluente do sistema, decantado e tratado pelo reator

Na Tabela 4.3 são apresentados os parâmetros determinados, os pontos de coleta, a periodicidade e a método utilizado. As análises e exames dos parâmetros relacionados na Tabela 4.3 seguem os métodos descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1992), exceto para o parâmetro nitrito, para o qual outro método está especificado, e que será discutido separadamente. Além das análises das amostras coletadas do afluente e do efluente, foram eventualmente analisadas amostras de todas as câmaras do reator.

TABELA 4.3 – Pontos de coleta, periodicidade e método utilizado para os parâmetros analisados

Parâmetro	Pontos de Coleta	Periodicidade	Método Utilizado
OD	C1, C2, C3 e C4	2 vezes ao dia	Potenciométrico
pH	Af, C1, C2, C3, C4 e Ef	2 vezes ao dia	Potenciométrico
Temperatura	Ar, Af, C1, C2, C3, C4 e Ef	2 vezes ao dia	
Alcalinidade	Af, C1, C2, C3, C4 e Ef	3 vezes por semana	Titulação Potenciométrica
DQO _{Total}	Af e Ef	2 vezes por semana	Refluxo Fechado
DQO _{Filt}	Af e Ef	2 vezes por semana	Refluxo Fechado
DBO _{5Total}	Af e Ef	Semanalmente	Winkler Modificado
DBO _{5Filt}	Af e Ef	Semanalmente	Winkler Modificado
ST, STV e STF	Af e Ef	Semanalmente	Gravimétrico
SST, SSV e SSF	Af, C1, C2, C3, C4 e Ef	2 vezes por semana	Gravimétrico
SSed	Af e Ef	2 vezes por semana	Gravimétrico
IVL	C1, C2, C3 e C4	2 vezes por semana	Gravimétrico e Volumétrico
NTK	Af e Ef	Semanalmente	Kjeldahl
N-amoniaco	Af e Ef	Semanalmente	Titulométrico
Nitrito	Af e Ef	Semanalmente	Colorimétrico
Nitrato	Af e Ef	Semanalmente	Espectrofotométrico
Fósforo total	Af e Ef	Semanalmente	Colorimétrico

Af:

C1, C2, C3 e C4:

Ef:

Análise de Nitrito:

Afluente do reator, esgoto sanitário coletado no reservatório

“Mixed liquor” das câmaras do reator, coletado a 20 cm da superfície líquida do reator

Efluente do sistema, coletado na saída do decantador secundário

realizada segundo o método contido no *Water Analysis: Some Revised Methods for Limnologists* (FWBA, 1978)

4.3.1. Determinação do Índice Volumétrico do Lodo

O principal problema que infelizmente muitas vezes ocorre durante a operação de reatores de lodos ativados, é o fenômeno de intumescimento filamentoso do lodo – “bulking”: macroestrutura, constituída pelo grande número de microrganismos filamentosos, que interferem na compactação e sedimentação do lodo, devido a formação de flocos com estrutura muito difusa, ou pelo crescimento dos filamentos, além do limite dos flocos, formando pontes de ligação entre eles.

O parâmetro, índice volumétrico do lodo (IVL), é importante indicador da eventual presença de microrganismos filamentosos. Em 1979, PIPES *apud* JENKINS (1993), calculou o número de microrganismos filamentosos em flocos de lodos ativados, concluindo que para pequeno número de filamentos (100 filamentos/mg SSV) o IVL apresentava valores abaixo de 100 mLg^{-1} , enquanto que para elevado número de filamentos (entre 100 e 1000 filamentos/mg SSV) o IVL aumentava consideravelmente.

Para a determinação do IVL neste trabalho, foi utilizado o método proposto no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1992), adaptado, reduzindo a 250 mL o volume de amostra colocado para sedimentar no cone Imhoff. Esta alteração do volume deve-se as pequenas dimensões do reator, que tornava inviável a remoção de 1L de amostra em cada câmara. Antes de calcular o IVL, era necessário multiplicar por quatro o valor obtido na leitura do cone, para encontrar o volume de lodo sedimentado proporcional ao volume de 1L de amostra.

4.3.2. Determinação de Nitrito

Para a análise de nitrito das amostras coletadas no sistema experimental, foi utilizado o método de MACKERETH, F. J. H.; HERON, J. & TALLING, J. F. (1978). Este mesmo método é utilizado no Laboratório de

Saneamento do Departamento de Hidráulica e Saneamento, e serviu como base para a determinação dos valores da concentração de nitrito obtidos neste trabalho.

4.4. EXAMES DE MICROSCOPIA

O exame de microscopia consistiu na caracterização visual e a contagem dos microrganismos predominantes no “mixed liquor” do reator aeróbio compartimentado. Foram coletadas, semanalmente, amostras de cada câmara do reator, para observação e acompanhamento da evolução, em microscópio óptico, dos organismos presentes. A contagem dos microrganismos foi realizada baseando-se em estimativa visual relativa.

A comunidade microbiana, do processo de lodos ativados, consiste basicamente de bactérias livres e floculadas, protozoários, rotíferos, nematóides e alguns outros invertebrados. Na fase em que os flocos estão bem formados, aparecem os ciliados sésseis, em concentrações relativamente elevadas, que sendo organismos fixos, requerem menor quantidade de alimento. Por coincidir, sua maior concentração com a boa floculação, esses microrganismos são conhecidos como indicadores de boas condições de funcionamento do sistema. Se o processo tiver prosseguimento, o sistema pode atingir grau mais elevado de estabilidade, com desaparecimento dos ciliados sésseis, que são substituídos por rotíferos, nematóides e até mesmo larvas de insetos que se alimentam de restos de bactérias mortas, flocos, etc. A TABELA 4.4 apresenta os principais microrganismos considerados indicadores e as características de processo a eles associados.

TABELA 4.4 – Principais microrganismos considerados indicadores e as características de processo a eles associados

Microrganismos	Características do Processo
Predomínio de flagelados e rizópodos	Lodo jovem, característico de início de processo ou θ_c baixo
Presença de ciliados pedunculados, livre-natantes, rizópodos e rotíferos	Boas condições de depuração
Predomínio de anelídeos	Excesso de oxigênio dissolvido
Predomínio de filamentos	Intumescimento filamentososo do lodo

4.5. TAXA DE UTILIZAÇÃO DE OXIGÊNIO

Após o término das análises dos parâmetros da Fase 5 de operação – 43^o dia de operação do reator, com tempo de detenção hidráulica de 4 horas e idade do lodo de 10 dia – foram realizados os ensaios para determinar a taxa de utilização de oxigênio (R). A metodologia adotada é semelhante a citada por METCALF & EDDY, 1991.

Inicialmente, foi retirado certo volume do “mixed liquor” de cada câmara do reator – contendo os flocos e o meio líquido – que serviu como amostra durante o teste.

O ensaio, propriamente dito, respeitava o seguinte roteiro:

a) Aerava-se constantemente o “mixed liquor”, imediatamente antes do ensaio, até alcançar a saturação com o oxigênio;

b) Colocava-se a amostra saturada com oxigênio em erlenmeyer adaptado para a sonda do medidor de oxigênio dissolvido;

c) Vedava-se o recipiente, utilizando-se o sensor do medidor de oxigênio dissolvido, adaptado em rolha de borracha. Não se admitiu a presença de bolhas no interior deste recipiente;

d) A amostra contida no erlenmeyer era mantida em agitação constante – através de agitador magnético – enquanto era acompanhada a redução da concentração de oxigênio dissolvido, em intervalos de trinta segundos, até serem alcançados valores próximos de zero;

Com os valores obtidos, foi construído um gráfico, plotando-se os valores das concentrações de OD no eixo das ordenadas e os valores de tempo de operação no eixo das abcissas. A taxa de utilização de oxigênio foi determinada pelo coeficiente angular da curva ajustada pelo método dos mínimos quadrados.

O teste foi repetido em cada uma das quatro câmaras do reator no mesmo dia e na sequência da quarta câmara do reator para a primeira, a fim de evitar perturbações no sistema.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. GENERALIDADES

Antes da apresentação dos resultados obtidos em cada Fase de operação da instalação de bancada, foram realizadas algumas observações referentes às características do esgoto sanitário, utilizado como substrato, no desenvolvimento do trabalho experimental.

Em seguida, foram analisados os parâmetros citados, por meio de tabelas – ANEXO A – contendo os valores mínimo, médio, máximo, desvio-padrão e coeficiente de variação (%), obtidos durante a operação do reator. De maneira a visualizar o comportamento dos diversos parâmetros, para cada Fase de operação do sistema, foram construídos gráficos, nos quais as concentrações dos parâmetros estudados são indicados no eixo das ordenadas e o tempo de operação no eixo das abcissas. Ambos apresentados com suas respectivas unidades. Também foram construídos gráficos, onde são apresentados os valores médios de cada parâmetro, de cada Fase de operação, envolvendo todo o período de operação do reator. No ANEXO B, são apresentados os dados obtidos nos exames e análises realizados durante a operação do reator.

Com o intuito de possibilitar melhor compreensão dos resultados, paralelamente foram realizadas discussões, que descrevem o potencial do tratamento biológico desenvolvido pelo sistema, analisando-se o desempenho do reator no que concerne a eficiência na remoção de DBO_5 , DQO e SSV.

5.2. CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO SANITÁRIO

Conforme citado anteriormente no item 4.1 – Descrição da Instalação de Bancada – o esgoto sanitário, utilizado como substrato, provinha da derivação de dois ramais da rede pública coletora, situados em região residencial da cidade de São Carlos, SP.

As características do substrato variaram muito durante a operação do reator. Estas variações, resultaram, em parte, devido as obstruções ocorridas nos ramais da rede pública de esgotamento, situadas à montante e à jusante do poço de coleta de esgoto sanitário, ocasionando alterações em sua composição, principalmente em relação a taxa de carregamento orgânico, com grande diluição. Na TABELA A.1 – ANEXO A – são apresentadas as características do esgoto sanitário, proveniente de derivação da rede pública de esgotamento da cidade de São Carlos, utilizado como substrato pelo reator aeróbio compartimentado.

As análises realizadas do esgoto sanitário são referentes as amostras coletadas no reservatório de armazenamento temporário de substrato.

A relação média DBO_5/DQO do substrato resultou da ordem de 0,6, razão que demonstrava boa proporção de material biodegradável, que poderia ser degradado biologicamente.

Os resultados dos sólidos, apresentados na TABELA A.1 – ANEXO A – mostram que aproximadamente 61,3 % dos sólidos totais e 87,4 % dos sólidos suspensos totais, são de maneira geral, de origem orgânica, representada pelos resíduos sólidos voláteis.

A relação média DBO_5 total:NTK:fósforo total foi de 214:56:21, apresentando concentração elevada de nutrientes para sistemas de tratamento biológico aeróbio, comparando-se com a relação de 100:5:1, aceita pela grande maioria dos pesquisadores, dispensando assim a correção da concentração desses nutriente.

Não houve necessidade de correções do pH no substrato armazenado no reservatório, cujos valores estiveram limitados no intervalo entre 6,4 e 7,8.

5.3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.3.1. Resultados e Discussão Referentes à Partida

Precedendo a partida, o inóculo anteriormente cultivado, foi distribuído às câmaras do reator, com volume aproximado de 1,5 L em cada câmara, com concentração aproximada de SSV de 6300 mg/L. O procedimento de partida consistiu em completar, com esgoto sanitário, o volume total do reator e iniciar o fornecimento contínuo de substrato, por meio de bomba dosadora, com tempo de detenção hidráulica média de 12 horas ($Q = 20$ L/dia).

No terceiro dia de partida, foi iniciada a recirculação do lodo sedimentado, do decantador secundário, à primeira câmara do reator. No dia seguinte (quarto dia de partida), foi necessária a aplicação de três gotas de Adesol Antiespumante P116, no reservatório de armazenamento temporário do substrato, para conter a crescente proliferação de espuma, que estava ocorrendo no reator.

Nas TABELAS A.2 a A.7 – ANEXO A – são apresentados os valores dos parâmetros analisados durante a partida, que compreende o período de 09 a 16 de julho de 1996, correspondendo a 8 dias de operação. Nas FIGURAS 5.1 a 5.5 são apresentados os gráficos referentes aos valores de alguns dos parâmetros obtidos durante a partida.

Os valores médios de oxigênio dissolvido, o desvio padrão e o coeficiente de variação (%) pertinentes a cada câmara do reator aeróbio compartimentado, são apresentados na TABELA B.1 – ANEXO B.

Nesse período, os valores obtidos de pH, em amostras do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, foram mantidos no intervalo entre 6,9 e 7,5 – gráficos nas FIGURAS 5.1 a 5.2 e respectivos dados na TABELA B.2 – não havendo necessidade de adição química, para correções do pH.

A eficiência do sistema, na remoção de DQO total, do afluente e do efluente do sistema, durante a partida, foi de 82,2 %, valor próximo da eficiência obtida na remoção de DBO₅ total, que foi de 82,4 %. As variações de DQO total e filtrada, são apresentadas nas FIGURAS 5.4 e 5.5 e os respectivos

valores referentes a estes gráficos, encontram-se na TABELA B.15. Os resultados de DBO₅ total, são apresentados na TABELA B.14.

O sistema desenvolveu bom desempenho na remoção de sólidos suspensos, obtendo 85,5 % de eficiência na remoção de sólidos suspensos totais e 88,2 % na remoção de sólidos suspensos voláteis. Os valores de sólidos suspensos, são apresentados nas TABELAS B.4 e B.5. A variação da concentração de sólidos suspensos voláteis, em amostras de cada câmara do reator foi ampla e apresentou valores abaixo do esperado, variando de 436 a 964 mg/L.

Na FIGURA 5.3 é apresentada a variação da temperatura ambiente do ar. Os respectivos dados referentes a este gráfico encontram-se na TABELA B1.

Os resultados obtidos das formas de nitrogênio – total Kjeldahl, amoniacal, nitrito e nitrato – do afluente e do efluente do sistema, são apresentados respectivamente nas TABELAS B.9 a B.12.

Os valores de fósforo total, na forma de fosfato, do afluente e do efluente do sistema, são apresentados na TABELA B.13.

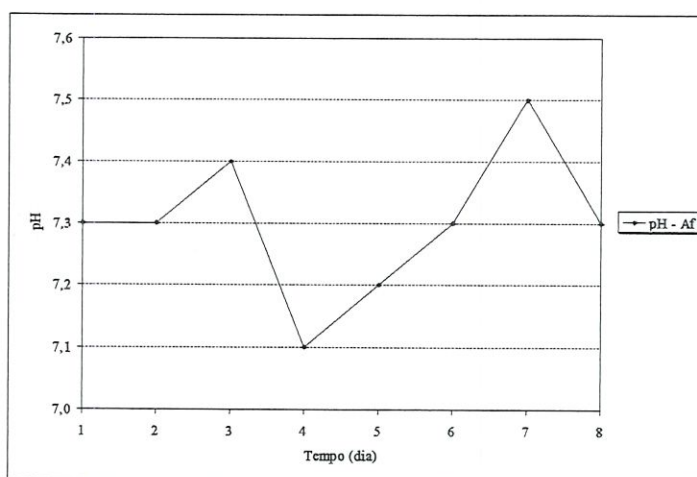


FIGURA 5.1 – Valores de pH, do afluente do sistema, durante a partida ($\theta_h = 12$ h)

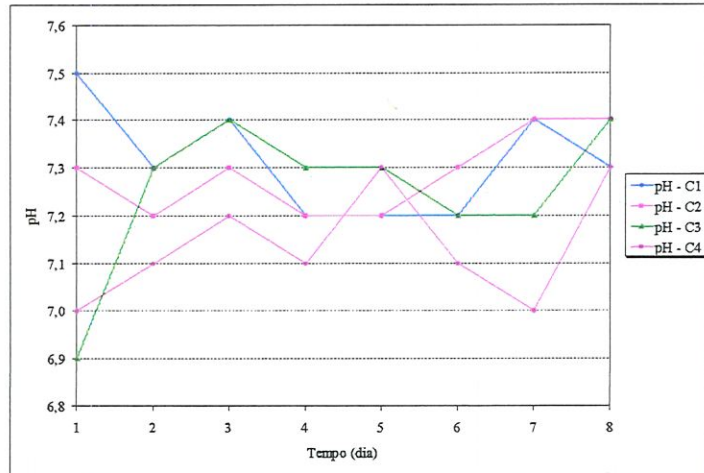


FIGURA 5.2 – Valores de pH, de cada câmara do reator, durante a partida ($\theta_h = 12$ h)

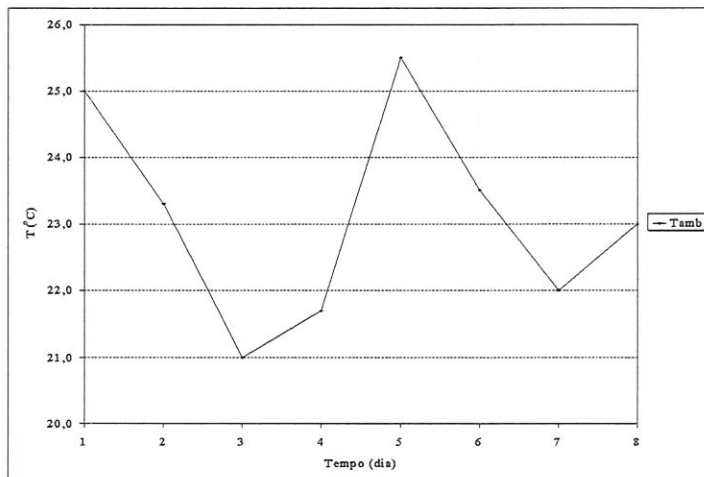


FIGURA 5.3 – Valores de temperatura ambiente do ar, durante a partida ($\theta_h = 12$ h)

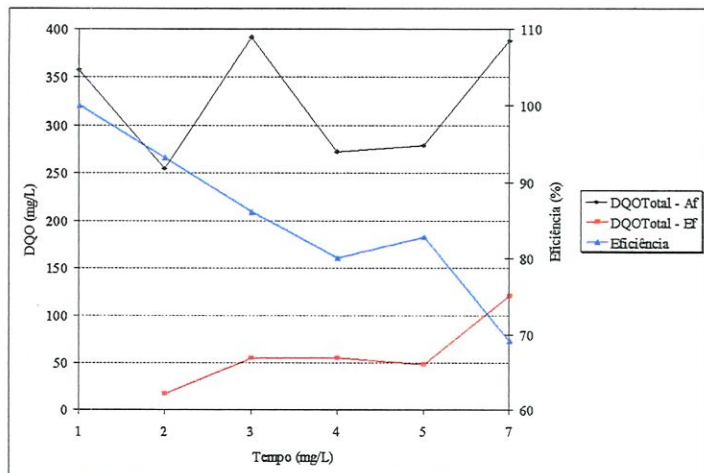


FIGURA 5.4 – Valores de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a partida ($\theta_h = 12$ h)

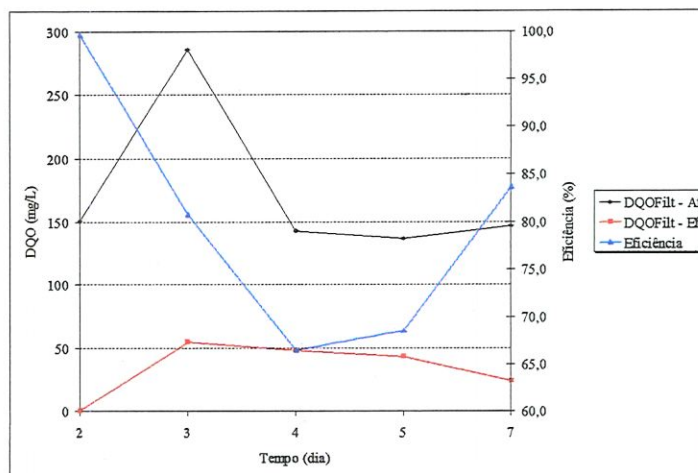


FIGURA 5.5 – Valores de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a partida ($\theta_h = 12$ h)

5.3.2. Resultados e Discussão Referentes à Fase 1 de Operação

Após o período de 8 dias, destinado à partida, foi iniciada a Fase 1 de operação, com tempo de detenção hidráulica média de 12 horas ($Q = 20$ L/dia) e tempo de retenção celular média de 10 dias, que consistia em remover duas vezes ao dia, o lodo sedimentado, de 125 mL do “mixed liquor” de cada câmara do reator.

Nas TABELAS A.8 a A.13 – ANEXO A – são apresentados os valores dos parâmetros analisados durante a Fase 1 de operação, no período de 17 a 29 de julho de 1996, correspondendo a 13 dias de operação. Nas FIGURAS 5.6 a 5.11 são apresentados os gráficos referentes aos valores de alguns dos parâmetros obtidos durante a Fase 1 de operação do sistema.

Os valores médios de oxigênio dissolvido, o desvio padrão e o coeficiente de variação (%) pertinentes a cada câmara do reator aeróbio compartimentado, são apresentados na TABELA B.1 – ANEXO B.

Durante a operação desta Fase, a variação de pH no sistema, limitou-se a valores compreendidos no intervalo entre 6,6 e 7,7 – gráficos nas FIGURAS 5.6 a 5.7 e respectivos valores na TABELA B.2 – sem a necessidade de adição de produtos químicos, para correções do pH.

A eficiência do sistema, na remoção de DQO total, do afluente e do efluente do sistema, foi de 85,5 %, enquanto que a eficiência na remoção de DBO₅ total, foi maior, alcançando 96,6 %. As variações de DQO total e filtrada, são apresentadas nas FIGURAS 5.10 e 5.11 e os respectivos valores referentes a estes gráficos, encontram-se na TABELA B.15. Os resultados de DBO₅ total, são apresentados na TABELA B.14.

O sistema desenvolveu bom desempenho na remoção de sólidos suspensos, obtendo 89,0 % de eficiência na remoção de sólidos suspensos totais e 88,9 % na remoção de sólidos suspensos voláteis. Os valores de sólidos suspensos, são apresentados nas TABELAS B.4 e B.5. A concentração de sólidos suspensos voláteis, de cada câmara do reator, foi baixa, oscilando no intervalo entre 63 e 573 mg/L.

Na FIGURA 5.8 são apresentadas as variações de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário. Os respectivos valores referentes a este gráfico encontram-se na TABELA B1.

As variações de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, são apresentadas na FIGURA 5.9 e os respectivos resultados obtidos referentes a este gráfico encontram-se na TABELA B.8.

Os resultados das formas de nitrogênio – total Kjeldahl, amoniacal, nitrito e nitrato – do afluente e do efluente do sistema, são apresentados respectivamente nas TABELAS B.9 a B.12.

Os valores de fósforo total, na forma de fosfato, do afluente e do efluente do sistema, são apresentados na TABELA B.13.

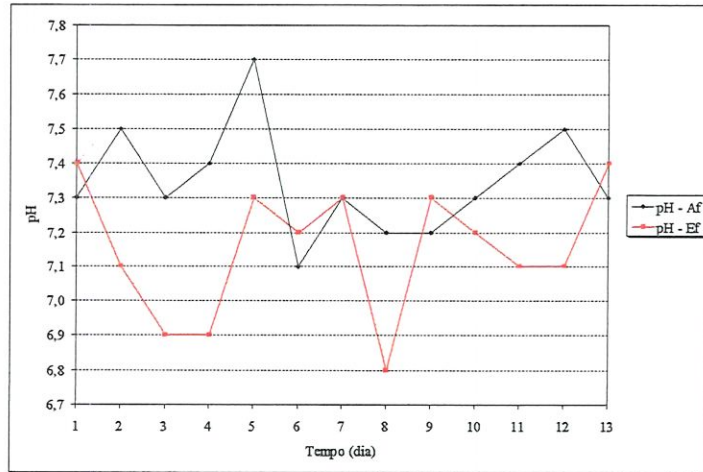


FIGURA 5.6 – Valores de pH, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 1 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 10$ dias)

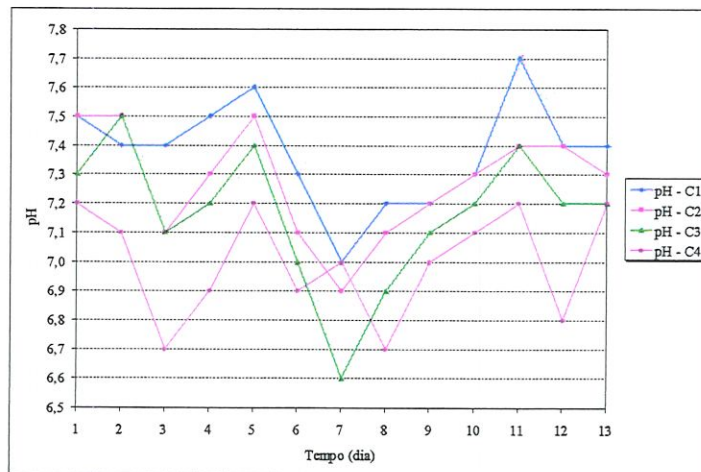


FIGURA 5.7 – Valores de pH, de cada câmaras do reator, durante a Fase 1 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 10$ dias)

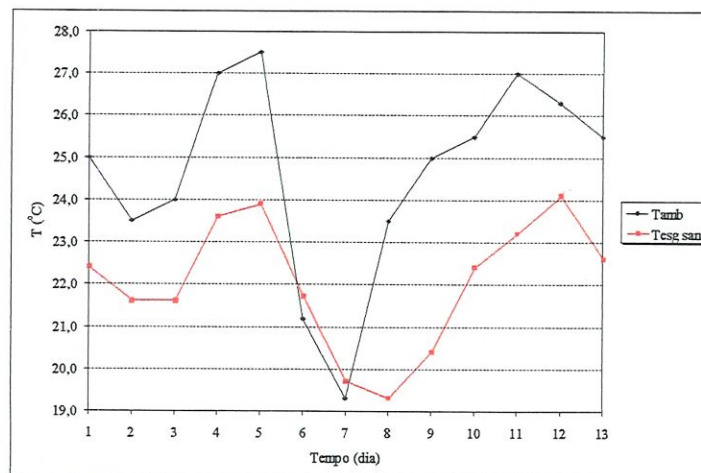


FIGURA 5.8 – Valores de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, durante a Fase 1 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 10$ dias)

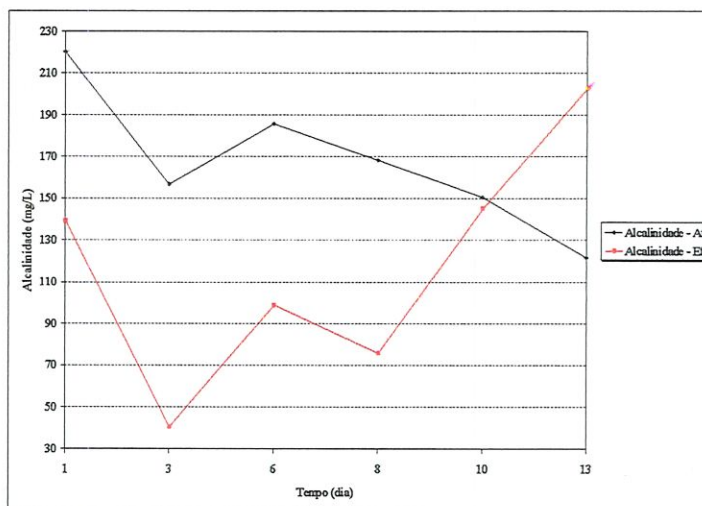


FIGURA 5.9 – Valores de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 1 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 10$ dias)

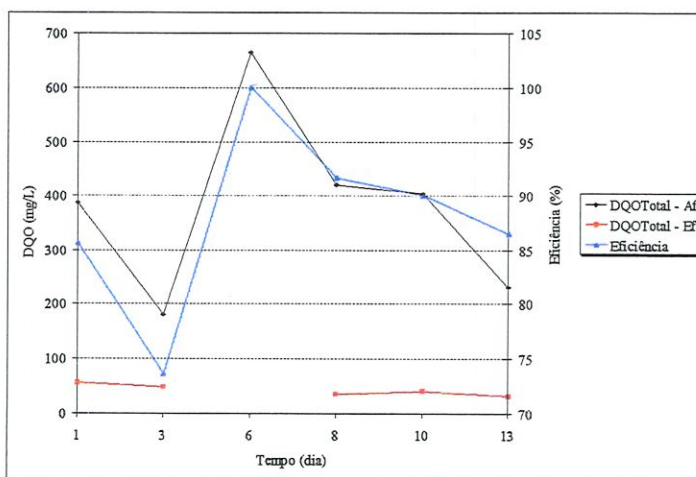


FIGURA 5.10 – Valores de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 1 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 10$ dias)

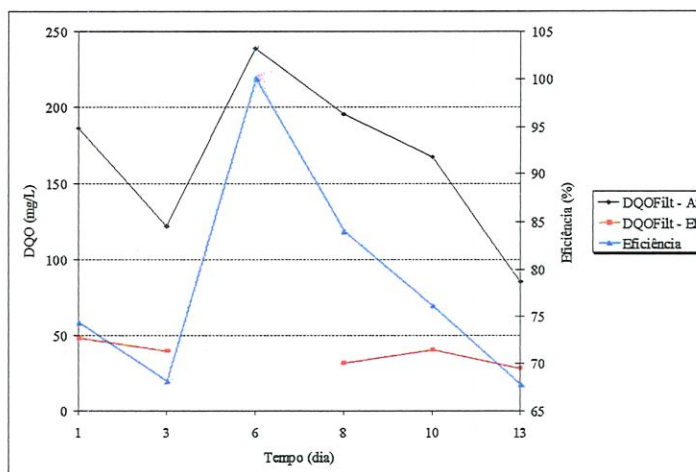


FIGURA 5.11 – Valores de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 1 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 10$ dias)

5.3.3. Resultados e Discussão Referentes à Fase 2 de Operação

Nas TABELAS A.14 a A.19 – ANEXO A – são apresentados os valores dos parâmetros analisados durante a Fase 2 de operação – com tempo de detenção hidráulica média de 12 horas ($Q = 20$ L/dia) e tempo de retenção celular média de 20 dias – no período de 30 de julho a 11 de agosto de 1996, correspondendo a 13 dias de operação. Nas FIGURAS 5.12 a 5.17 são apresentados os gráficos dos referentes aos valores de alguns dos parâmetros obtidos durante a Fase 2 de operação do sistema.

Os valores médios de oxigênio dissolvido, o desvio padrão e o coeficiente de variação (%) pertinentes a cada câmara do reator aeróbio compartimentado, são apresentados na TABELA B.1 – ANEXO B.

Nesse período de operação, os valores de pH, em amostras do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, estiveram limitados no intervalo entre 6,9 e 7,6 – gráficos nas FIGURAS 5.12 a 5.13 e respectivos valores na TABELA B.2 – não sendo necessária a correção química do pH.

A eficiência do sistema, na remoção de DQO total, do afluente e do efluente do sistema, foi de 86,9 %, enquanto que a eficiência na remoção de

DBO₅ total, foi de 77,1 %. As variações de DQO total e filtrada, são apresentadas nas FIGURAS 5.16 e 5.17 e os respectivos valores referentes a estes gráficos, encontram-se na TABELA B.15. Os resultados de DBO₅ total, são apresentados na TABELA B.14.

O desempenho do sistema, na remoção de sólidos totais, foi de 73,7 % e a eficiência na remoção de sólidos totais voláteis, de 87,1 %. Na TABELA B.3 são apresentados os resultados de sólidos totais, do afluente e do efluente do sistema.

Em relação aos sólidos suspensos, o sistema desenvolveu eficiência de 96,3 % na remoção de sólidos suspensos totais e 95,8 % na remoção de sólidos suspensos voláteis. Os valores de sólidos suspensos, são apresentados nas TABELAS B.4 e B.5. A variação na concentração de sólidos suspensos voláteis, em amostras de cada câmara do reator foi muito ampla, variando de 10 a 1440 mg/L.

Na TABELA B.6 são apresentados os valores obtidos de sólidos sedimentáveis, de cada câmara do reator.

Os resultados obtidos de índice volumétrico do lodo (IVL) de cada câmara do reator são apresentados na TABELA B.7. Os valores de IVL foram satisfatórios, variando de 56 e 147 mL/g.

Na FIGURA 5.14 são apresentadas as variações de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário. Os valores dos dados referentes a este gráfico encontram-se na TABELA B.1.

As variações de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, são apresentadas na FIGURA 5.15 e os valores obtidos referentes a este gráfico encontram-se na TABELA B.8.

Os resultados das formas de nitrogênio – total Kjeldahl, amoniacal, nitrito e nitrato – do afluente e do efluente do sistema, são apresentados respectivamente nas TABELAS B.9 a B.12.

Os valores de fósforo total, na forma de fosfato, do afluente e do efluente do sistema, são apresentados na TABELA B.13.

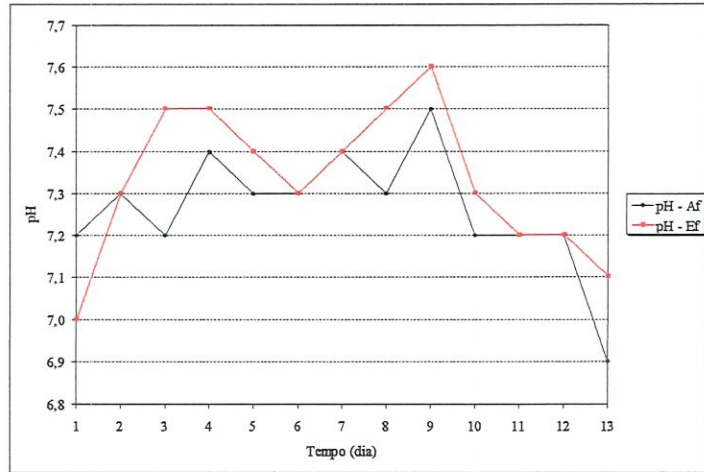


FIGURA 5.12 – Valores de pH, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 2 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 20$ dias)

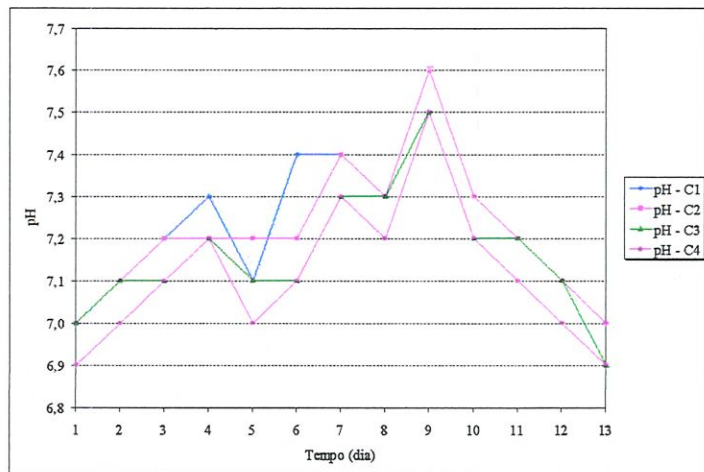


FIGURA 5.13 – Valores de pH, de cada câmara do reator, durante a Fase 2 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 20$ dias)

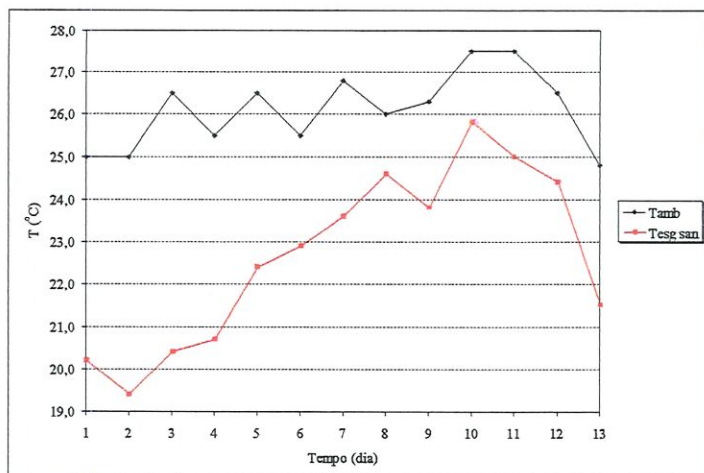


FIGURA 5.14 – Valores de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, durante a Fase 2 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 20$ dias)

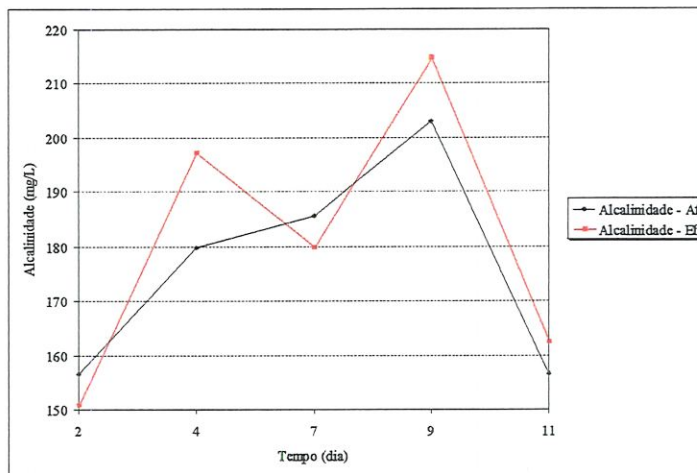


FIGURA 5.15 – Valores de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 2 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 20$ dias)

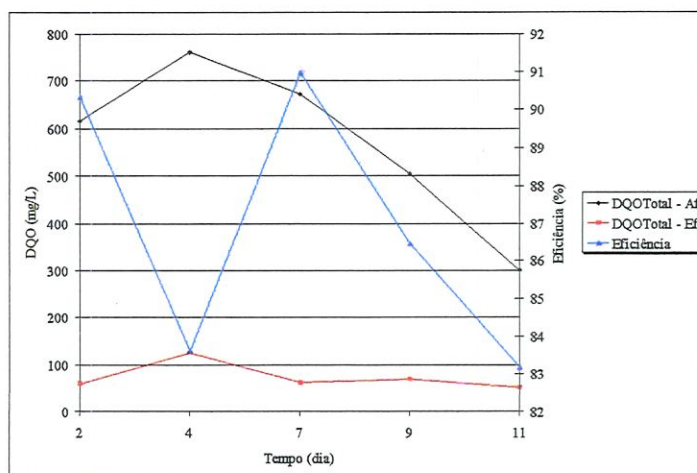


FIGURA 5.16 – Valores de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 2 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 20$ dias)

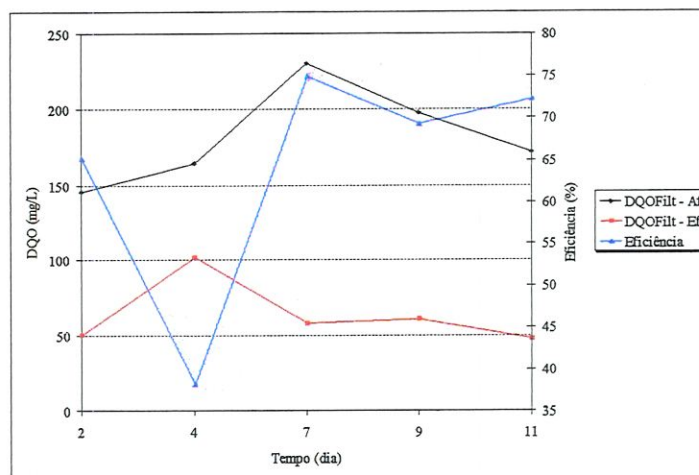


FIGURA 5.17 – Valores de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 2 de operação ($\theta_h = 12$ h e $\theta_c = 20$ dias)

5.3.4. Resultados e Discussão Referentes à Fase 3 de Operação

Nas TABELAS A.20 a A.25 – ANEXO A – são apresentados os valores dos parâmetros analisados durante a Fase 3 de operação – com tempo de detenção hidráulica média de 8 horas ($Q = 30$ L/dia) e tempo de retenção celular média de 10 dias – no período de 12 de agosto a 15 de setembro de 1996, correspondendo a 35 dias de operação. Nas FIGURAS 5.18 a 5.36 são apresentados os gráficos referentes aos valores de alguns dos parâmetros obtidos durante a Fase 3 de operação do sistema.

Os valores médios de oxigênio dissolvido, o desvio padrão e o coeficiente de variação (%) pertinentes a cada câmara do reator aeróbio compartimentado, são apresentados na TABELA B.1 – ANEXO B.

Durante a operação desta Fase, os valores de pH, em amostras do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, estiveram limitados no intervalo entre 6,8 e 7,8 – gráficos nas FIGURAS 5.18 a 5.20 e respectivos valores na TABELA B.2 – não havendo necessidade de adição química, para correções do pH.

A eficiência do sistema, na remoção de DQO total, do afluente e do efluente do sistema, foi de 82,8 %, enquanto que a eficiência na remoção de DBO₅ total, foi de 89,6 %. As variações de DQO total e filtrada, são apresentadas nas FIGURAS 5.35 e 5.36 e os respectivos valores referentes a estes gráficos, encontram-se na TABELA B.15. Na FIGURA 5.34 são apresentadas as variações de DBO₅ total e os respectivos dados referentes a este gráfico são apresentados na TABELA B.14.

O desempenho do sistema, na remoção de sólidos totais, foi de 60,4 % e a eficiência na remoção de sólidos totais voláteis, de 81,9 %. Na FIGURA 5.25 são apresentadas as variações de sólidos totais e na TABELA B.3 são encontrados os resultados referentes a estes gráficos.

Em relação aos sólidos suspensos, o sistema desenvolveu eficiência de 97,1 % na remoção de sólidos suspensos totais e 96,9 % na remoção de sólidos suspensos voláteis. As variações de sólidos suspensos, são apresentados nas FIGURAS 5.23 e 5.24 e os respectivos valores são apresentados nas TABELAS B.4 e B.5. A concentração de sólidos suspensos voláteis, em amostras de cada câmara do reator, variaram de 368 a 1553 mg/L, alcançando em alguns dias, seus melhores valores de sólidos suspensos voláteis, em torno de 1500 mg/L.

O índice volumétrico do lodo, em amostras de cada câmara do reator, apresentou valores satisfatórios, variando de 30 a 157 mL/g, com exceção do dia 09 de setembro de 1996 (63^a dia de operação do reator), em que a câmara 3 apresentou índice volumétrico do lodo de 236 mL/g. Os valores obtidos de IVL de cada câmara do reator são apresentados na TABELA B.7 e as variações dos respectivos valores no gráfico da FIGURA 5.27.

Na TABELA B.6 são encontrados os valores obtidos de sólidos sedimentáveis e na FIGURA 5.26 são apresentadas as respectivas variações que ocorreram em cada câmara do reator.

Na FIGURA 5.21 são apresentadas as variações de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário. Os valores dos dados referentes a este gráfico encontram-se na TABELA B.1.

As variações de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, são apresentadas na FIGURA 5.28 e os valores obtidos referentes a este gráfico encontram-se na TABELA B.8.

A representação gráfica das variações das formas de nitrogênio – total Kjeldahl, amoniacal, nitrito e nitrato – do afluente e do efluente do sistema, são apresentadas nas FIGURAS 5.29 a 5.32 e os respectivos valores encontram-se nas TABELAS B.9 a B.12.

Os valores de fósforo total, na forma de fosfato, do afluente e do efluente do sistema, são apresentados na TABELA B.13. A representação gráfica destes valores são encontrados na FIGURA 5.33.

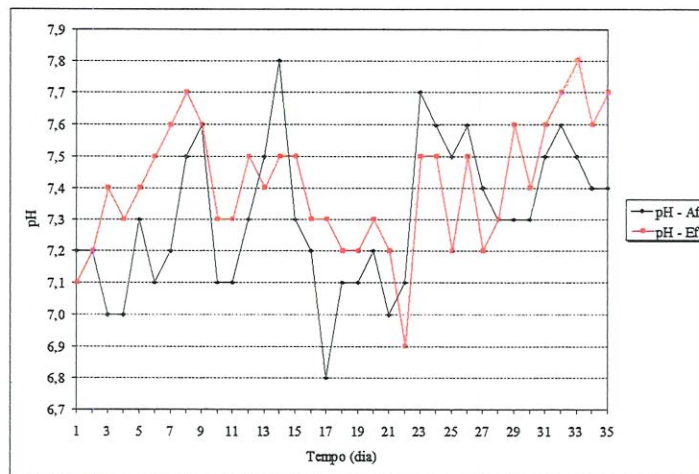


FIGURA 5.18 – Valores de pH, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

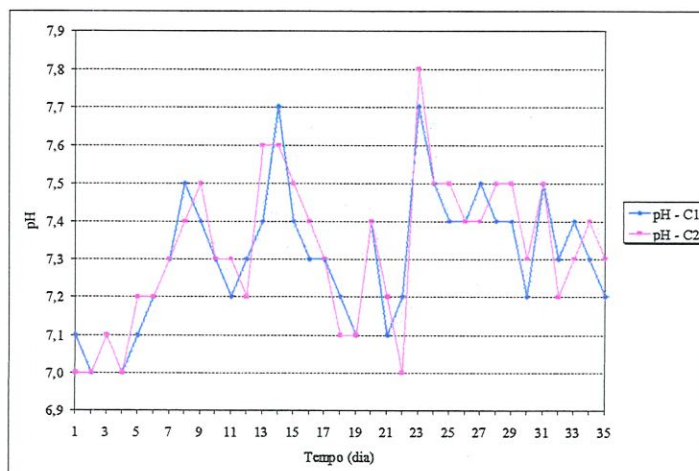


FIGURA 5.19 – Valores de pH, das câmaras 1 e 2 do reator, durante a Fase 3 do operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)



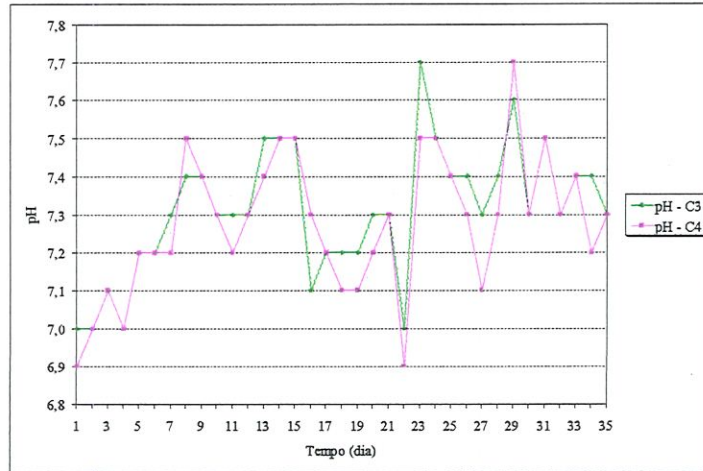


FIGURA 5.20 – Valores de pH, das câmaras 3 e 4 do reator, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

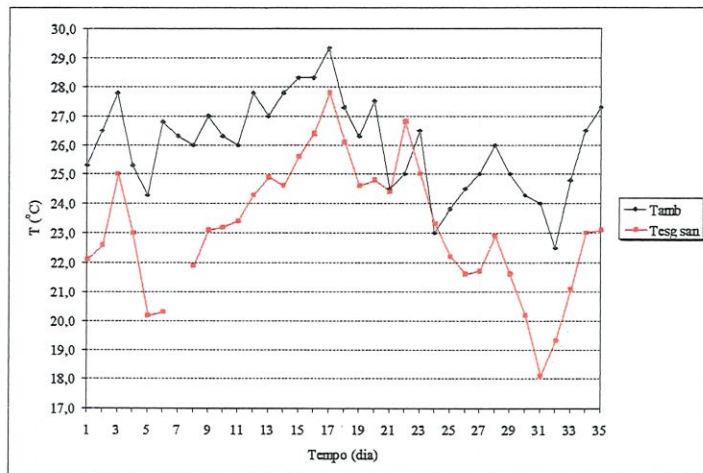


FIGURA 5.21 – Valores de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

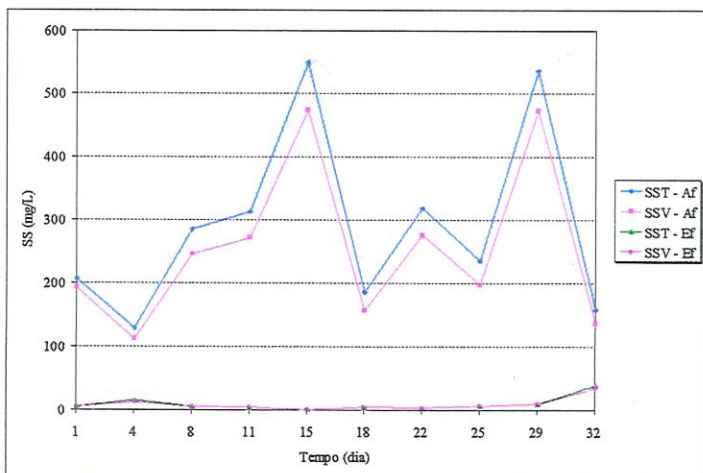


FIGURA 5.22 – Valores de SST e SSV, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

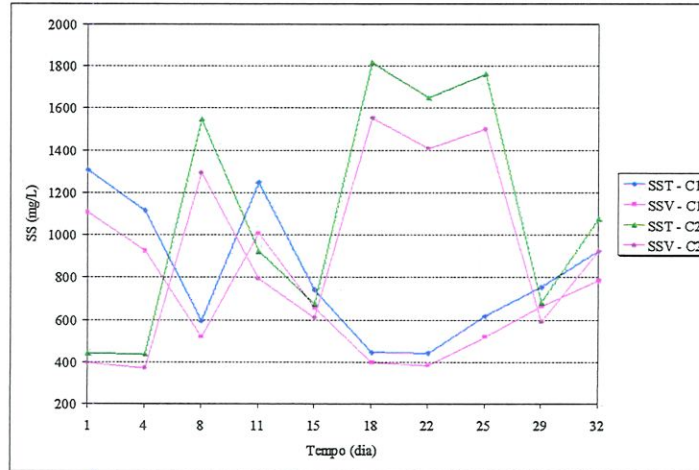


FIGURA 5.23 – Valores de SST e SSV, das câmaras 1 e 2 do reator, durante a Fase de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

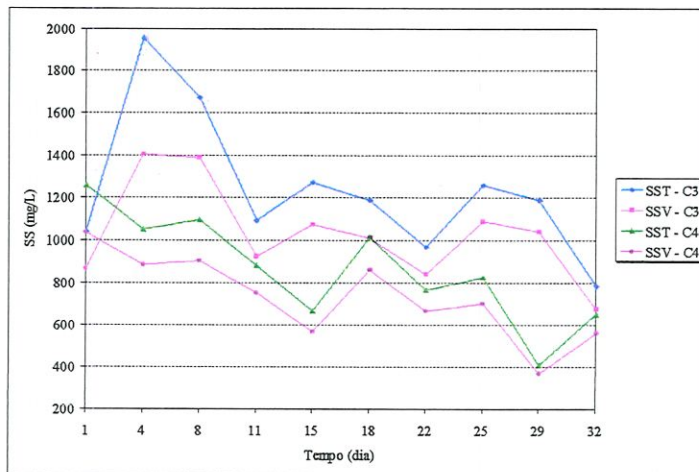


FIGURA 5.24 – Valores de SST e SSV, das câmaras 3 e 4 do reator, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

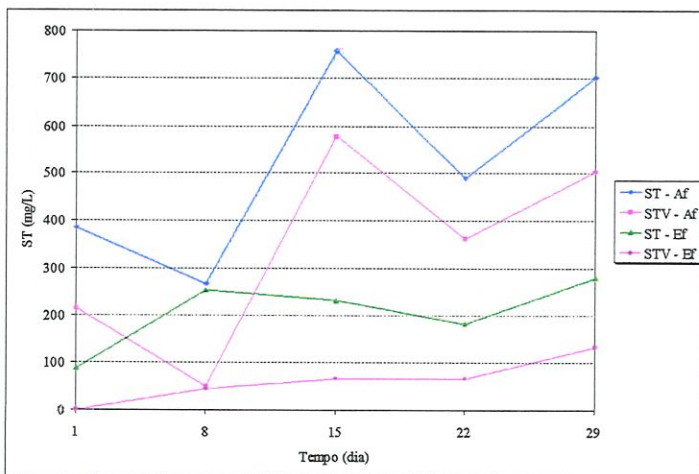


FIGURA 5.25 – Valores de ST e STV, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

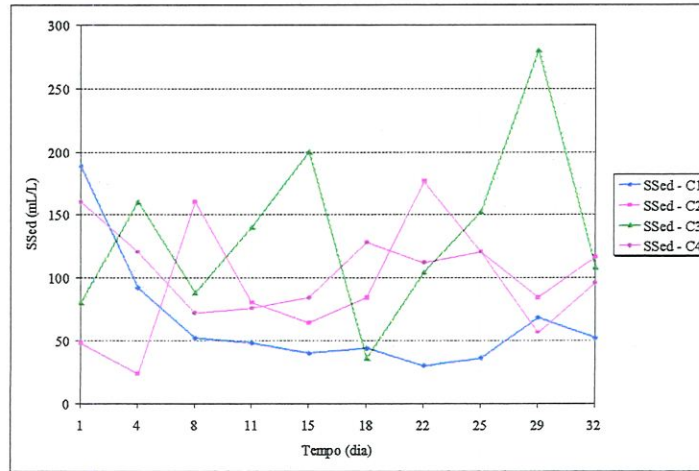


FIGURA 5.26 – Valores de SSed, de cada câmara do reator, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

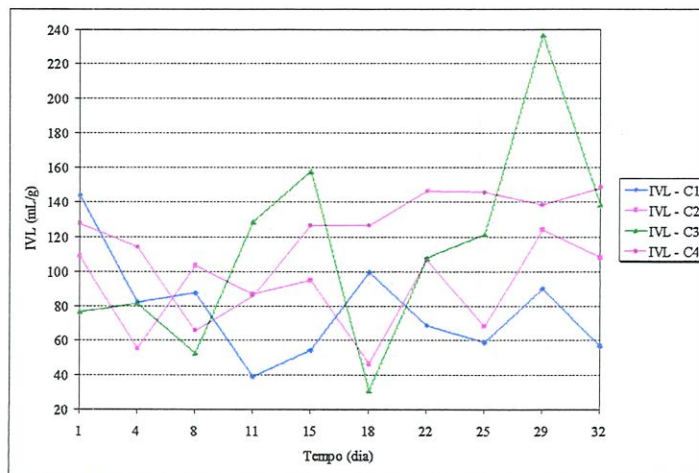


FIGURA 5.27 – Valores de IVL, de cada câmara do reator, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

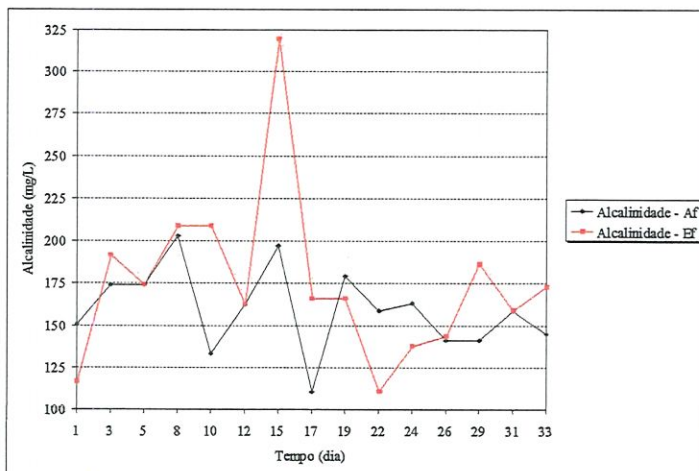


FIGURA 5.28 – Valores de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

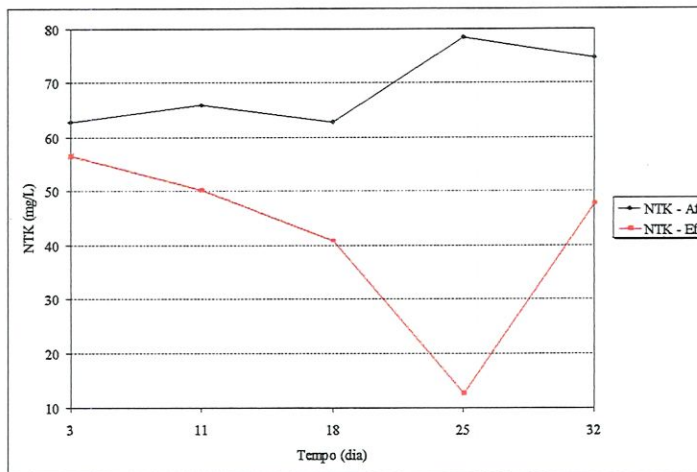


FIGURA 5.29 – Valores de NTK, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

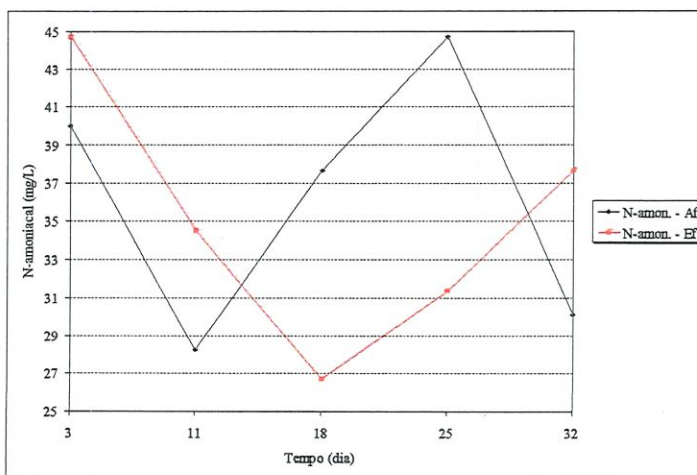


FIGURA 5.30 – Valores de N-amoniaco, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

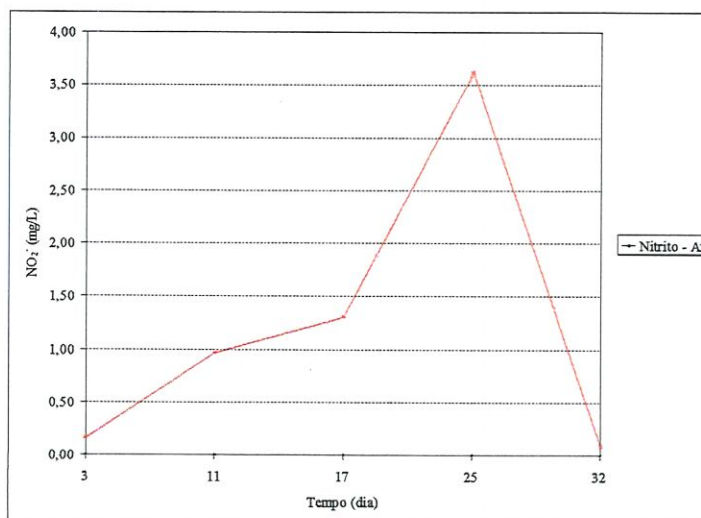


FIGURA 5.31 – Valores de nitrito, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação do ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

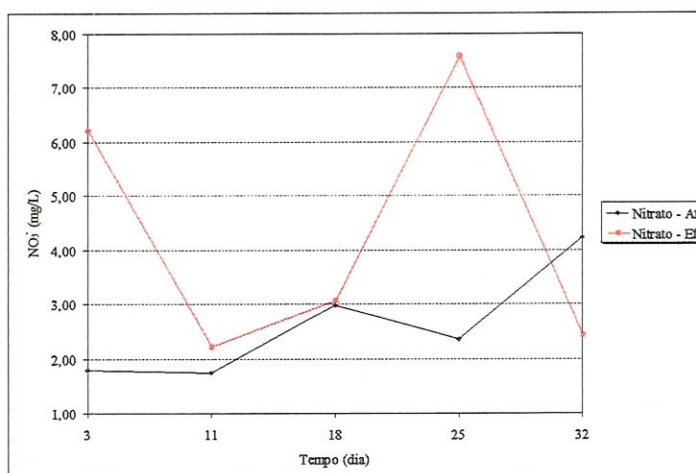


FIGURA 5.32 – Valores de nitrato, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

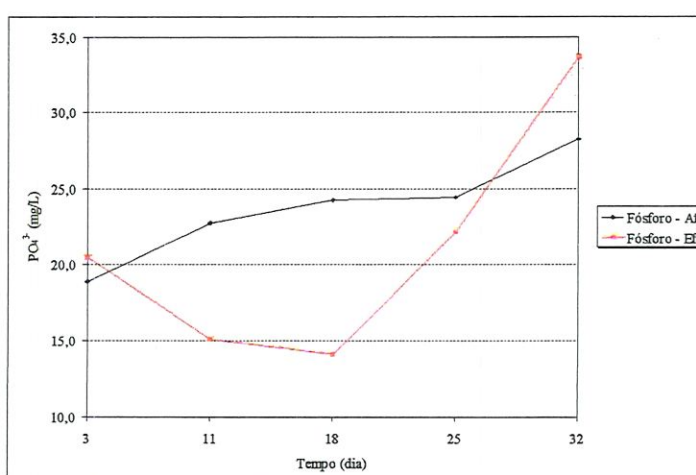


FIGURA 5.33 – Valores de fósforo total, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

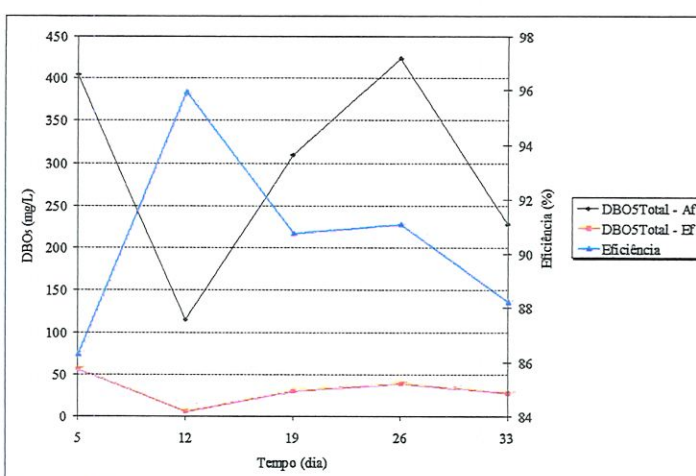


FIGURA 5.34 – Valores de DBO_5 total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

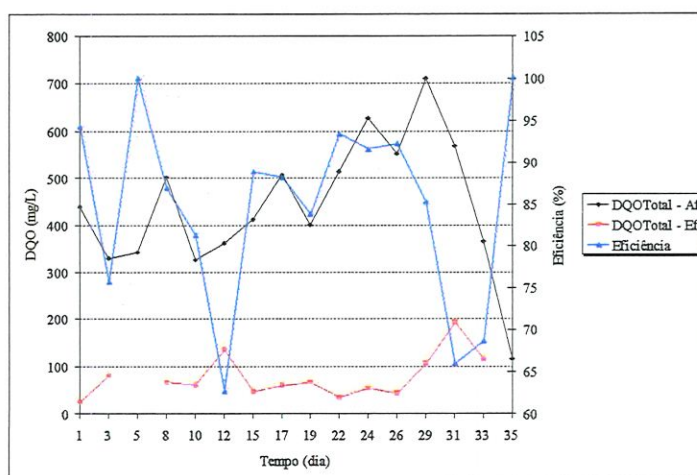


FIGURA 5.35 – Valores de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

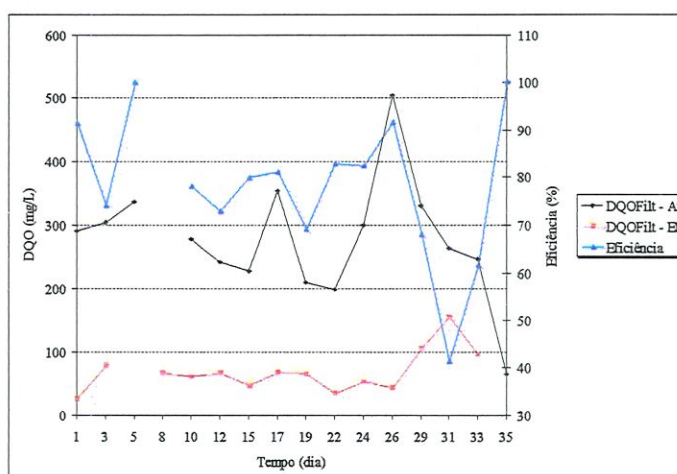


FIGURA 5.36 – Valores de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 3 de operação ($\theta_n = 8$ h e $\theta_c = 10$ dias)

5.3.5. Resultados e Discussão Referentes à Fase 4 de Operação

Nas TABELAS A.26 a A.31 – ANEXO A – são apresentados os valores dos parâmetros analisados durante a Fase 4 de operação – com tempo de detenção hidráulica média de 8 horas ($Q = 30$ L/dia) e tempo de retenção celular média de 20 dias – no período de 16 de setembro a 03 de novembro de 1996, correspondendo a 49 dias de operação. Nas FIGURAS 5.37 a 5.56 são apresentados

os gráficos referentes aos valores de alguns dos parâmetros obtidos durante a Fase 4 de operação.

Os valores médios de oxigênio dissolvido, o desvio padrão e o coeficiente de variação (%) pertinentes a cada câmara do reator aeróbio compartimentado, são apresentados na TABELA B.1 – ANEXO B.

Nesta Fase de operação, os valores de pH, em amostras do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, estiveram limitados no intervalo entre 6,6 e 7,8 – gráficos nas FIGURAS 5.37 a 5.39 e respectivos valores na TABELA B.2 – não sendo necessária a adição química, para correções do pH.

A eficiência do sistema na remoção de DQO total, do afluente e do efluente, foi de 82,6 %, enquanto que a eficiência na remoção de DBO₅ total, foi de 93,8 %. As variações de DQO total e filtrada, são apresentadas nas FIGURAS 5.55 e 5.56 e os respectivos valores referentes a estes gráficos, encontram-se na TABELA B.15. Na FIGURA 5.54 são apresentadas as variações de DBO₅ total e os respectivos dados referentes a este gráfico são apresentados na TABELA B.14.

O desempenho do sistema, na remoção de sólidos totais, foi de 51,9 % e a eficiência na remoção de sólidos totais voláteis, de 73,7 %. Na FIGURA 5.44 são apresentadas as variações de sólidos totais e na TABELA B.3 são encontrados os resultados referentes a estes gráficos.

Em relação aos sólidos suspensos, o sistema desenvolveu eficiência de 94,8 % na remoção de sólidos suspensos totais e 94,2 % na remoção de sólidos suspensos voláteis. A concentração de sólidos suspensos voláteis, em amostras de cada câmara do reator, variaram de 225 a 1515 mg/L. Como na Fase anterior, em alguns dias, o reator apresentou seus melhores valores de sólidos suspensos voláteis, em torno de 1400 mg/L. As variações de sólidos suspensos, são apresentados nas FIGURAS 5.41 a 5.43 e os respectivos valores são apresentados nas TABELAS B.4 e B.5.

O índice volumétrico do lodo, em amostras de cada câmara do reator, variaram no intervalo entre 31 e 182 mL/g. Os valores de IVL de cada câmara do reator são apresentados na TABELA B.7 e as variações dos respectivos valores no gráfico da FIGURA 5.46.

Na TABELA B.6 são encontrados os valores obtidos de sólidos sedimentáveis e na FIGURA 5.45 são apresentadas as respectivas variações que ocorreram em cada câmara do reator.

Na FIGURA 5.40 são apresentadas as variações de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário. Os valores referentes a este gráfico encontram-se na TABELA B.1.

As variações de alcalinidade, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, são apresentadas nas FIGURAS 5.47 e 5.48 e os resultados obtidos referentes a estes gráficos encontram-se na TABELA B.8.

Os gráficos das variações das formas de nitrogênio – total Kjeldahl, amoniacal, nitrito e nitrato – do afluente e do efluente do sistema, são apresentados nas FIGURAS 5.49 a 5.52 e os respectivos valores encontram-se nas TABELAS B.9 a B.12.

Os valores de fósforo total, na forma de fosfato, do afluente e do efluente do sistema, são apresentados na TABELA B.13. A representação gráfica destes valores são encontrados na FIGURA 5.53.

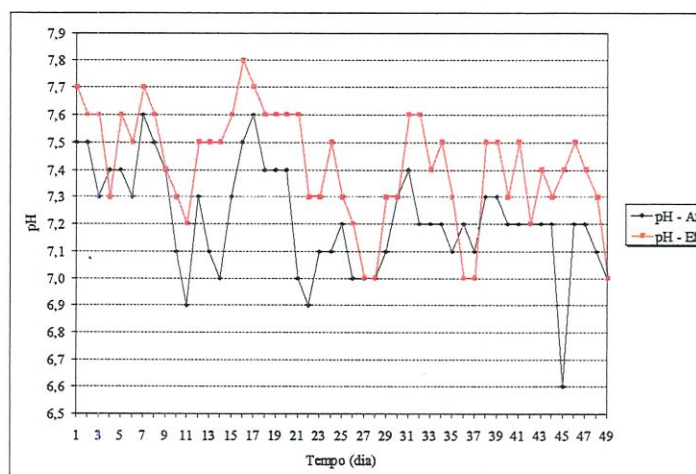


FIGURA 5.37 – Valores de pH, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

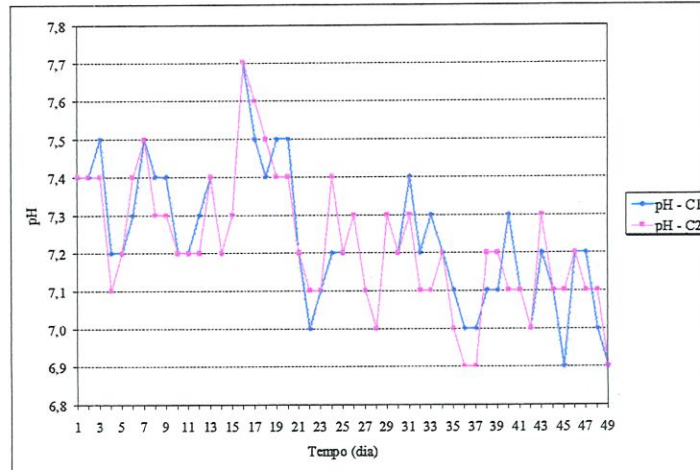


FIGURA 5.38 – Valores de pH, das câmaras 1 e 2 do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

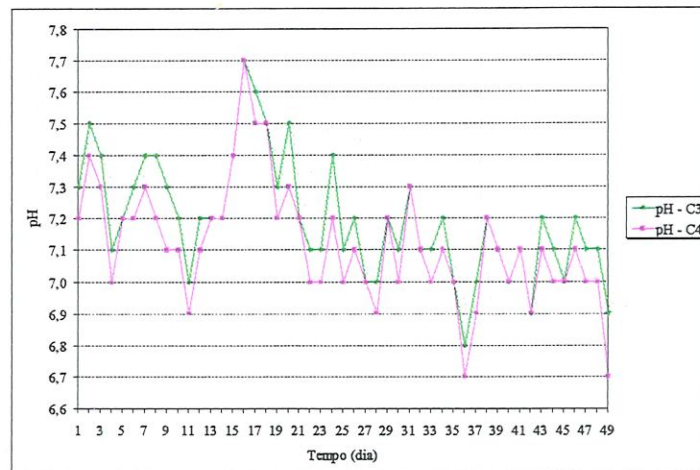


FIGURA 5.39 – Valores de pH, das câmaras 3 e 4 do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

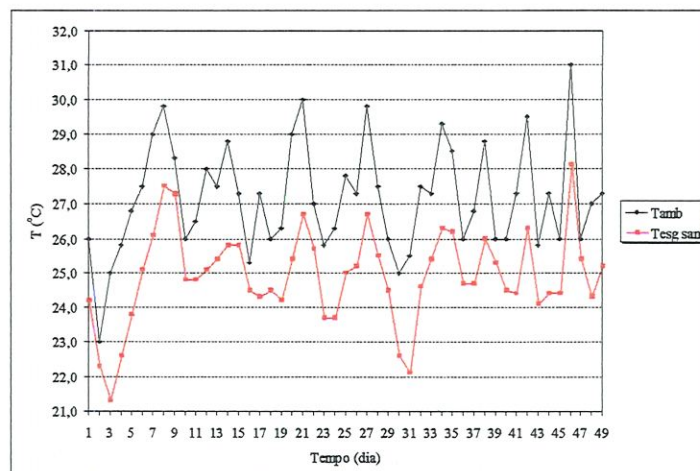


FIGURA 5.40 – Valores de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

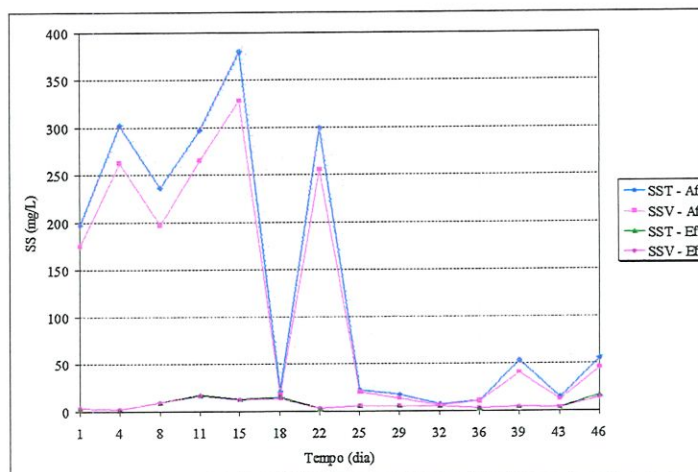


FIGURA 5.41 – Valores de SST e SSV, do afluente e do efluente do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

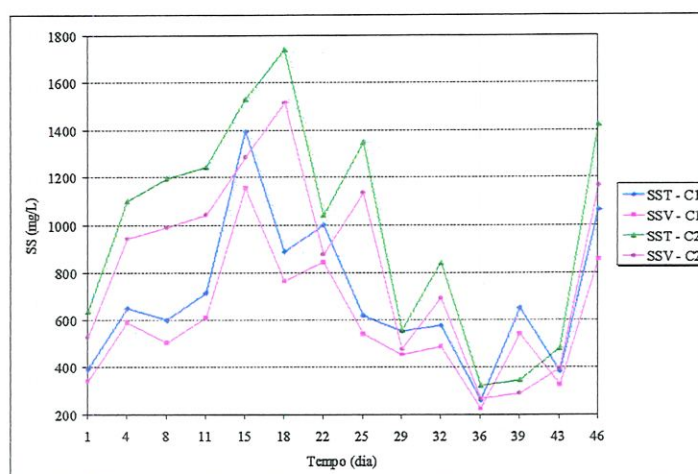


FIGURA 5.42 – Valores de SST e SSV, das câmaras 1 e 2 do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

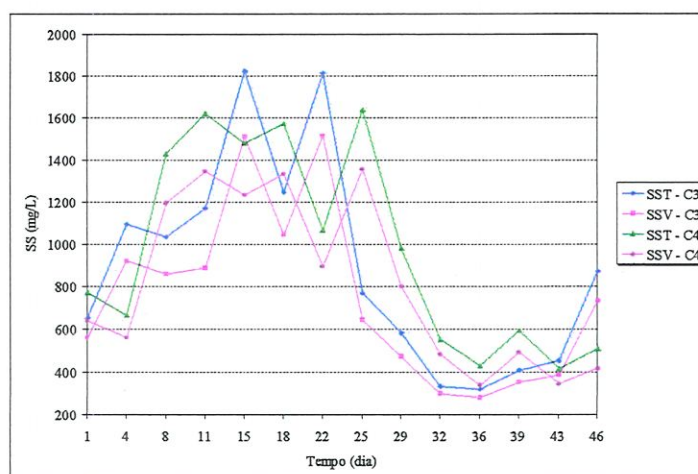


FIGURA 5.43 – Valores de SST e SSV, das câmaras 3 e 4 do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

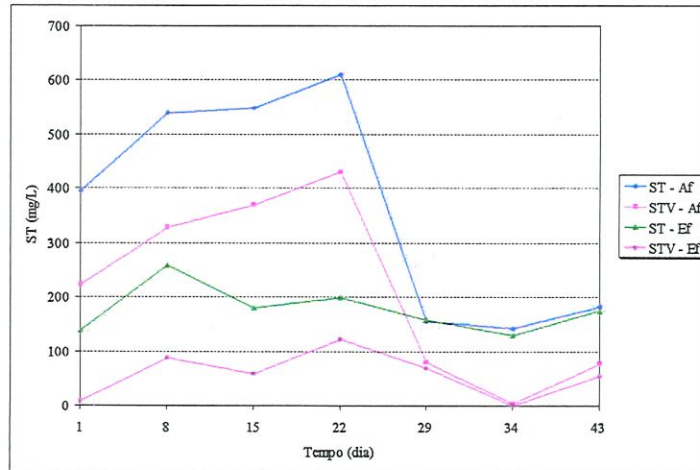


FIGURA 5.44 – Valores de ST e STV, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

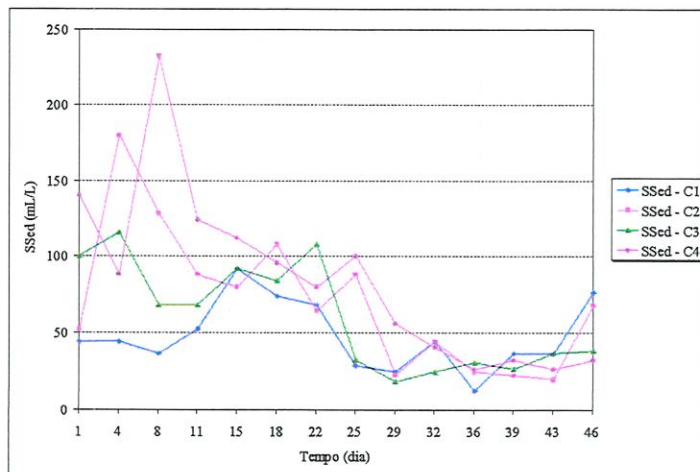


FIGURA 5.45 – Valores de SSed, de cada câmara do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

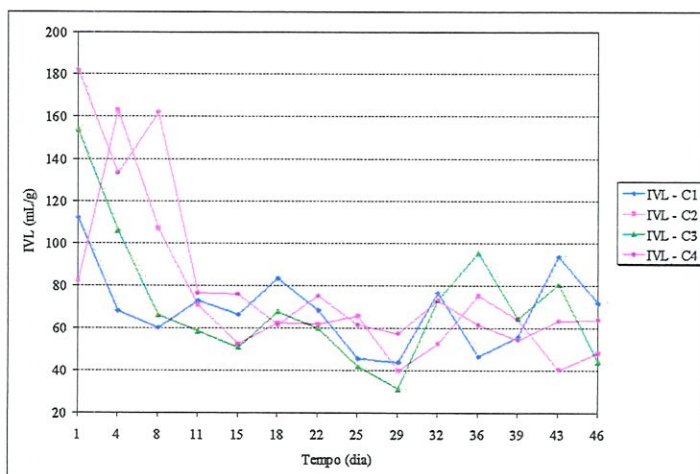


FIGURA 5.46 – Valores de IVL, de cada câmara do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

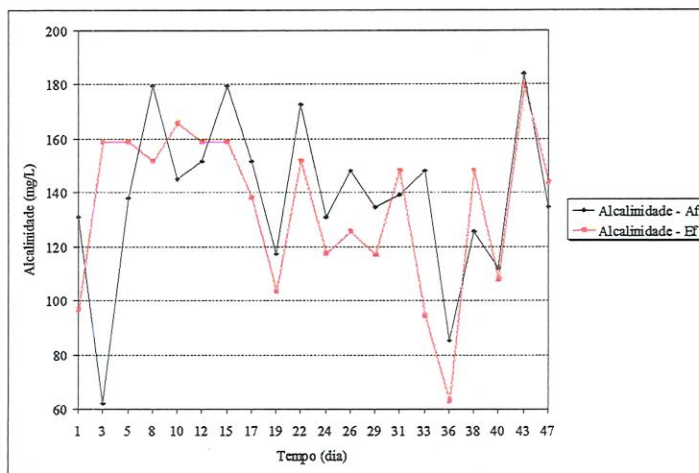


FIGURA 5.47 – Valores de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

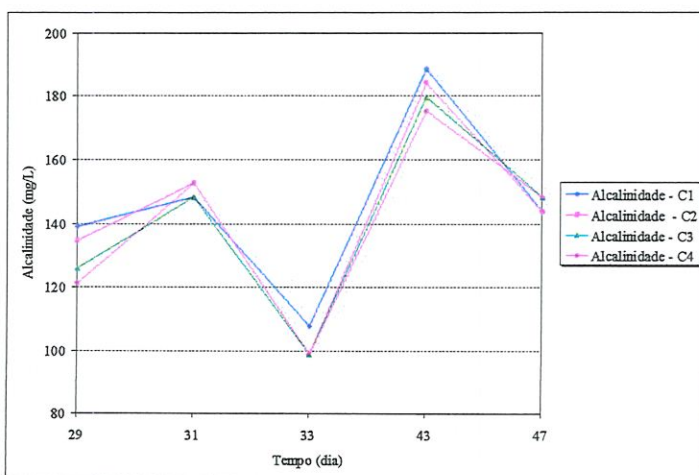


FIGURA 5.48 – Valores de alcalinidade, de cada câmara do reator, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

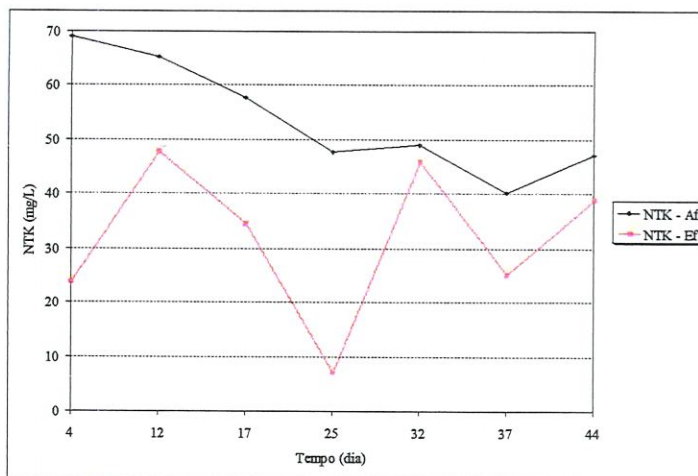


FIGURA 5.49 – Valores de NTK, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

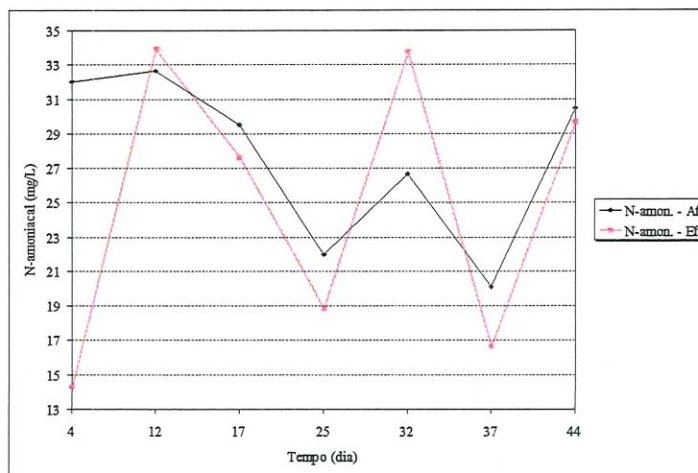


FIGURA 5.50 – Valores de N-amoniaco, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

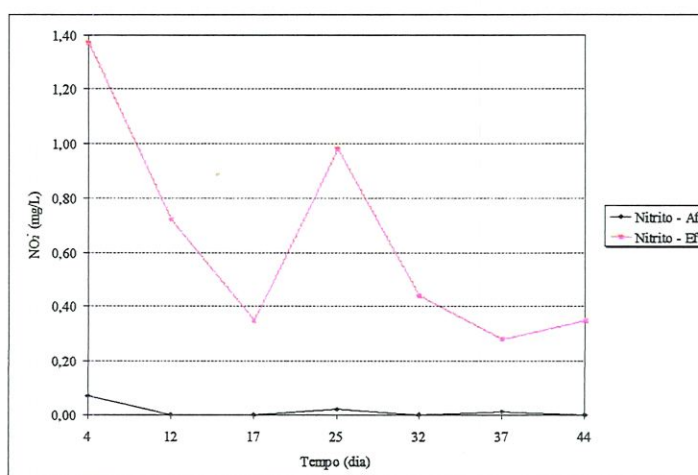


FIGURA 5.51 – Valores de nitrito, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

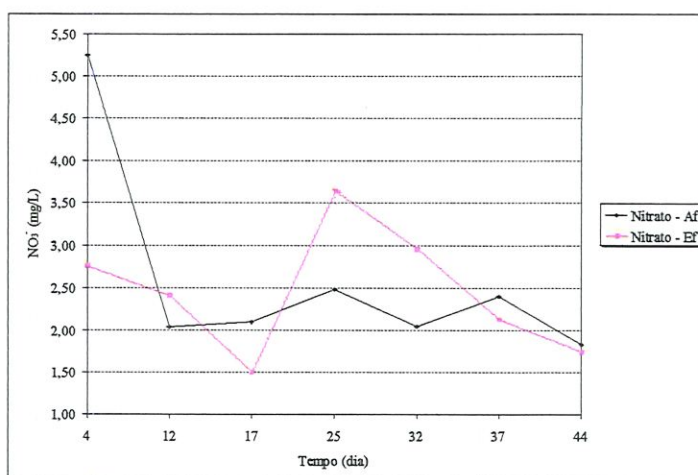


FIGURA 5.52 – Valores de nitrato, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

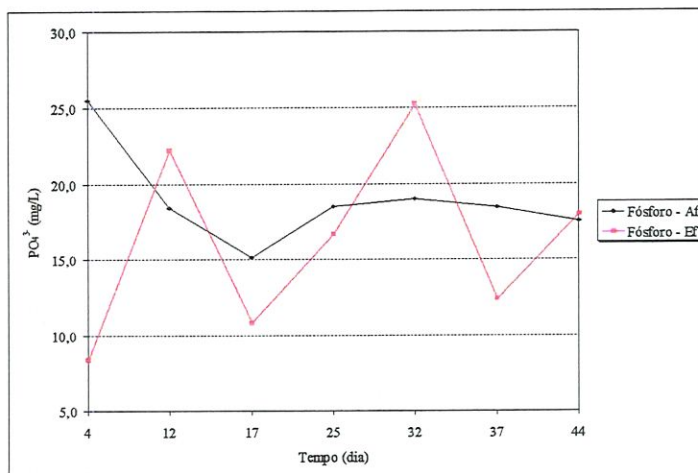


FIGURA 5.53 – Valores de fósforo total, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

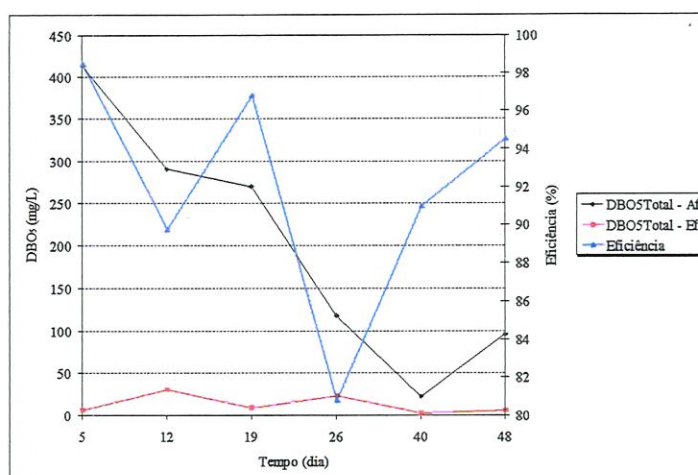


FIGURA 5.54 – Valores de DBO₅ total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

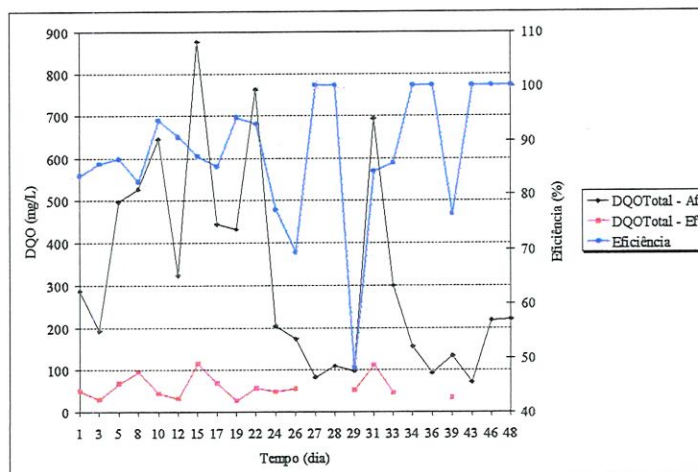


FIGURA 5.55 – Valores de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

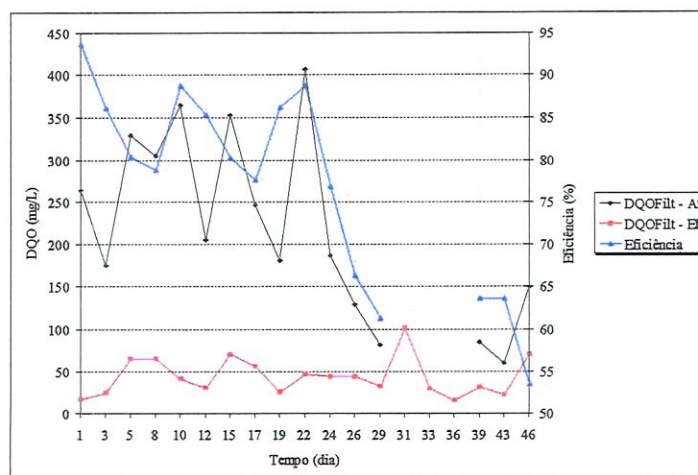


FIGURA 5.56 – Valores de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção durante a Fase 4 de operação ($\theta_h = 8$ h e $\theta_c = 20$ dias)

5.3.6. Resultados e Discussão Referentes à Fase 5 de Operação

Nas TABELAS A.32 a A.37 – ANEXO A – são apresentados os valores dos parâmetros analisados durante a Fase 5 de operação – com tempo de detenção hidráulica média de 4 horas ($Q = 60$ L/dia) e tempo de retenção celular média de 10 dias – no período de 04 de novembro a 16 de dezembro de 1996, correspondendo a 43 dias de operação. Nas FIGURAS 5.57 a 5.76 são apresentados

os gráficos referentes aos valores de alguns dos parâmetros obtidos durante a Fase 5 de operação do sistema.

Os valores médios de oxigênio dissolvido, o desvio padrão e o coeficiente de variação (%) pertinentes a cada câmara do reator aeróbio compartimentado, são apresentados na TABELA B.1 – ANEXO B.

Durante a operação desta Fase, os valores de pH, em amostras do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, estiveram limitados no intervalo entre 6,3 a 7,8 – gráficos nas FIGURAS 5.57 a 5.59 e respectivos valores na TABELA B.2 – não sendo necessária, sem a adição de química para correções do pH.

A eficiência do sistema, na remoção de DQO total, do afluente e do efluente do sistema, foi de 49,3 %, enquanto que a eficiência na remoção de DBO₅ total, foi de 84,9 %. As variações de DQO total e filtrada, são apresentadas nas FIGURAS 5.75 e 5.76 e os respectivos valores referentes a estes gráficos, encontram-se na TABELA B.15. Nas FIGURAS 5.73 e 5.74 são apresentadas as variações de DBO₅ total e os respectivos valores referentes a estes gráficos são apresentados na TABELA B.14.

O desempenho do sistema, na remoção de sólidos totais, foi de 39,8 % e a eficiência na remoção de sólidos totais voláteis, de 64,2 %. Na FIGURA 5.64 são apresentadas as variações de sólidos totais e na TABELA B.3 são encontrados os resultados referentes a estes gráficos.

Em relação aos sólidos suspensos, o sistema desenvolveu eficiência de 71,9 % na remoção de sólidos suspensos totais e 69,40 % na remoção de sólidos suspensos voláteis. As variações de sólidos suspensos, são apresentados nas FIGURAS 5.61 a 5.63 e os respectivos valores são apresentados nas TABELAS B.4 e B.5. A oscilação na concentração de sólidos suspensos voláteis, em amostras de cada câmara do reator, foi muito ampla, variando de 254 à 2145 mg/L.

Os valores apresentados do índice volumétrico do lodo, em amostras de cada câmara do reator, foram satisfatórios, variando no intervalo entre 34 e 141 mL/g. Os valores de IVL de cada câmara do reator são apresentados na TABELA B.7 e as variações dos respectivos valores no gráfico da FIGURA 5.66.

Na TABELA B.6 são encontrados os valores obtidos de sólidos sedimentáveis e na FIGURA 5.65 são apresentadas as respectivas variações que ocorreram em cada câmara do reator.

Na FIGURA 5.60 são apresentadas as variações de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário. Os valores referentes a este gráfico encontram-se na TABELA B.1.

As variações de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, são apresentadas na FIGURA 5.67 e os valores referentes a estes gráficos encontram-se na TABELA B.8.

Os gráficos das variações das formas de nitrogênio – total Kjeldahl, amoniacal, nitrito e nitrato – do afluente e do efluente do sistema, são apresentados nas FIGURAS 5.68 a 5.71 e os respectivos valores encontram-se nas TABELAS B.9 a B.12.

Os valores de fósforo total, na forma de fosfato, do afluente e do efluente do sistema, são apresentados na TABELA B.13. A representação gráfica destes valores são encontrados na FIGURA 5.72.

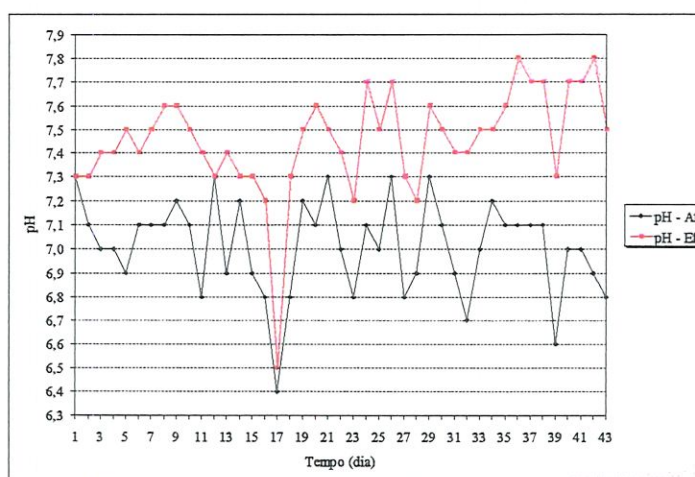


FIGURA 5.57 – Valores de pH, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

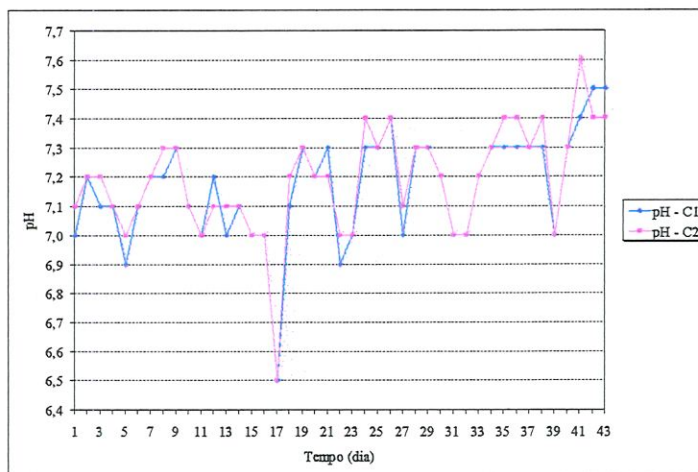


FIGURA 5.58 – Valores de pH, das câmaras 1 e 2 do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

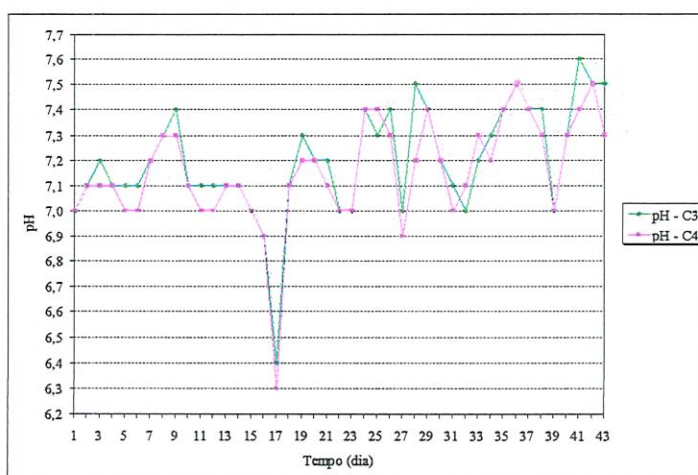


FIGURA 5.59 – Valores de pH, das câmaras 3 e 4 do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

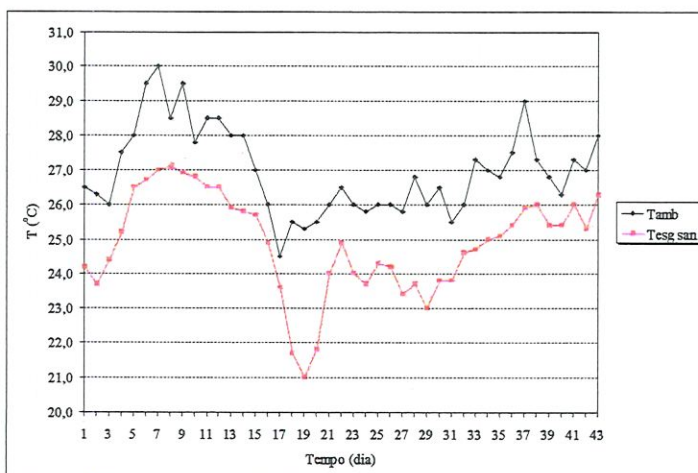


FIGURA 5.60 – Valores de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

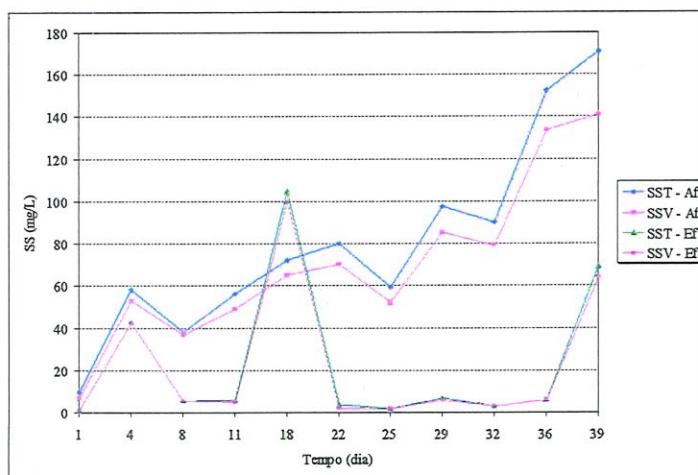


FIGURA 5.61 – Valores de SST e SSV, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

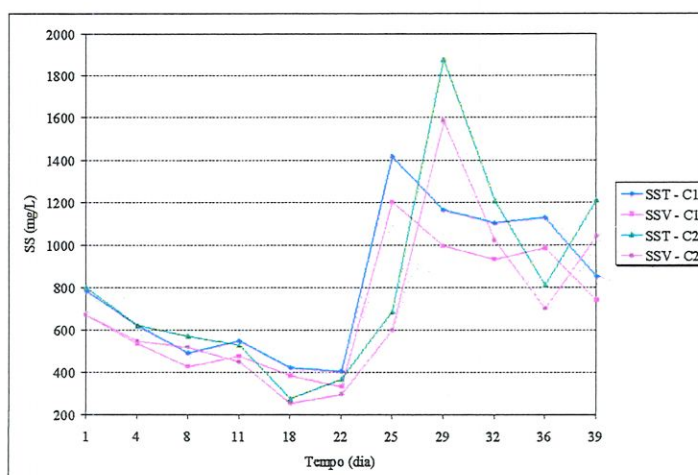


FIGURA 5.62 – Valores de SST e SSV, das câmaras 1 e 2 do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

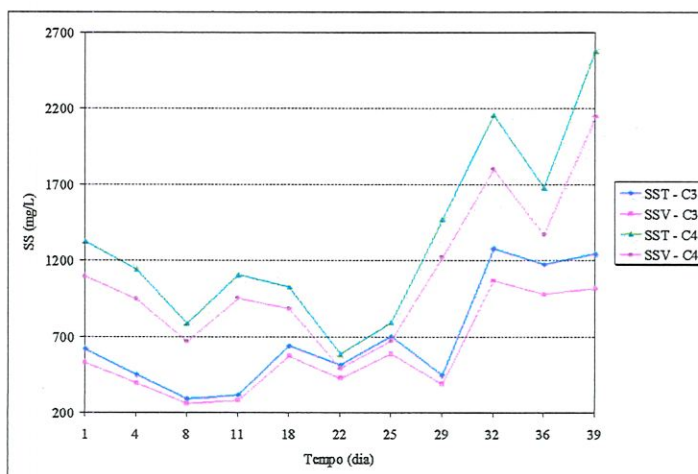


FIGURA 5.63 – Valores de SST e SSV, das câmaras 3 e 4 do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

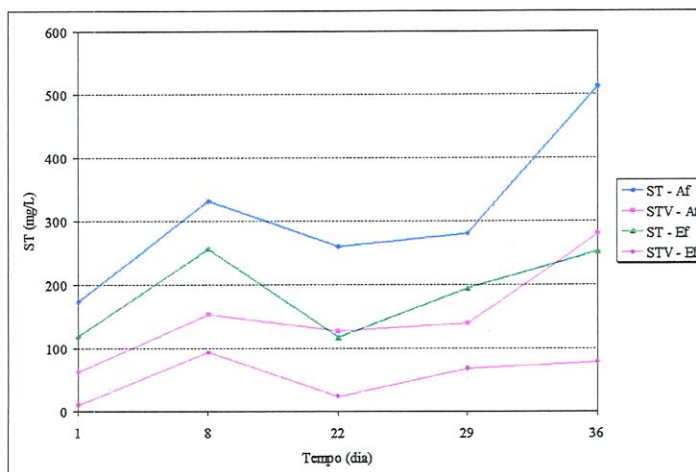


FIGURA 5.64 – Valores de ST e STV, do afluente e do efluente do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

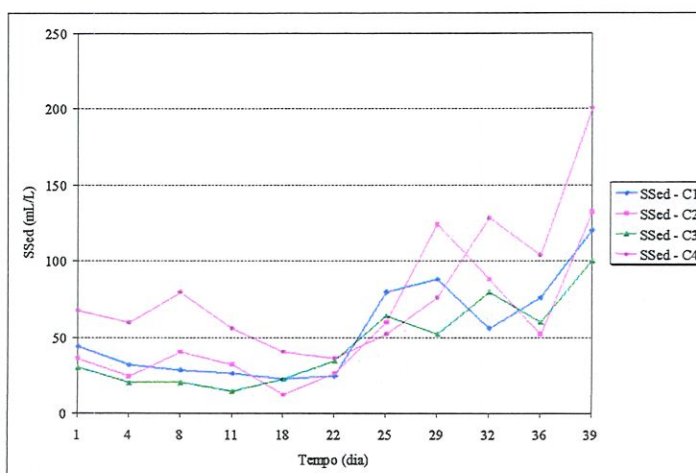


FIGURA 5.65 – Valores de SSed, de cada câmara do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

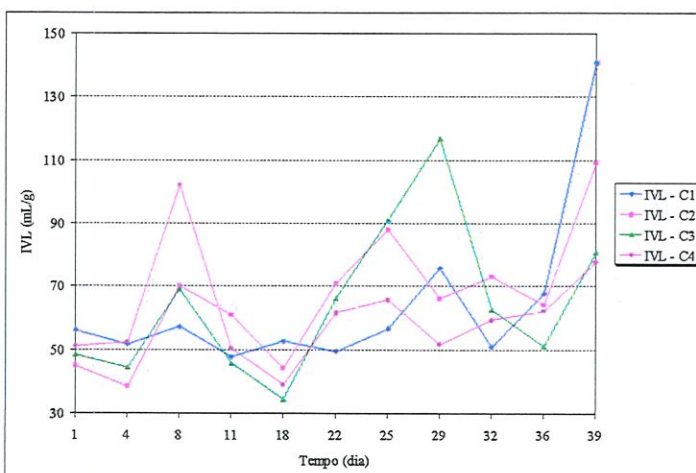


FIGURA 5.66 – Valores de IVL, de cada câmara do reator, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

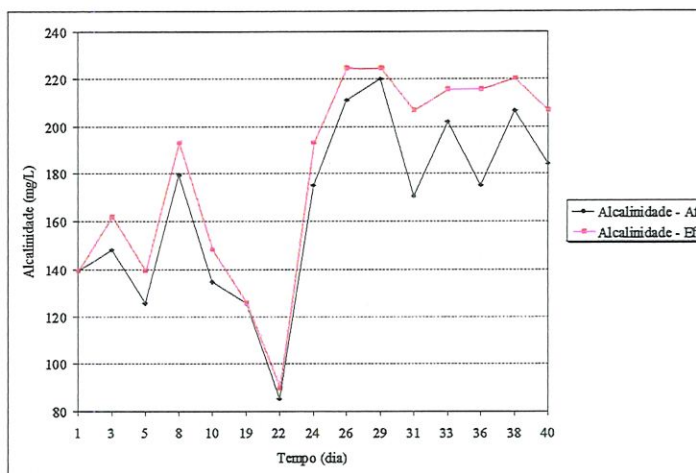


FIGURA 5.67 – Valores de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

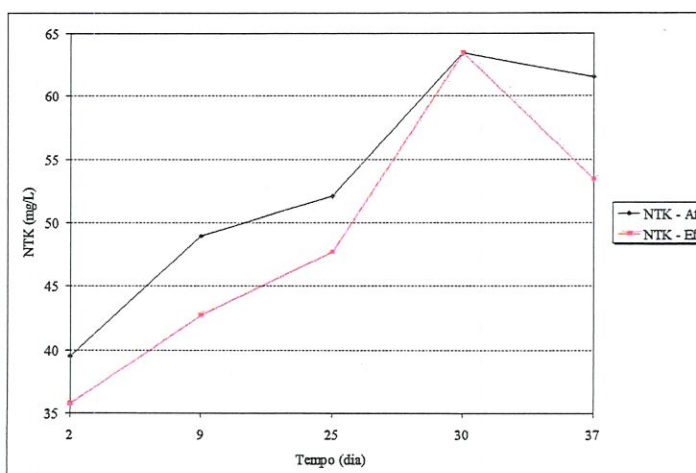


FIGURA 5.68 – Valores de NTK, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

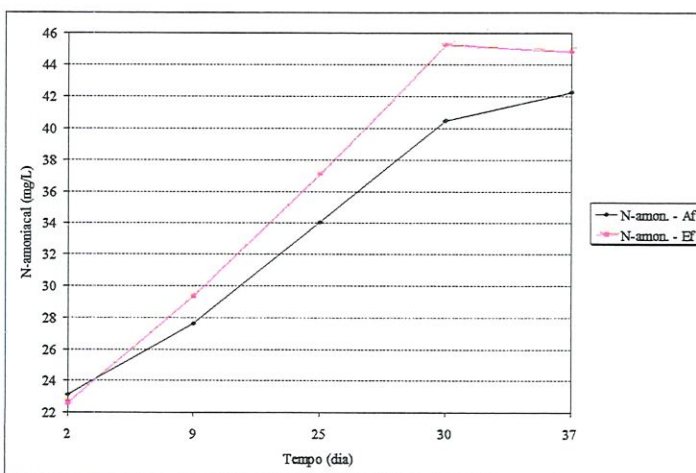


FIGURA 5.69 – Valores de N-amoniaco, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

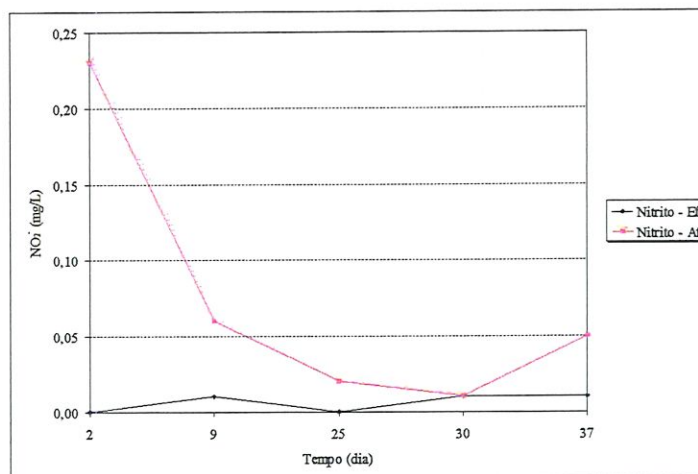


FIGURA 5.70 – Valores de nitrito, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

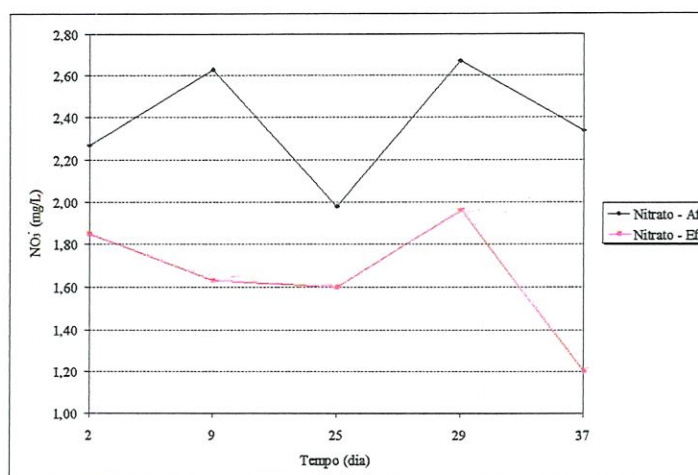


FIGURA 5.71 – Valores de nitrato, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

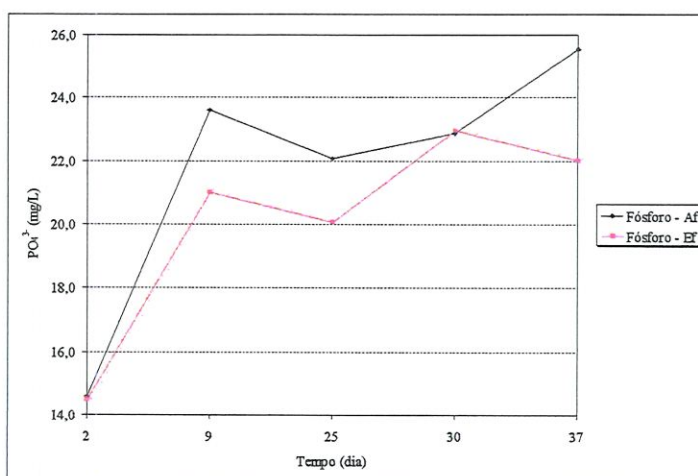


FIGURA 5.72 – Valores de fósforo total, do afluente e do efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

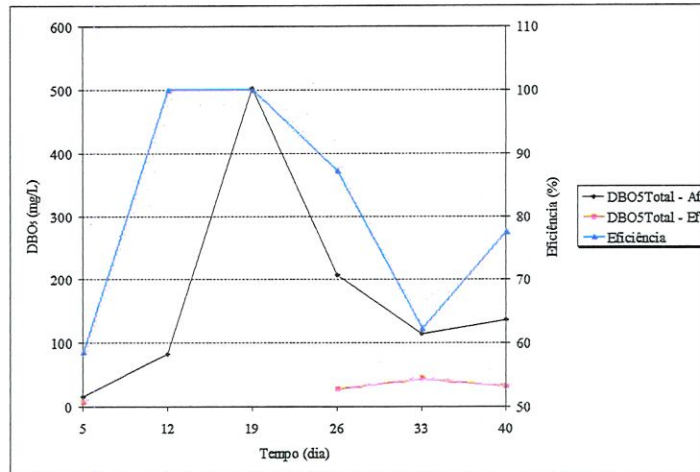


FIGURA 5.73 – Valores de DBO_5 total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

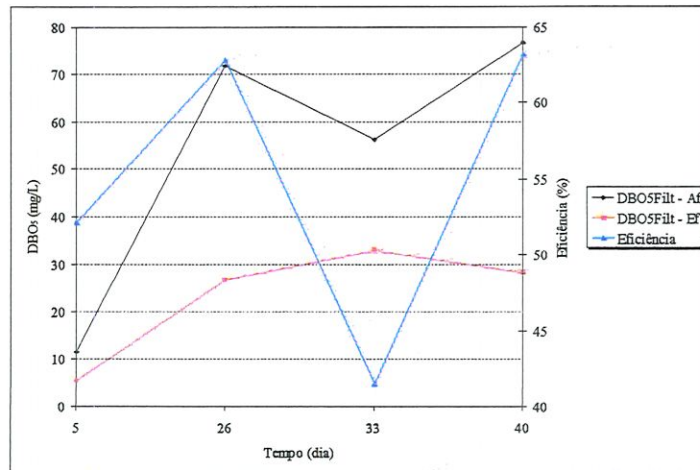


FIGURA 5.74 – Valores de DBO_5 filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

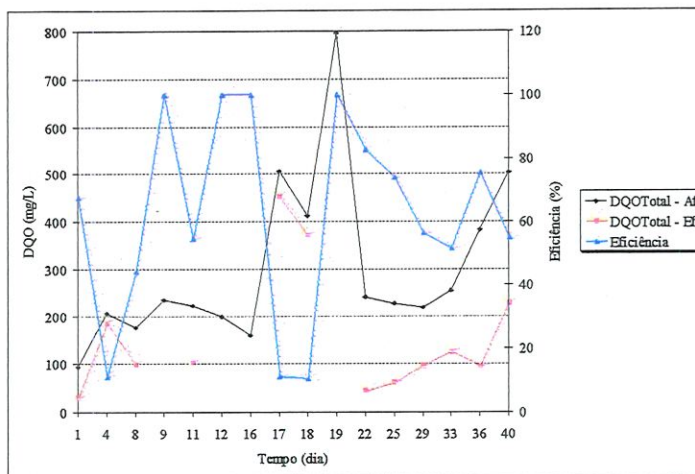


FIGURA 5.75 – Valores de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

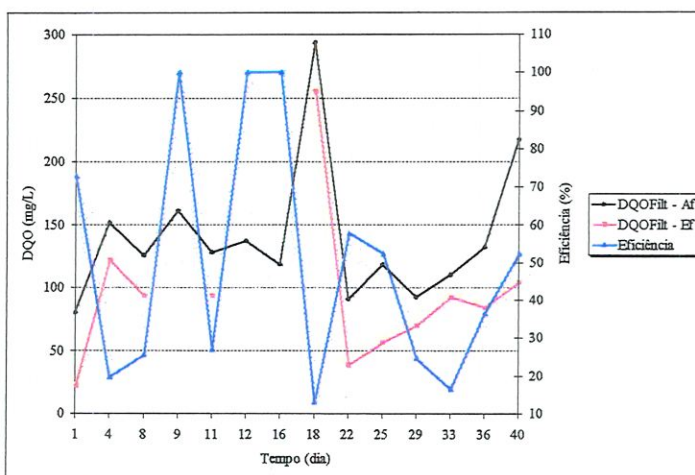


FIGURA 5.76 – Valores de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e a eficiência de remoção, durante a Fase 5 de operação ($\theta_h = 4$ h e $\theta_c = 10$ dias)

5.3.7. Valores Médios dos Parâmetros Analisados

Com o intuito de possibilitar a visualização geral da variação de cada parâmetro, durante o desenvolvimento da pesquisa, foram elaborados os gráficos a seguir – FIGURAS 5.77 a 5.94 – onde são apresentados os valores médios de cada parâmetro, de cada Fase de operação – desde a partida até o término da Fase 5 – envolvendo todas as Fases de operação do reator.

Nos gráficos das FIGURAS 5.77 e 5.78 observa-se que nas Fases 4 e 5 de operação, apesar da variação do pH no afluente, o sistema manteve equilíbrio nos valores médios de pH do efluente.

A variação do gráfico na FIGURA 5.79 apresenta o monitoramento da temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, que demonstra a dificuldade no seu controle. Pode também ser observado que a média das temperaturas possivelmente acompanhou as mudanças climáticas – elevação da temperatura com a primavera e a aproximação do verão – além das interferências externas dos equipamentos presentes no laboratório (estufa, mufla e autoclave).

Nos gráficos de valores médios dos parâmetros SST, SSV, ST, STV, DBO₅ total, DQO total e DQO filtrada, correspondentes as FIGURAS 5.80, 5.83, 5.92, 5.93 e 5.94, observa-se que ocorreu declínio nas características do afluente, o que refletiu nos valores médios de SST, SSV e SSed das câmaras do reator aeróbio compartimentado – FIGURAS 5.81, 5.82 e 5.84.

Na FIGURA 5.85 pode-se observar que a variação do IVL das quatro câmaras do reator foram mantidas na faixa compreendida entre 55 e 150 mL/g, não superando os valores citados por diversos pesquisadores como indicadora da incidência do intumescimento filamentoso do lodo.

Os gráficos das FIGURAS 5.87, 5.91 e 5.92 e os respectivos valores médios da TABELA A.1 indicam que a relação DBO₅ total:NTK:fósforo total foi de 214:56:21, comprovando o excesso destes nutrientes.

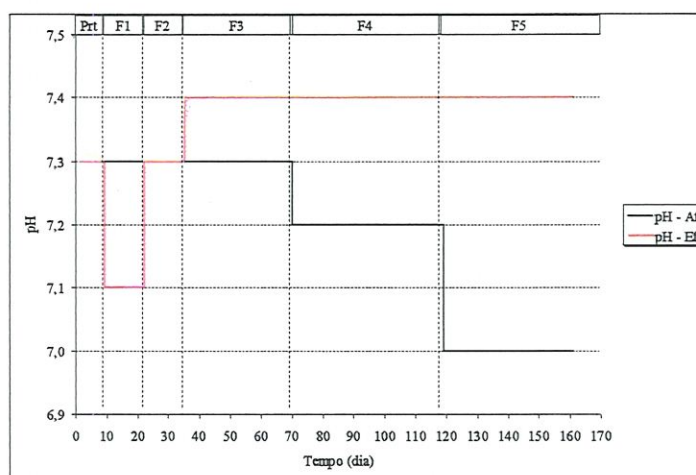


FIGURA 5.77 – Valores médios de pH, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação

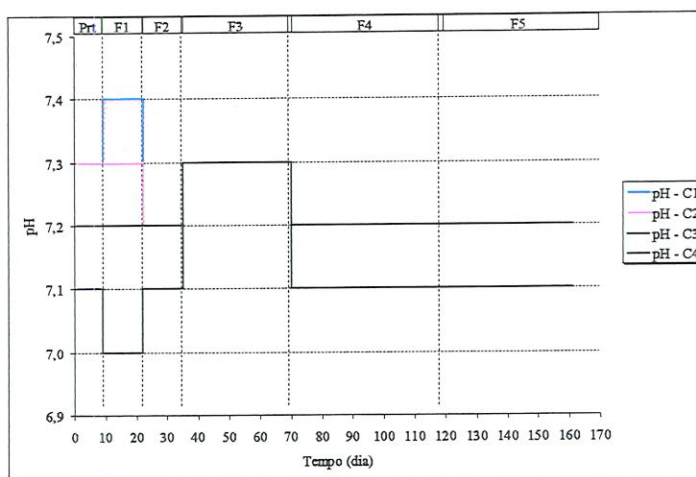


FIGURA 5.78 – Valores médios de pH, de cada câmara do reator, durante todas as Fases de operação

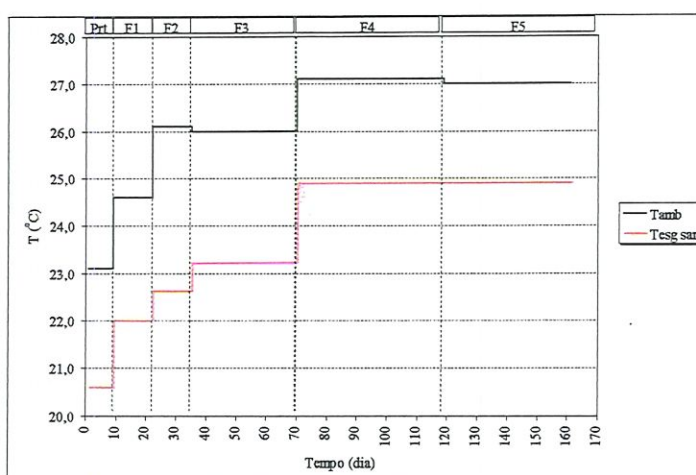


FIGURA 5.79 – Valores médios de temperatura ambiente do ar e do esgoto sanitário, durante todas as Fases de operação

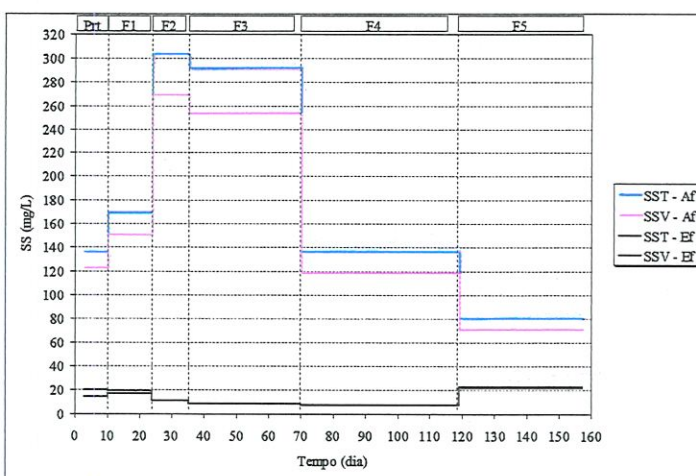


FIGURA 5.80 – Valores médios de SST e SSV, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação

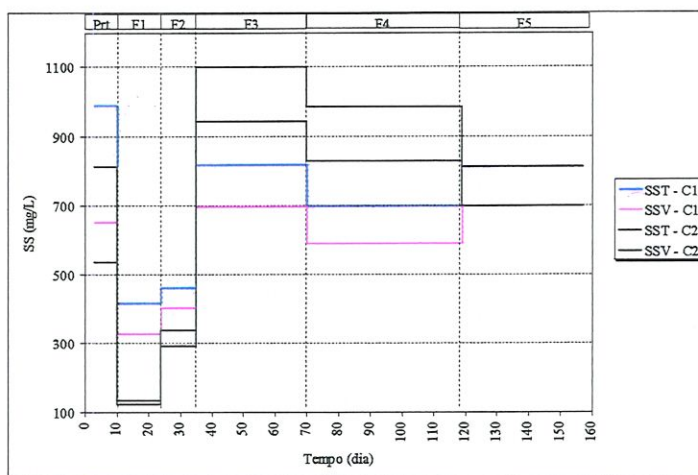


FIGURA 5.81 – Valores médios de SST e SSV, das câmaras 1 e 2 do reator, durante todas as Fases de operação

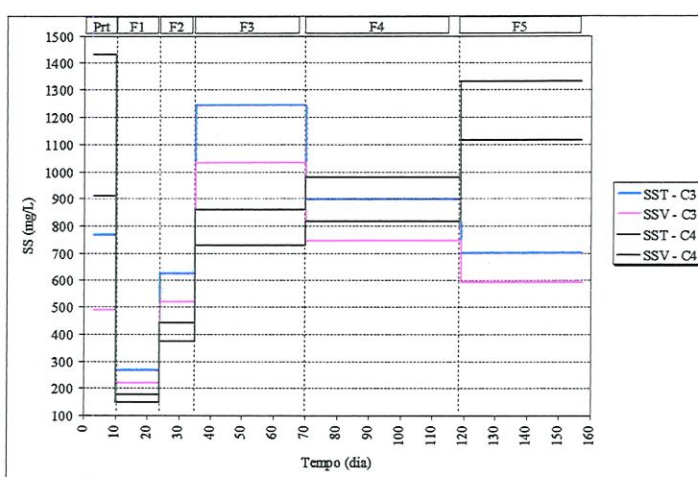


FIGURA 5.82 – Valores médios de SST e SSV, das câmaras 3 e 4 do reator, durante todas as Fases de operação

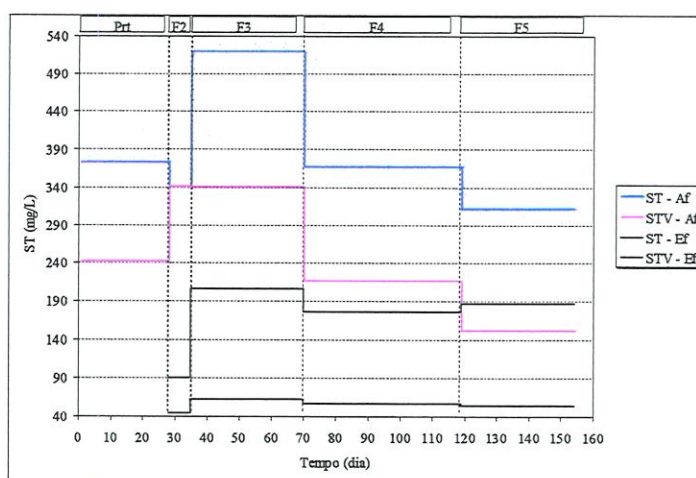


FIGURA 5.83 – Valores médios de ST e STV, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação

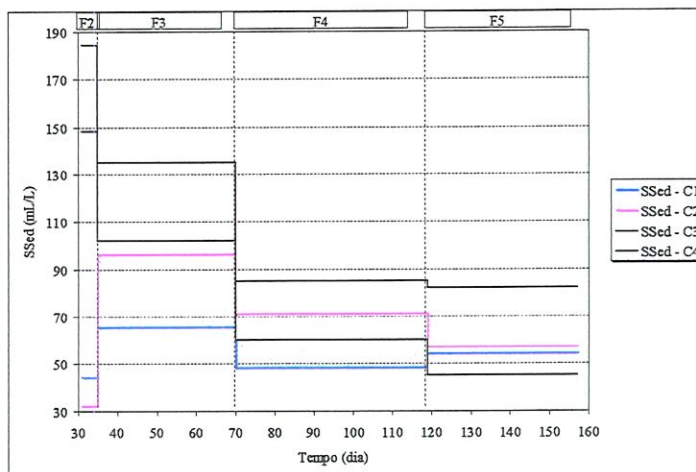


FIGURA 5.84 – Valores médios de Ssed, de cada câmara do reator, durante todas as Fases de operação

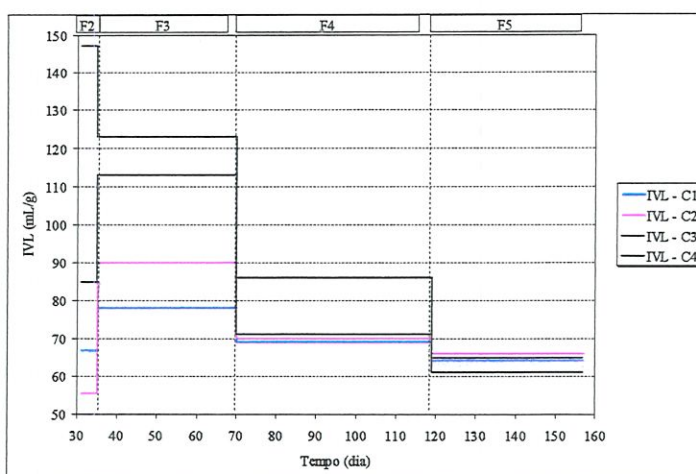


FIGURA 5.85 – Valores médios de IVL, de cada câmara do reator, durante todas as Fases de operação

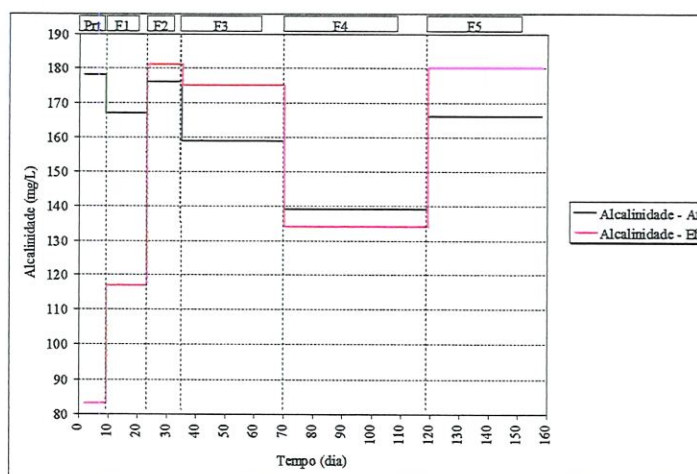


FIGURA 5.86 – Valores médios de alcalinidade, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação

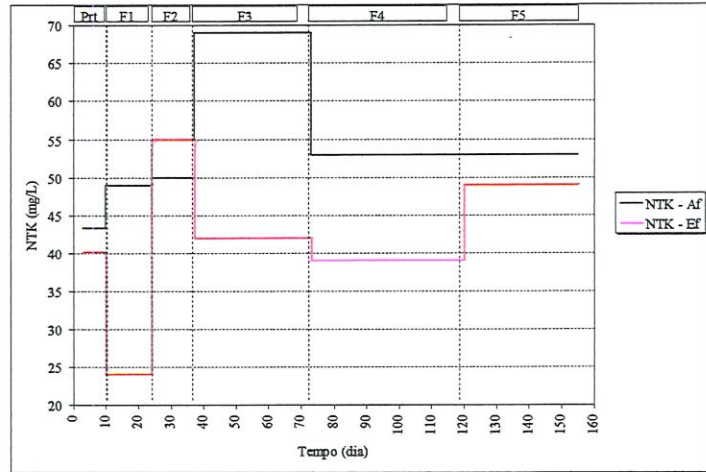


FIGURA 5.87 – Valores médios de NTK, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação

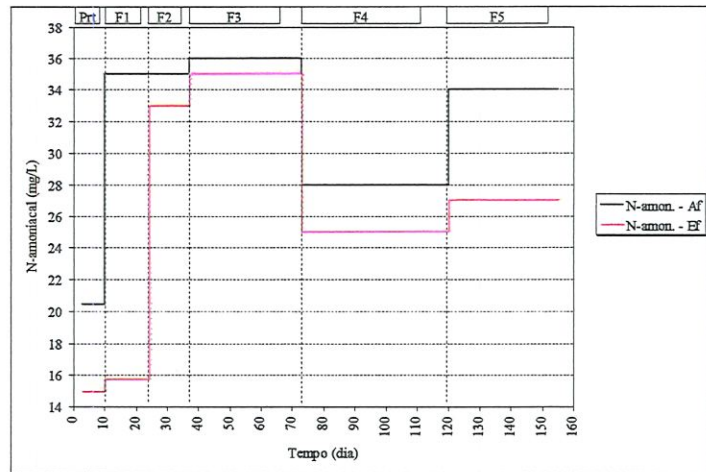


FIGURA 5.88 – Valores médios de N-amoniaco, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação

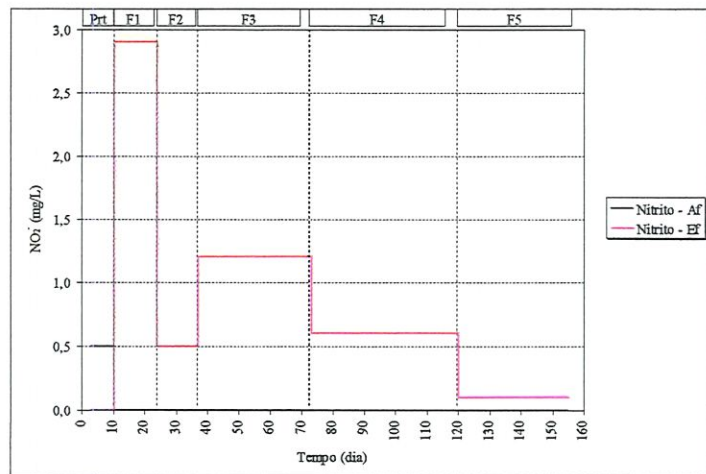


FIGURA 5.89 – Valores médios de nitrito, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação

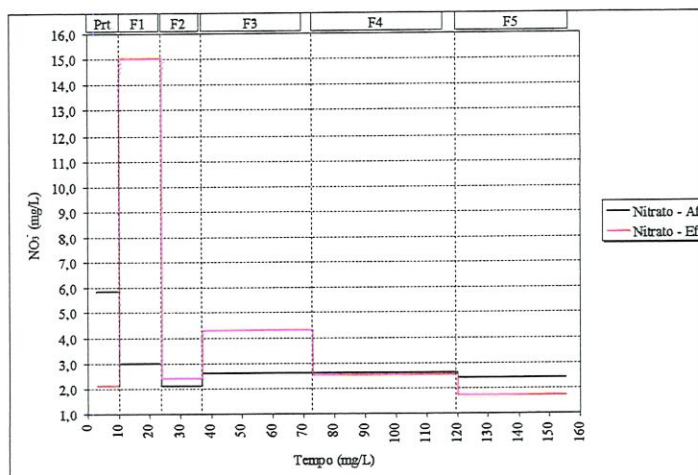


FIGURA 5.90 – Valores médios de nitrato, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação

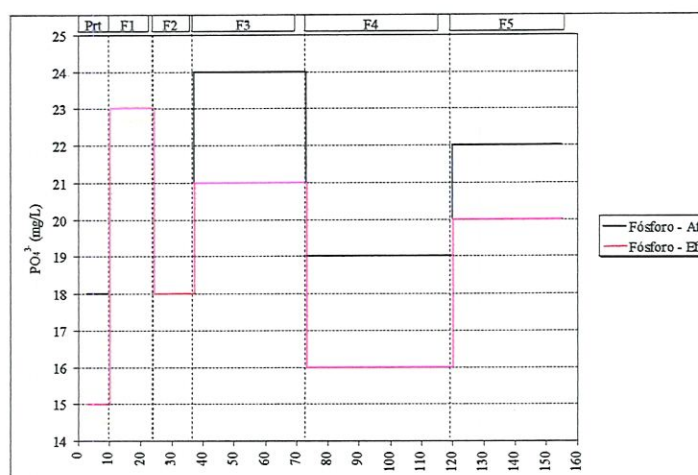


FIGURA 5.91 – Valores médios de fósforo total, do afluente e do efluente do sistema, durante todas as Fases de operação

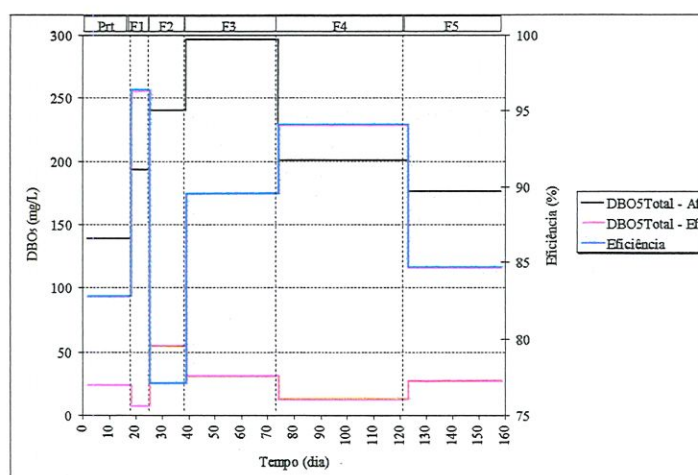


FIGURA 5.92 – Valores médios de DBO_5 total, do afluente e do efluente do sistema e da eficiência de remoção, durante todas as Fases de operação

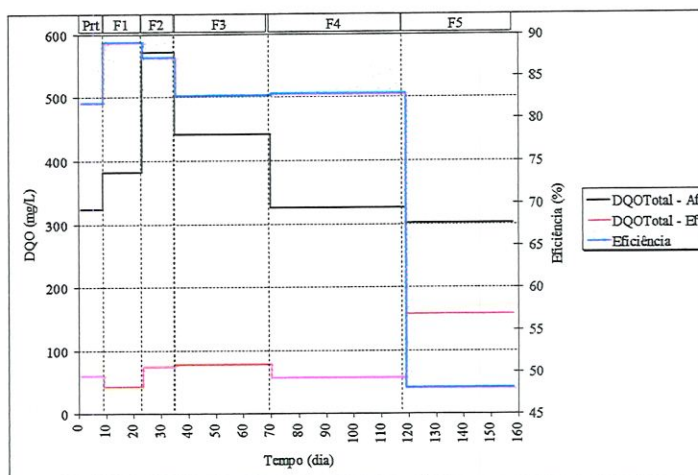


FIGURA 5.93 – Valores médios de DQO total, do afluente e do efluente do sistema e da eficiência de remoção durante todas as Fases de operação

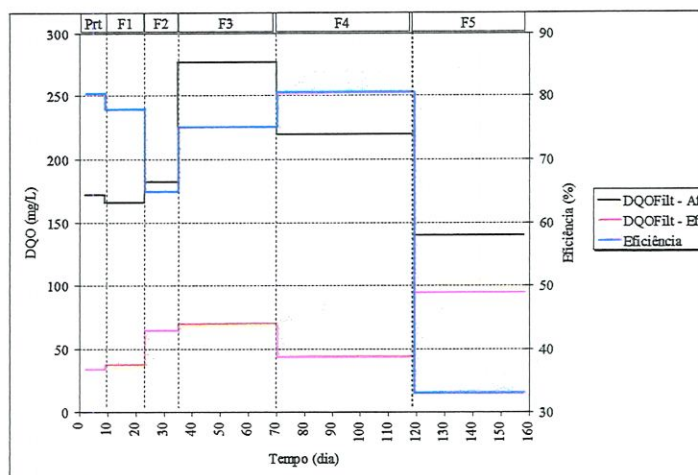


FIGURA 5.94 – Valores médios de DQO filtrada, do afluente e do efluente do sistema e da eficiência de remoção durante todas as Fases de operação

5.4. RESULTADOS DE MICROSCOPIA

O exame de microscopia possibilitou a caracterização visual dos microrganismos presentes no “mixed liquor” do reator aeróbio compartimentado. As observações em microscópio eletrônico foram realizadas semanalmente, de amostras coletadas de cada câmara do reator.

Entre os microrganismos encontrados em sistemas de lodos ativados, que recebem como substrato esgoto sanitário, algumas espécies são

consideradas indicadoras das condições de depuração do sistema de tratamento. É importante ressaltar, que cada sistema de lodos ativados se comporta como ecossistema único, dependendo das características do afluente, da configuração hidráulica do sistema, da idade do lodo, da temperatura e do oxigênio dissolvido. Portanto, a cultura microbiana pode variar a cada caso.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, os microrganismos que predominaram foram aqueles que melhor se adaptaram no ambiente do “mixed liquor” de cada câmara do reator.

Nas câmaras 1 e 2 os microrganismos que tiveram maior frequência e desenvolvimento foram as bactérias em suspensão, os protozoários livre-natantes e os fixos. Além destes microrganismos, outros também foram observados, mas com menor frequência, como: protozoários rastejantes, rotíferos e anelídeos.

Nas câmaras subsequentes – câmaras 3 e 4 – a frequência das bactérias em suspensão foi menor e não sendo detectadas em algumas ocasiões. Com baixa frequência também foram observados protozoários rizópodos, suctórias e nematóides. Por outro lado, houve crescimento na frequência dos protozoários livre-natantes, fixos e rastejantes, rotíferos e anelídeos.

Nas TABELAS 5.1 a 5.4 são apresentadas a diversidade e a frequência dos microrganismos observados nas câmaras 1, 2, 3 e 4 do reator aeróbio compartimentado. Como pode ser observado nestas tabelas, a frequência de sulfobactérias – microrganismos filamentosos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre – após a transição da Fase 2 ($\theta_h = 12$ horas e $\theta_c = 20$ dias) para a Fase 3 ($\theta_h = 8$ horas e $\theta_c = 10$ dias) foi constante e elevada nas 4 câmaras do reator. Entretanto, apesar da elevada concentração de filamentos, os dados de índice volumétrico do lodo obtidos, não superaram os valores citados por diversos autores (≥ 140 a 150 mL/g), como indicadores do intumescimento filamentoso do lodo em sistemas de lodos ativados (ALBERTSON, 1987; RICHARD, 1989; JENKINS *et al*, 1993; BITTON, 1994 e JORDÃO & PESSÔA, 1995).

TABELA 5.1 – Diversidade e frequência dos microrganismos observados na câmara 1 do reator aeróbio compartimentado

Data	Tempo	Fase	Frequência de Organismos na Câmara 1 do Reator Aeróbio Compartimentado									
			a	b	c	d	e	f	g	h	I	j
29/07	13	1	++	++	+++	++	nd	nd	++	+	+	nd
31/07	2	2	++	+++	++	+	nd	nd	nd	nd	nd	nd
06/08	8		++	++	++	++	nd	nd	nd	nd	nd	nd
07/08	9		+++	++	++	+	nd	nd	nd	nd	nd	nd
21/08	10		++	++++	++++	+	nd	nd	++	nd	+++	+++
23/08	12	3	++	++	+++	++	+	nd	++	nd	++	+++
27/08	16		+++	+++	++++	++	nd	nd	+	nd	nd	+++
04/09	24		++++	++++	++++	++	nd	nd	nd	nd	nd	++++
10/09	30		+++	++	++	nd	nd	nd	nd	nd	nd	++++
18/09	3	4	+++	++++	+++	nd	++	nd	++	nd	nd	+++
25/09	10		++	++++	++	++	+	nd	++	nd	nd	++
01/10	16		++++	++++	++	++++	nd	nd	nd	nd	+++	+++
08/10	23		++	+++	+++	nd	nd	nd	++	nd	++	++
16/10	31		++	++++	++	nd	++	nd	++	nd	++	+++
23/10	38		++++	+++	+++	nd	nd	nd	++++	+	+++	++++
30/10	45		++++	++++	++++	nd	nd	nd	+++	nd	++	++++
06/11	3	5	++	++	++++	+	nd	nd	+++	nd	++	+++
13/11	10		++	++++	++++	nd	nd	++	++	nd	nd	++++
20/11	17		++	+	++	nd	nd	+++	+++	nd	nd	+++
26/11	23		++++	++++	+++	+++	nd	nd	++	nd	nd	++++
04/12	31		+++	++++	+++	nd	nd	nd	nd	nd	nd	++++
11/12	38		+++	++	++	nd	nd	++	nd	nd	nd	++++
			+++	++	++	nd	nd	++	nd	nd	nd	++++

Tempo: Dia de operação, T

- a: Bactérias com morfologia semelhante aos bacilos
b: Protozoários ciliados livre-natantes
c: Protozoários ciliados fixos
d: Protozoários ciliados rastejantes
e: Protozoários rizópodos (amebas)
f: Protozoários com morfologia semelhante a do grupo das suctórias
g: Rotíferos
h: Vermes cilíndricos com morfologia semelhante aos nematóides
i: Anelídeos
j: Filamentos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre (sulfobactérias)
+: Raro
++: Frequência baixa
+++ : Frequência média
++++: Frequência elevada
nd: Não detectado

TABELA 5.2 – Diversidade e frequência dos microrganismos observados na câmara 2 do reator aeróbio compartimentado

Data	Tempo	Fase	Frequência de Organismos na Câmara 2 do Reator Aeróbio Compartimentado									
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
29/07	13	1	++	++	+++	++	nd	nd	++	++	+	nd
31/07	2	2	++	+++	++	nd	+	nd	+	nd	nd	nd
06/08	8		++	++	++	+	nd	nd	nd	nd	nd	nd
07/08	9	3	+++	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	+
21/08	10		++	++++	++++	++	nd	nd	++	nd	+++	+++
23/08	12		+	++	++++	++	nd	nd	++	+	+	++
27/08	16		++	+++	++++	nd	nd	nd	++	nd	+	+++
04/09	24		+++	+++	++++	+++	nd	nd	++++	nd	++	++++
10/09	30		+++	+++	++	++	nd	nd	nd	nd	++	++++
18/09	3		++	++++	++++	nd	++	+	+++	++	nd	++
25/09	10	++	+++	++	++	+	nd	++	nd	++	++	
01/10	16	+	+++	+++	++++	nd	nd	+++	nd	nd	+++	
08/10	23	4	+++	++	++	++	nd	nd	nd	nd	++	++
16/10	31		+	+++	++	+	nd	nd	++++	nd	++	+++
23/10	38		++++	+++	+++	+++	nd	nd	++++	nd	++	++++
30/10	45		++++	++++	++++	nd	nd	nd	++++	nd	+++	++++
06/11	3		++	+++	+++	nd	nd	nd	++++	nd	++	+++
13/11	10	5	+	+++	++++	+	++	nd	+++	nd	nd	++++
20/11	17		nd	+	+++	nd	++	+	+++	nd	nd	++++
26/11	23		++++	++++	+++	++	nd	+	+++	+	nd	++++
04/12	31		++	++++	++	nd	+	nd	nd	nd	nd	++++
11/12	38		++	++++	+++	+	nd	++	nd	nd	nd	++++

Tempo: Dia de operação, T

- a: Bactérias com morfologia semelhante aos bacilos
b: Protozoários ciliados livre-natantes
c: Protozoários ciliados fixos
d: Protozoários ciliados rastejantes
e: Protozoários rizópodos (amebas)
f: Protozoários com morfologia semelhante a do grupo das suctórias
g: Rotíferos
h: Vermes cilíndricos com morfologia semelhante aos nematóides
i: Anelídeos
j: Filamentos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre (sulfobactérias)
+: Raro
++: Frequência baixa
+++: Frequência média
++++: Frequência elevada
nd: Não detectado

TABELA 5.3 – Diversidade e frequência dos microrganismos observados na câmara 3 do reator aeróbio compartimentado

Data	Tempo	Fase	Frequência de Organismos na Câmara 3 do Reator Aeróbio Compartimentado									
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	J
29/07	13	1	++	+++	++	++	nd	nd	++	+	+	nd
31/07	2	2	+	++	+	+	nd	nd	++	nd	+	nd
06/08	8		++	+++	++	+	nd	nd	++	nd	nd	nd
07/08	9		+++	++	+++	++	nd	nd	++	nd	nd	nd
21/08	10		+	+++	++	++	nd	nd	++	nd	nd	+
23/08	12	3	+	++	++	+	++	nd	+	+	++	++
27/08	16		+	++++	+++	++	nd	nd	+++	+	nd	++++
04/09	24		+++	++++	++	+++	nd	nd	+++	nd	nd	++++
10/09	30		nd	++++	+++	+	nd	nd	+++	nd	nd	++++
18/09	3		nd	+++	++++	nd	nd	nd	++++	nd	++	++++
25/09	10	4	nd	++++	+++	+++	+	++	++++	nd	nd	++
01/10	16		nd	++++	+++	++++	nd	nd	+++	nd	++++	+++
08/10	23		+	+++	+++	+++	nd	nd	+++	nd	++	+++
16/10	31		nd	+++	++	nd	nd	nd	++++	nd	++	+++
23/10	38		+++	+++	+++	++	nd	nd	++++	nd	++	++
30/10	45		+++	++++	+++	+++	nd	nd	++++	nd	++	++
06/11	3	5	nd	+++	++++	nd	nd	++	++++	nd	++	++++
13/11	10		nd	++++	++++	+	+++	nd	++++	nd	nd	++++
20/11	17		nd	++	++++	+	+	+	+++	nd	nd	++++
26/11	23		++++	++++	++++	++	nd	nd	+++	+	nd	++++
04/12	31		++	++++	+++	nd	+	nd	++	nd	nd	++++
11/12	38		++	++++	+++	++	nd	++	++	nd	nd	++++

Tempo: Dia de operação, T

- a: Bactérias com morfologia semelhante aos bacilos
b: Protozoários ciliados livre-natantes
c: Protozoários ciliados fixos
d: Protozoários ciliados rastejantes
e: Protozoários rizópodos (amebas)
f: Protozoários com morfologia semelhante a do grupo das suctórias
g: Rotíferos
h: Vermes cilíndricos com morfologia semelhante aos nematóides
i: Anelídeos
j: Filamentos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre (sulfobactérias)
+: Raro
++: Frequência baixa
+++: Frequência média
++++: Frequência elevada
nd: Não detectado

No 10^o dia de operação, da Fase 4 (25/09), foram observados alguns filamentos, com morfologia semelhante às hifas de fungos.

TABELA 5.4 – Diversidade e frequência dos microrganismos observados na câmara 4 do reator aeróbio compartimentado

Data	Tempo	Fase	Frequência de Organismos na Câmara 4 do Reator Aeróbio Compartimentado									
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
29/07	13	1	++	+++	++	++	nd	nd	++	+	+	nd
31/07	2	2	++	++	+	+	nd	nd	++	nd	nd	nd
06/08	8		++	++	++	+	nd	nd	++	nd	nd	nd
07/08	9	3	+	++	+++	++	nd	nd	++	nd	++	+
21/08	10		+	++++	+++	nd	nd	nd	+++	nd	nd	+++
23/08	12		+	+	++	+	+	nd	++	+	+	+++
27/08	16		+	++++	++++	++	nd	nd	++++	nd	++	++++
04/09	24		nd	++	++	++++	nd	nd	++++	nd	++	++++
10/09	30		+++	++++	+++	+++	nd	nd	++++	nd	+++	++++
18/09	3		nd	+++	+++	nd	nd	nd	+++	nd	++	++++
25/09	10	4	nd	+++	++	++	+	+	+++	nd	+	++
01/10	16		nd	+++	++++	++	nd	nd	+++	nd	++	++++
08/10	23		nd	++	++	++	nd	nd	++	nd	++	+++
16/10	31		nd	++	++	nd	nd	nd	++++	nd	++++	+++
23/10	38		nd	++++	++++	+++	+	nd	++++	nd	++	++
30/10	45		++	+++	++++	++	nd	nd	++++	nd	++++	++
06/11	3		5	nd	+++	+++	nd	+++	nd	++++	nd	+++
13/11	10	nd		++++	++++	nd	++++	+	+++	nd	nd	++++
20/11	17	nd		++	++	nd	+++	+++	++++	+	nd	+++
26/11	23	+++		++++	++++	++	++	nd	+++	+	nd	+++
04/12	31	nd		+++	++	nd	nd	nd	++	nd	nd	++++
11/12	38	nd		+++	++++	++	nd	+	+++	nd	nd	++++

Tempo: Dia de operação, T

- a: Bactérias com morfologia semelhante aos bacilos
b: Protozoários ciliados livre-natantes
c: Protozoários ciliados fixos
d: Protozoários ciliados rastejantes
e: Protozoários rizópodos (amebas)
f: Protozoários com morfologia semelhante a do grupo das succórias
g: Rotíferos
h: Vermes cilíndricos com morfologia semelhante aos nematóides
i: Anelídeos
j: Filamentos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre (sulfobactérias)
+: Raro
++: Frequência baixa
+++: Frequência média
++++: Frequência elevada
nd: Não detectado

Nas FIGURAS 5.95 a 5.102 são apresentadas fotografias dos microrganismos observados no “mixed liquor”, de cada câmara do reator aeróbio compartimentado.

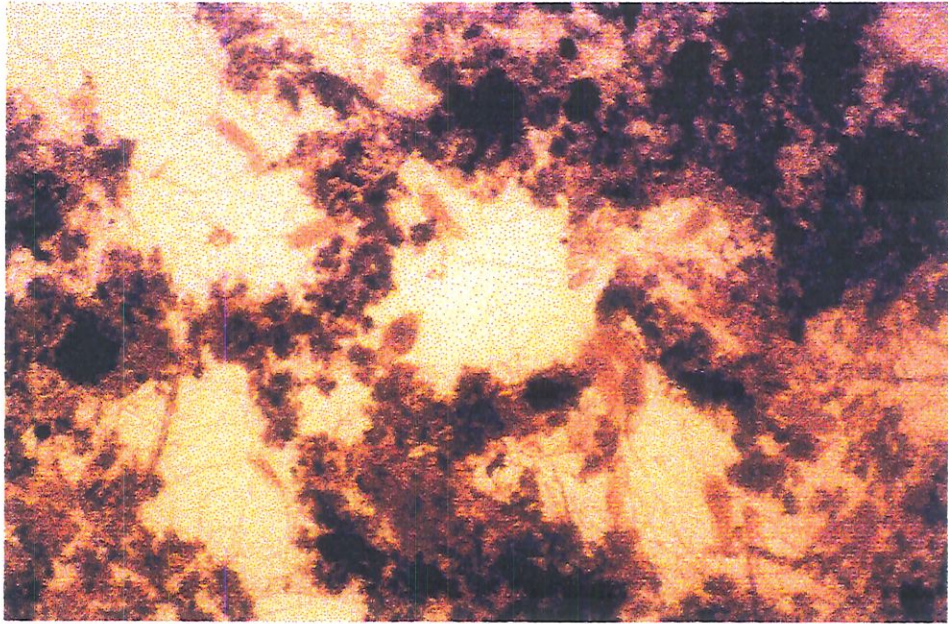


FIGURA 5.95 – Aspecto geral dos flocos, de amostras coletadas no “mixed liquor” do reator aeróbio compartimentado. Protozoários ciliados livre-natantes (*Paramecium*), protozoários ciliados fixos (pedunculados), rotíferos e filamentos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre (sulfobactérias). Fase 3, câmara 1. Aumento de 40 x

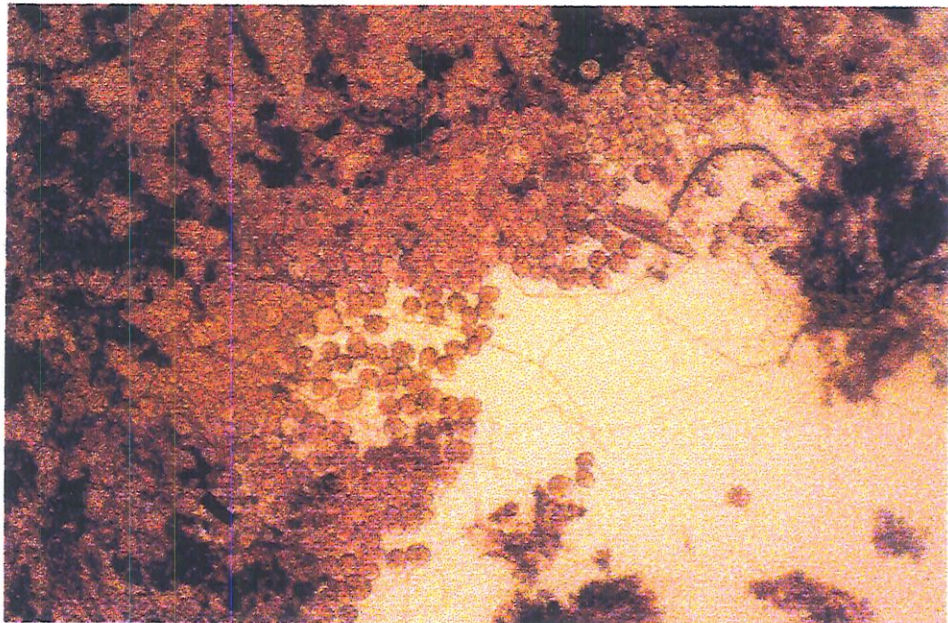


FIGURA 5.96 – Aspecto geral dos flocos, de amostras coletadas no “mixed liquor” do reator aeróbio compartimentado. Aglomerado de protozoários ciliados fixos (pedunculados), rotíferos e filamentos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre (sulfobactérias). Fase 3, câmara 2. Aumento de 40 x



FIGURA 5.97 – Aspecto geral dos flocos, de amostras coletadas no “mixed liquor” do reator aeróbio compartimentado. Protozoários ciliados livre-natantes (*Paramecium*), protozoários ciliados fixos (pedunculados), verme cilíndrico com morfologia semelhante aos nematóides e filamentos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre (sulfobactérias). Fase 3, câmara 3. Aumento de 40 x

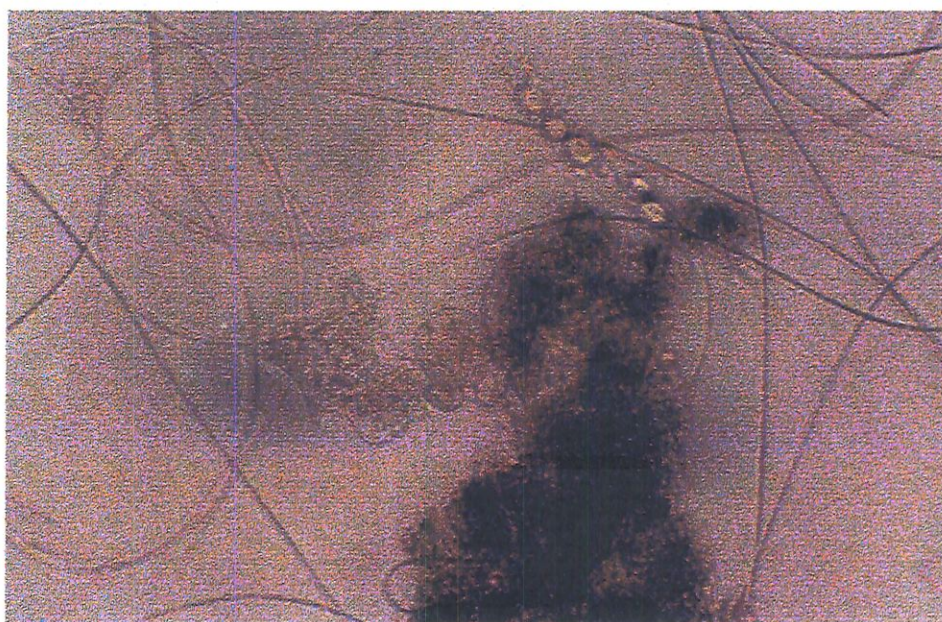


FIGURA 5.98 – Protozoário rizópodo (ameba). Fase 3, câmara 3. Aumento de 200 x



FIGURA 5.99 – Aspecto geral dos flocos, de amostras coletadas no “mixed liquor” do reator aeróbio compartimentado. Protozoários ciliados livre-natantes (*Paramecium*), protozoários ciliados fixos (pedunculados), anelídeos e filamentos com morfologia semelhante às bactérias do ciclo do enxofre (sulfobactérias). Fase 3, câmara 4. Aumento de 40 x

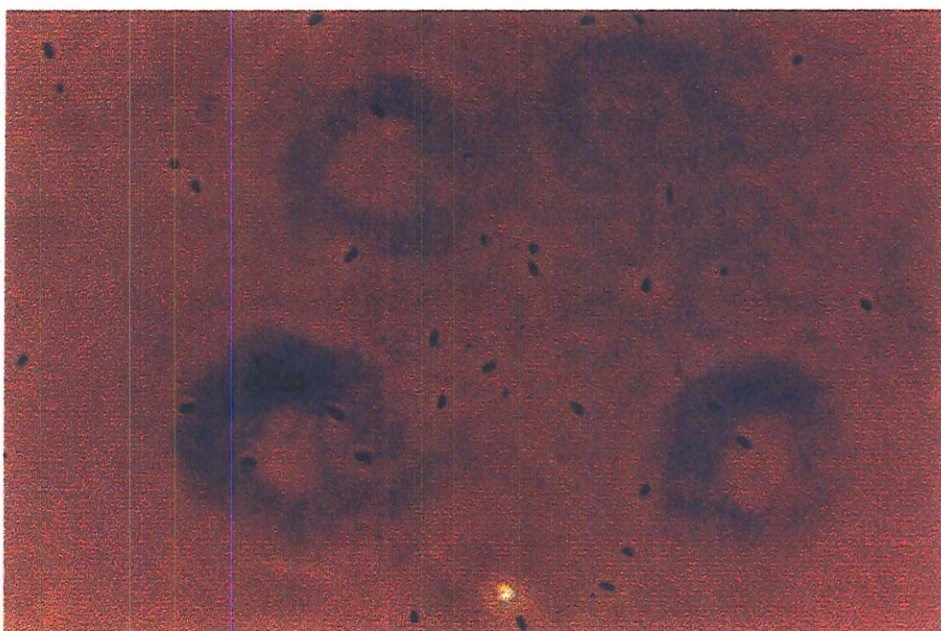


FIGURA 5.100 – Conjunto de bactérias com morfologia semelhante aos Bacilos. Fase 4, câmara 1. Aumento de 1000 x

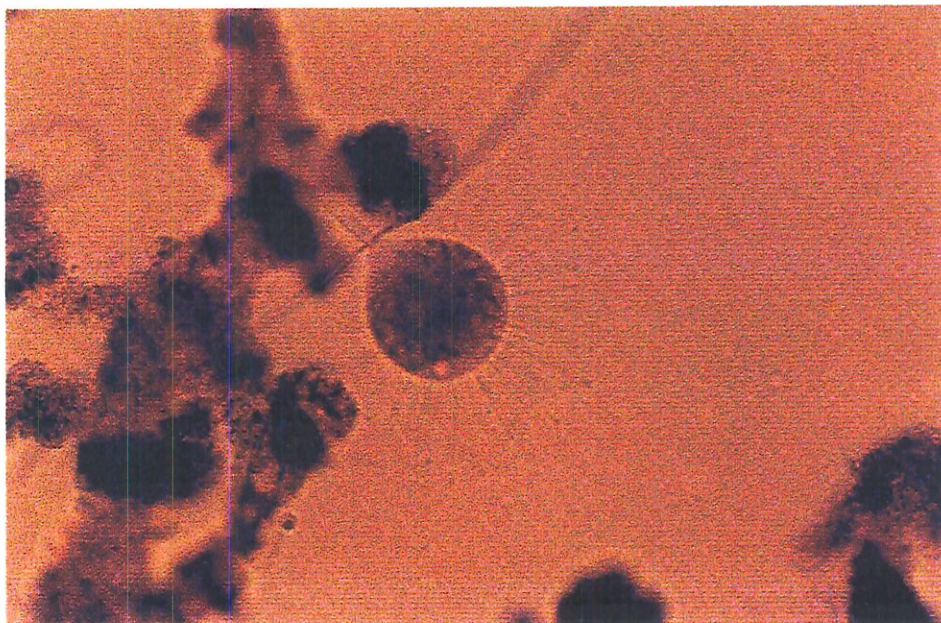


FIGURA 5.101 – Protozoários ciliados com morfologia semelhante ao do grupo suctória. Fase 4, câmara 1. Aumento de 200 x

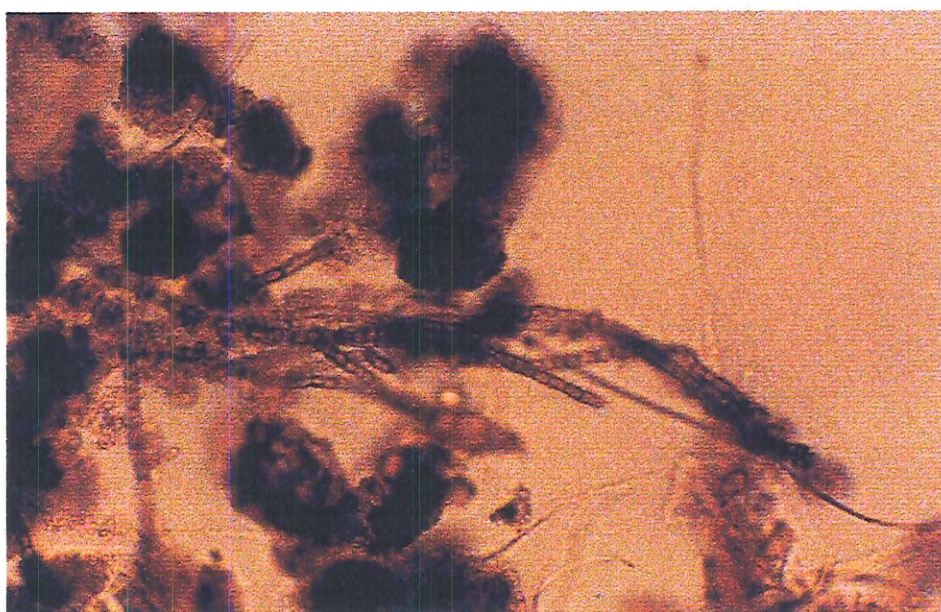


FIGURA 5.102 – Filamentos com morfologia semelhante à hifas de Fungos. Fase 4, câmara 4. Aumento de 200 x

5.5. DETERMINAÇÃO DA TAXA DE UTILIZAÇÃO DE OXIGÊNIO

Ao término da operação do sistema, no 43^o dia de operação da Fase 5, foram realizados ensaios para a determinação da taxa de utilização de oxigênio (R), utilizando-se a metodologia apresentada no item 4.5 – Taxa de Utilização de Oxigênio.

Na TABELA B.17 – ANEXO B – são apresentados os valores obtidos do decaimento da concentração de oxigênio dissolvido em função do tempo. Nas FIGURAS 5.103 a 5.106 são apresentadas a determinação da taxa de utilização de oxigênio de cada câmara do reator. Os valores de temperatura das amostras de “mixed liquor”, dos sólidos suspensos voláteis e da taxa de utilização de oxigênio obtidos para as quatro câmaras do reator, são apresentados na TABELA A.38.

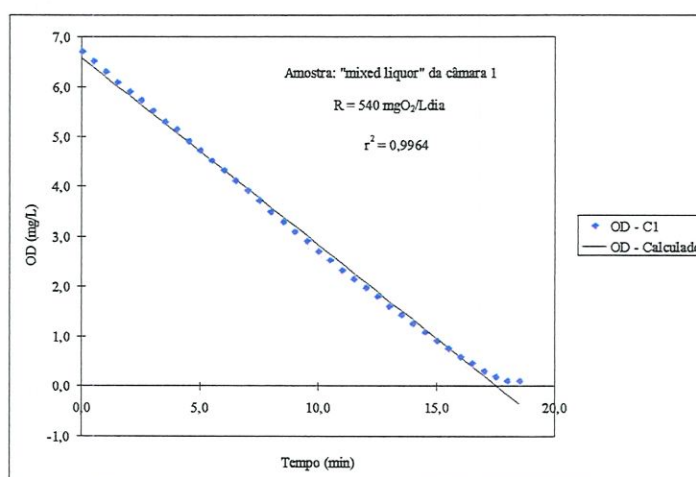


FIGURA 5.103 – $SSV_{\text{início}} = 930 \text{ mg/L}$; $SSV_{\text{final}} = 438 \text{ mg/L}$
 $DQO_{\text{filt início}} = 61 \text{ mg/L}$; $DQO_{\text{filt final}} = 58 \text{ mg/L}$
 Determinação da taxa de utilização de oxigênio para uma amostra do “mixed liquor” da câmara 1 do reator

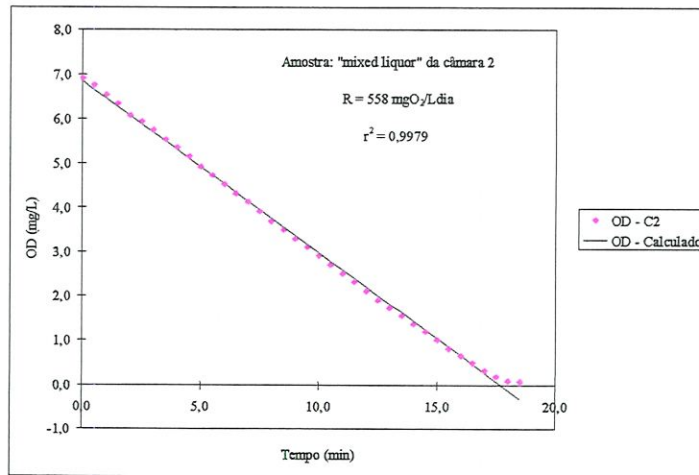


FIGURA 5.104 – $SSV_{\text{início}} = 1130 \text{ mg/L}$; $SSV_{\text{final}} = 738 \text{ mg/L}$
 $DQO_{\text{filt início}} = 75 \text{ mg/L}$; $DQO_{\text{filt final}} = 63 \text{ mg/L}$
 Determinação da taxa de utilização de oxigênio para uma amostra do "mixed liquor" da câmara 2 do reator

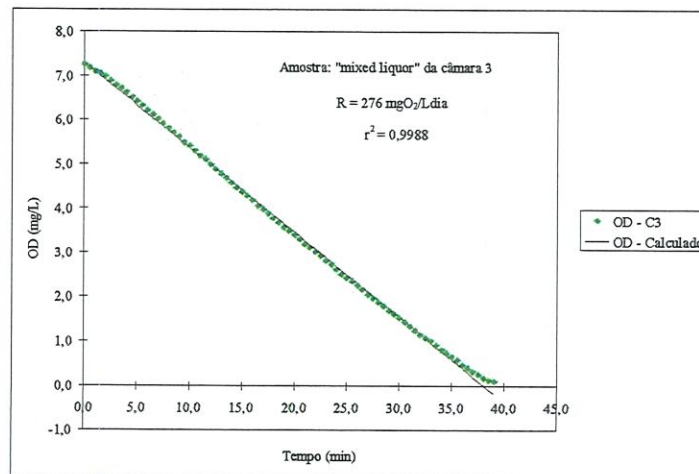


FIGURA 5.105 – $SSV_{\text{início}} = 513 \text{ mg/L}$; $SSV_{\text{final}} = 458 \text{ mg/L}$
 $DQO_{\text{filt início}} = 61 \text{ mg/L}$; $DQO_{\text{filt final}} = 53 \text{ mg/L}$
 Determinação da taxa de utilização de oxigênio para uma amostra do "mixed liquor" da câmara 3 do reator

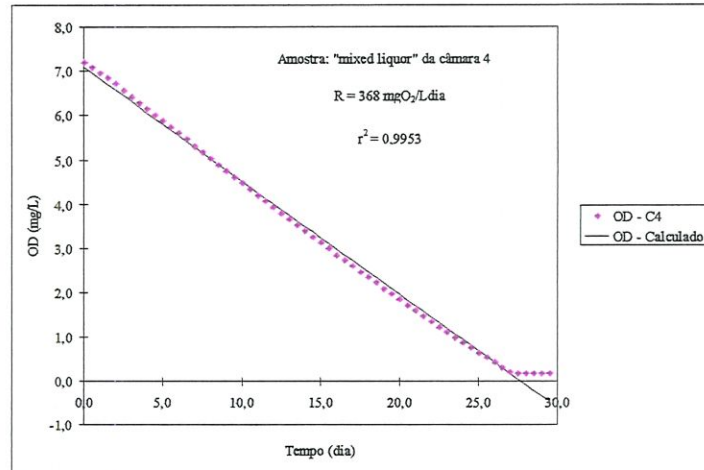


FIGURA 5.106 – $SSV_{\text{início}} = 768 \text{ mg/L}$; $SSV_{\text{final}} = 670 \text{ mg/L}$
 $DQO_{\text{filt início}} = 44 \text{ mg/L}$; $DQO_{\text{filt final}} = 39 \text{ mg/L}$
 Determinação da taxa de utilização de oxigênio para uma amostra do "mixed liquor" da câmara 4 do reator

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. CONCLUSÕES

Apesar da constante variação das características do esgoto sanitário, que implicavam em diferentes valores de taxa de carregamento orgânico, pode ser avaliado o funcionamento e o desempenho do reator aeróbio compartimentado, em escala de laboratório e seu comportamento, na presença de microrganismos filamentosos no “mixed liquor”.

A relação: DBO₅ total:NTK:fósforo total obtida para o esgoto sanitário utilizado como substrato na operação do reator apresentaram excesso dos nutrientes nitrogênio e fósforo, não havendo necessidade de correções.

O sistema demonstrou bom desempenho na remoção de DQO total e DBO₅ total, com destaque para os valores médios obtidos durante a Fase 3, em que apresentou eficiência de 83 e 90 % respectivamente.

No período de operação da Fase 5, em que foi exigido mais do reator, funcionando com tempo de detenção hidráulica média de 4 h e tempo de retenção celular de 10 dias, o valor médio de eficiência na remoção de DQO total foi de 49 % e em relação a DBO₅ total, foi de 85 %.

Durante todo o período de operação do sistema, a concentração de sólidos suspensos voláteis no “mixed liquor” de cada câmara do reator esteve em constante variação, apresentando valores mais elevados durante a Fase 3, com tempos de detenção hidráulica média de 8 h e tempo de retenção celular média de 10 dias (câmara 1: 816 mg/L, câmara 2: 1098, câmara 3: 1241 e câmara 4: 860 mg/L).

Na Fase 3 as eficiências médias de remoção de SST e SSV foram as que apresentaram melhores resultados, com valores médios de 97% para ambos.

As variações de pH, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura do “mixed liquor” de cada câmara do reator, aparentemente não comprometeram o desempenho do sistema.

Como pode ser observado nas TABELAS 5.1 a 5.4, a partir da Fase 3, a presença de microrganismos filamentosos foi sempre constatada e elevada em todas as câmaras do reator. Entretanto, os resultados obtidos de índice volumétrico do lodo não superaram daqueles considerados adequados pela literatura (≥ 140 a 150 mLg^{-1}), como indicadores do intumescimento filamentoso do lodo em sistemas de lodos ativados e também, não influenciaram na sedimentação do lodo.

A alteração do tempo de retenção celular – da Fase 3, 10 dias, para a Fase 4, 20 dias – aparentemente não influenciou no número de microrganismos filamentosos.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, os microrganismos que predominaram foram aqueles que melhor se adaptaram no ambiente do “mixed liquor” de cada câmara do reator. Nas duas primeiras câmaras os microrganismos que tiveram maior frequência e desenvolvimento foram as bactérias em suspensão, os protozoários livre-natantes e os fixos. Nas câmaras subsequentes – câmaras 3 e 4 – a frequência das bactérias foi menor ou não sendo detectadas em algumas ocasiões. Contudo, houve crescimento na população dos protozoários fixos e rastejantes e organismos maiores como os rotíferos e vermes nematóides.

6.2. RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista, os resultados e conclusões obtidos, na realização deste trabalho, foi possível enumerar algumas recomendações para trabalhos futuros:

- Construir e operar reator aeróbio compartimentado, em escala piloto, que fornecesse resultados com valores compatíveis aos de sistemas de tratamento de águas residuárias, em escala real;
- Realizar ensaios com pelo menos quatro reatores aeróbios compartimentados em paralelo, utilizando mesmo substrato, mesmo tempo de detenção hidráulica, mas diferentes idades do lodo, que possibilitem a determinação dos coeficientes cinéticos;
- Controlar a concentração de oxigênio dissolvido nas câmaras de aeração, mantendo seus valores em torno de 2 mg/L;
- Utilizar sistema de controle de temperatura ambiente mais eficiente, com o intuito de verificar sua influência nos resultados;
- Testar sistema anaeróbio, como pré-tratamento, afim de melhorar a eficiência na remoção de matéria orgânica carbonácea e na remoção de nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo;
- Realizar testes hidrodinâmicos e avaliar a configuração do reator, visando minimizar a presença de zonas mortas e curtos circuitos e conseqüentemente, melhor aeração e mistura do “mixed liquor” de cada câmara do reator;
- Avaliar o relacionamento entre a cultura microbiana típica de reatores aeróbios compartimentados e os microrganismos filamentosos, que justifique a baixa ocorrência do intumescimento filamentoso do lodo nesses reatores;
- Acompanhamento constante do desenvolvimento microbiano, afim de possibilitar o reconhecimento dos principais microrganismos indicadores de bom funcionamento do sistema, presentes em cada câmara do reator.

ANEXO A

No ANEXO A são apresentados os resultados dos parâmetros analisados no desenvolvimento desta pesquisa, por meio de tabelas, contendo os valores mínimo, médio, máximo, desvio-padrão e coeficiente de variação (%).

TABELA A.1 – Características do esgoto sanitário, proveniente de derivação da rede pública coletora da cidade de São Carlos, utilizado como substrato pelo reator aeróbio compartimentado

Parâmetro	Unid.	Valor			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,4	7,2	7,8	161	0,23	3,2
Temperatura ambiente do ar	°C	21,0	23,1	25,5	161	1,83	7,9
Temperatura do esgoto sanitário	°C	18,1	24,0	28,1	156	2,00	8,3
Alcalinidade	mg/L	62	157	226	64	33,03	21,0
DQO total	mg/L	70	368	877	72	196,46	50,4
DQO filt	mg/L	60	203	505	61	94,62	45,3
DBO ₅ total	mg/L	15	214	503	22	138,76	65,0
DBO ₅ filt	mg/L	11	43	77	6	29,47	69,3
ST	mg/L	142	391	755	19	183,62	46,9
STV	mg/L	2	240	578	19	163,20	68,0
STF	mg/L	nd	151	232	19	54,87	36,3
SST	mg/L	7	172	549	43	139,95	81,4
SSV	mg/L	5	150	474	43	122,03	81,3
SSF	mg/L	nd	22	75	43	18,54	85,6
NTK	mg/L	40	56	78	22	11,55	20,7
N-amoniacal	mg/L	20	32	45	22	7,69	24,1
Nitrito	mg/L	nd	nd	0,5	22	0,10	326,5
Nitrato	mg/L	1,8	2,7	5,8	22	1,12	41,7
Fósforo total	mg/L	15	21	28	22	3,72	17,8

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.2 – Valores obtidos no afluente do reator, durante a partida, no período de 09/07 a 16/07 de 1996 (8 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores do Afluente			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,9	7,3	7,7	8	0,11	1,6
Temperatura ambiente do ar	°C	21,0	23,1	25,5	8	1,57	6,8
Temperatura do esgoto sanitário	°C	20,0	20,6	21,1	2	0,78	3,8
Alcalinidade	mg/L	139	178	226	3	44,30	24,9
DQO total	mg/L	254	324	392	6	62,10	19,2
DQO filt	mg/L	136	172	286	5	63,44	36,8
DBO ₅ total	mg/L	117	139	160	2	30,21	21,8
ST	mg/L	--	372	--	1	--	--
STV	mg/L	--	242	--	1	--	--
STF	mg/L	--	130	--	1	--	--
SST	mg/L	95	136	176	2	57,45	42,4
SSV	mg/L	86	122	158	2	50,56	41,5
SSF	mg/L	9	14	19	2	6,89	49,7
NTK	mg/L	--	43	--	1	--	--
N-amoniacal	mg/L	--	20	--	1	--	--
Nitrito	mg/L	--	0,5	--	1	--	--
Nitrato	mg/L	--	5,8	--	1	--	--
Fósforo total	mg/L	--	18	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

TABELA A.3 – Valores obtidos na câmara 1 do reator, durante a partida, no período de 09/07 a 16/07 de 1996 (8 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 1			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		7,1	7,3	7,8	8	0,11	1,4
SST	mg/L	744	986	1228	2	341,89	34,7
SSV	mg/L	484	651	818	2	235,82	36,2
SSF	mg/L	260	335	410	2	106,07	31,7

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

TABELA A.4 – Valores obtidos na câmara 2 do reator, durante a partida, no período de 09/07 a 16/07 de 1996 (8 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 2			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,8	7,3	8,0	8	0,08	1,1
SST	mg/L	652	812	973	2	226,63	27,9
SSV	mg/L	436	537	638	2	142,48	26,6
SSF	mg/L	216	276	335	2	84,15	30,5

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

TABELA A.5 – Valores obtidos na câmara 3 do reator, durante a partida, no período de 09/07 a 16/07 de 1996 (8 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 3			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,8	7,2	7,5	8	0,15	2,1
SST	mg/L	738	766	794	2	39,95	5,2
SSV	mg/L	478	490	502	2	17,32	3,5
SSF	mg/L	260	276	292	2	22,63	8,2

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

TABELA A.6 – Valores obtidos na câmara 4 do reator, durante a partida, no período de 09/07 a 16/07 de 1996 (8 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 4			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,8	7,1	7,5	8	0,12	1,7
SST	mg/L	1345	1431	1516	2	120,92	8,5
SSV	mg/L	860	912	964	2	73,54	8,1
SSF	mg/L	485	519	552	2	47,38	9,1

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

TABELA A.7 – Valores obtidos no efluente do sistema, durante a partida, no período de 09/07 a 16/07 de 1996 (8 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores de Efluente			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		7,3	7,3	7,4	2	0,09	1,3
Alcalinidade	mg/L	35	83	133	3	49,33	59,3
DQO total	mg/L	17	59	120	5	37,52	64,4
DQO filt	mg/L	1	34	55	5	22,00	60,0
DBO ₅ total	mg/L	15	24	34	2	13,64	56,0
SST	mg/L	18	20	22	2	2,83	14,4
SSV	mg/L	13	14	16	2	2,35	16,4
SSF	mg/L	5,0	5,3	5,7	2	0,47	8,9
NTK	mg/L	--	40	--	1	--	--
N-Amoniacal	mg/L	--	15	--	1	--	--
Nitrito	mg/L	--	nd	--	1	--	--
Nitrato	mg/L	--	2,1	--	1	--	--
Fósforo total	mg/L	--	15	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

TABELA A.8 – Valores obtidos no afluente do reator, durante a Fase 1 de operação, no período de 17/07 a 29/07 de 1996 (13 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores do Afluente			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		7,0	7,3	7,7	13	0,15	2,1
Temperatura ambiente do ar	°C	19,3	24,6	27,5	13	2,37	9,6
Temperatura do esgoto sanitário	°C	18,5	22,0	24,1	13	1,54	7,0
Alcalinidade	mg/L	122	167	220	6	33,50	20,0
DQO total	mg/L	181	382	665	6	170,25	44,6
DQO filt	mg/L	85	166	239	6	54,88	33,1
DBO ₅ total	mg/L	--	193	--	1	--	--
SST	mg/L	55	169	321	3	136,87	81,0
SSV	mg/L	54	151	283	3	118,30	78,2
SSF	mg/L	1	18	38	3	18,64	106,0
NTK	mg/L	41	49	57	2	11,08	22,8
N-amoniacoal	mg/L	27	35	43	2	11,64	33,3
Nitrito	mg/L	nd	nd	nd	2	--	--
Nitrato	mg/L	2,1	3,0	4,0	2	1,30	42,8
Fósforo total	mg/L	20	23	25	2	3,68	16,3

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado



TABELA A.9 – Valores obtidos na câmara 1 do reator, durante a Fase 1 de operação, no período de 17/07 a 29/07 de 1996 (13 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 1			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		7,0	7,4	8,1	13	0,18	2,5
SST	mg/L	156	415	763	3	313,00	75,5
SSV	mg/L	130	327	573	3	225,31	69,0
SSF	mg/L	26	88	190	3	89,13	101,5

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

TABELA A.10 – Valores obtidos na câmara 2 do reator, durante a Fase 1 de operação, no período de 17/07 a 29/07 de 1996 (13 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 2			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,9	7,3	7,7	13	0,18	2,4
SST	mg/L	68	133	190	3	61,73	46,4
SSV	mg/L	63	123	178	3	57,69	47,0
SSF	mg/L	5	11	14	3	4,82	45,9

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

TABELA A.11 – Valores obtidos na câmara 3 do reator, durante a Fase 1 de operação, no período de 17/07 a 29/07 de 1996 (13 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 3			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,6	7,2	7,7	13	0,24	3,3
SST	mg/L	198	265	345	3	74,31	28,0
SSV	mg/L	162	220	293	3	66,50	30,3
SSF	mg/L	36	45	53	3	8,46	18,7

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

TABELA A.12 – Valores obtidos na câmara 4 do reator, durante a Fase 1 de operação, no período de 17/07 a 29/07 de 1996 (13 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 4			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,5	7,0	7,4	13	0,18	2,6
SST	mg/L	118	177	253	3	68,81	38,9
SSV	mg/L	104	150	215	3	58,05	38,8
SSF	mg/L	14	27	38	3	12,00	44,2

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

TABELA A.13 – Valores obtidos no efluente do sistema, durante a Fase 1 de operação, no período de 17/07 a 29/07 de 1996 (13 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores de Efluente			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,6	7,1	7,5	13	0,19	2,7
Alcalinidade	mg/L	41	117	203	6	57,58	49,2
DQO total	mg/L	31	42	56	5	9,83	23,4
DQO filt	mg/L	27	37	48	5	8,01	21,4
DBO ₅ total	mg/L	--	7	--	1	--	--
SST	mg/L	14	19	25	3	5,35	28,6
SSV	mg/L	14	17	21	3	3,33	19,8
SSF	mg/L	nd	1,8	4,0	3	106,00	110,4
NTK	mg/L	22	24	25	2	2,22	9,4
N-amoniacal	mg/L	16	16	16	2	0,00	0,00
Nitrito	mg/L	nd	2,9	5,8	2	4,06	139,5
Nitrato	mg/L	4,6	15,0	25,3	2	14,64	97,8
Fósforo total	mg/L	22	23	23	2	1,00	4,4

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.14 – Valores obtidos no afluente do reator, durante a Fase 2 de operação, no período de 30/07 a 11/08 de 1996 (13 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores do Afluente			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,8	7,3	7,6	13	0,14	1,9
Temperatura ambiente do ar	°C	24,8	26,1	27,5	13	0,90	3,5
Temperatura do esgoto sanitário	°C	19,4	22,6	25,8	13	2,08	9,2
Alcalinidade	mg/L	157	176	203	5	19,92	11,3
DQO total	mg/L	300	571	762	5	177,77	31,1
DQO filt	mg/L	145	182	230	5	32,76	18,0
DBO ₅ total	mg/L	129	240	352	2	157,38	65,5
ST	mg/L	--	342	--	1	--	--
STV	mg/L	--	342	--	1	--	--
STF	mg/L	--	nd	--	1	--	--
SST	mg/L	246	303	347	3	51,87	17,1
SSV	mg/L	225	269	306	3	40,95	15,2
SSF	mg/L	21	34	41	3	11,55	33,6
NTK	mg/L	41	50	60	2	13,31	26,5
N-amoniacal	mg/L	28	35	42	2	9,98	28,3
Nitrito	mg/L	nd	nd	nd	2	--	--
Nitrato	mg/L	1,8	2,1	2,3	2	0,35	16,8
Fósforo total	mg/L	17	18	20	2	1,83	10,0

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.15 – Valores obtidos na câmara 1 do reator, durante a Fase 2 de operação, no período de 30/07 a 11/08 de 1996 (13 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 1			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		7,0	7,2	7,5	13	0,16	2,2
DQO total	mg/L	--	283	--	1	--	--
DQO filt	mg/L	--	117	--	1	--	--
SST	mg/L	118	460	658	3	297,05	64,7
SSV	mg/L	114	402	566	3	249,97	62,2
SSF	mg/L	4	58	92	3	47,18	81,6
SSed	mL/L	--	44	--	1	--	--
IVL	mL/g	--	67	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

TABELA A.16 – Valores obtidos na câmara 2 do reator, durante a Fase 2 de operação, no período de 30/07 a 11/08 de 1996 (13 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 2			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		7,0	7,2	7,6	13	0,15	2,1
DQO total	mg/L	--	131	--	1	--	--
DQO filt	mg/L	--	66	--	1	--	--
SST	mg/L	44	337	576	3	269,98	80,2
SSV	mg/L	44	291	482	3	224,37	77,1
SSF	mg/L	nd	45	94	3	47,07	103,5
SSed	mL/L	--	32	--	1	--	--
IVL	mL/g	--	56	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.17 – Valores obtidos na câmara 3 do reator, durante a Fase 2 de operação, no período de 30/07 a 11/08 de 1996 (13 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 3			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,9	7,2	7,6	13	0,15	2,1
DQO total	mg/L	--	80	--	1	--	--
DQO filt	mg/L	--	59	--	1	--	--
SST	mg/L	22	624	1744	3	971,12	155,7
SSV	mg/L	20	522	1440	3	796,43	152,7
SSF	mg/L	nd	102	304	3	174,94	171,5
SSed	mL/L	--	148	--	1	--	--
IVL	mL/g	--	85	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.18 – Valores obtidos na câmara 4 do reator, durante a Fase 2 de operação, no período de 30/07 a 11/08 de 1996 (13 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 4			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,8	7,1	7,5	13	0,18	2,5
DQO total	mg/L	--	68	--	1	--	--
DQO filt	mg/L	--	58	--	1	--	--
SST	mg/L	10	444	1252	3	700,39	157,8
SSV	mg/L	10	375	1046	3	581,59	155,0
SSF	mg/L	nd	69	206	3	118,93	173,2
SSed	mL/L	--	184	--	1	--	--
IVL	mL/g	--	147	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.19 – Valores obtidos no efluente do sistema, durante a Fase 2 de operação, no período de 30/07 a 11/08 de 1996 (13 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores de Efluente			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		7,0	7,3	7,7	13	0,18	2,4
Alcalinidade	mg/L	151	181	215	5	25,74	14,2
DQO total	mg/L	51	73	125	5	29,79	40,9
DQO filt	mg/L	48	64	102	5	21,88	34,1
DBO ₅ total	mg/L	--	55	--	1	--	--
ST	mg/L	--	90	--	1	--	--
STV	mg/L	--	44	--	1	--	--
STF	mg/L	--	46	--	1	--	--
SST	mg/L	4	11	20	3	7,78	68,7
SSV	mg/L	4	11	20	3	7,78	68,7
SSF	mg/L	nd	nd	nd	3	--	--
NTK	mg/L	53	55	56	2	2,21	4,0
N-amoniaco	mg/L	31	33	35	2	2,21	6,7
Nitrito	mg/L	0,1	0,5	0,8	2	0,50	109,1
Nitrato	mg/L	1,7	2,4	3,1	2	0,97	40,4
Fósforo total	mg/L	17	18	20	2	2,11	11,7

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.20 – Valores obtidos no afluente do sistema, durante a Fase 3 de operação, no período de 12/08 a 15/09 de 1996 (35 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores do Afluente			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,7	7,3	8,0	35	0,22	3,1
Temperatura ambiente do ar	°C	22,5	26,0	29,3	35	1,58	6,1
Temperatura do esgoto sanitário	°C	18,1	23,2	27,8	34	2,21	9,5
Alcalinidade	mg/L	110	159	203	15	24,21	15,2
DQO total	mg/L	116	442	711	16	116,93	25,3
DQO filt	mg/L	65	277	505	15	77,15	26,2
DBO ₅ total	mg/L	115	296	424	5	127,97	43,2
ST	mg/L	266	519	755	5	207,37	40,0
STV	mg/L	49	341	578	5	214,60	62,9
STF	mg/L	127	178	217	5	33,86	19,1
SST	mg/L	128	291	549	10	146,79	50,4
SSV	mg/L	112	253	474	10	128,17	50,6
SSF	mg/L	13	38	75	10	19,71	52,4
NTK	mg/L	63	69	78	5	7,22	10,5
N-amoniacal	mg/L	28	36	45	5	6,88	19,0
Nitrito	mg/L	nd	nd	nd	5	--	--
Nitrato	mg/L	1,8	2,6	4,2	5	1,03	39,3
Fósforo total	mg/L	19	24	28	5	3,38	14,3

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.21 – Valores obtidos na câmara 1 do reator, durante a Fase 3 de operação, no período de 12/08 a 15/09 de 1996 (35 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 1			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,9	7,3	7,8	35	0,16	2,2
Alcalinidade	mg/L	173	183	190	3	9,24	5,1
DQO total	mg/L	649	715	781	2	93,44	13,1
DQO filt	mg/L	152	168	185	2	23,57	14,0
SST	mg/L	438	816	1308	10	317,57	38,9
SSV	mg/L	380	694	1105	10	254,55	36,7
SSF	mg/L	48	122	238	10	65,79	53,8
SSed	mL/L	30	65	188	10	46,70	71,8
IVL	mL/g	39	78	144	10	30,02	38,5
NTK	mg/L	--	76,6	--	1	--	--
N-amoniacal	mg/L	--	34,4	--	1	--	--
Nitrito	mg/L	--	nd	--	1	--	--
Nitrato	mg/L	--	2,6	--	1	--	--
Fósforo total	mg/L	--	22	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.22 – Valores obtidos na câmara 2 do reator, durante a Fase 3 de operação, no período de 12/08 a 15/09 de 1996 (35 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 2			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,9	7,3	7,8	35	0,19	2,7
Alcalinidade	mg/L	179	188	193	3	7,23	3,9
DQO total	mg/L	755	880	1004	2	175,94	20,0
DQO filt	mg/L	186	199	211	2	17,68	4,5
SST	mg/L	435	1098	1813	10	549,06	50,0
SSV	mg/L	370	943	1552	10	460,57	48,8
SSF	mg/L	43	158	260	10	87,67	55,8
SSed	mL/L	24	96	176	10	47,76	50,
IVL	mL/g	46	90	124	10	25,71	28,5
NTK	mg/L	--	73	--	1	--	--
N-amoniacoal	mg/L	--	34	--	1	--	--
Nitrito	mg/L	--	nd	--	1	--	--
Nitrato	mg/L	--	2,4	--	1	--	--
Fósforo total	mg/L	--	38	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.23 – Valores obtidos na câmara 3 do reator, durante a Fase 3 de operação, no período de 12/08 a 15/09 de 1996 (35 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 3			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		7,0	7,3	7,7	35	0,17	2,3
Alcalinidade	mg/L	154	178	193	3	21,01	11,8
DQO total	mg/L	752	822	892	2	99,33	12,1
DQO filt	mg/L	172	173	173	2	0,85	0,5
SST	mg/L	785	1241	1955	10	341,44	27,5
SSV	mg/L	675	1031	1405	10	229,83	22,3
SSF	mg/L	110	209	550	10	128,45	61,4
SSed	mL/L	36	135	280	10	69,05	51,2
IVL	mL/g	30	113	236	10	58,56	51,8
NTK	mg/L	--	80	--	1	--	--
N-amoniacoal	mg/L	--	35	--	1	--	--
Nitrito	mg/L	--	nd	--	1	--	--
Nitrato	mg/L	--	2,7	--	1	--	--
Fósforo total	mg/L	--	32	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.24 – Valores obtidos na câmara 4 do reator, durante a Fase 3 de operação, no período de 12/08 a 15/09 de 1996 (35 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 4			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,9	7,3	7,7	35	0,17	2,4
Alcalinidade	mg/L	186	193	200	3	6,90	3,6
DQO total	mg/L	595	793	991	2	280,32	35,3
DQO filt	mg/L	131	156	180	2	34,51	22,2
SST	mg/L	405	860	1255	10	251,98	29,3
SSV	mg/L	368	729	1038	10	199,58	27,4
SSF	mg/L	38	131	218	10	53,18	40,6
SSed	mL/L	56	102	160	10	31,34	30,6
IVL	mL/g	66	123	148	10	27,20	22,2
NTK	mg/L	--	84	--	1	--	--
N-amoniacal	mg/L	--	36	--	1	--	--
Nitrito	mg/L	--	nd	--	1	--	--
Nitrato	mg/L	--	2,3	--	1	--	--
Fósforo total	mg/L	--	31	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.25 – Valores obtidos no efluente do reator, durante a Fase 3 de operação, no período de 12/08 a 15/09 de 1996 (35 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores de Efluente			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,9	7,4	8,0	35	0,20	2,7
Alcalinidade	mg/L	110	175	319	15	49,36	28,3
DQO total	mg/L	25	77	193	14	45,73	60,6
DQO filt	mg/L	25	69	155	14	33,07	42,9
DBO ₅ total	mg/L	4,7	31	55	5	18,41	60,0
ST	mg/L	87	206	277	5	74,95	36,5
STV	mg/L	nd	62	133	5	47,94	77,8
STF	mg/L	87	144	207	5	45,79	31,8
SST	mg/L	nd	8	38	10	11,14	131,9
SSV	mg/L	nd	8	34	10	9,88	127,5
SSF	mg/L	nd	0,7	4,0	10	1,34	191,1
NTK	mg/L	13	42	56	5	17,41	41,3
N-amoniacal	mg/L	27	35	45	5	6,78	19,4
Nitrito	mg/L	0,1	1,2	3,6	5	1,43	117,4
Nitrato	mg/L	2,2	4,3	7,6	5	2,44	56,7
Fósforo total	mg/L	14	21	34	5	7,83	37,2

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.26 – Valores obtidos no afluente do reator, durante a Fase 4 de operação, no período de 16/09 a 03/11 de 1996 (49 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores do Afluente			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,6	7,2	7,8	49	0,20	2,8
Temperatura ambiente do ar	°C	23,0	27,1	31,0	49	1,55	5,7
Temperatura do esgoto sanitário	°C	21,3	24,9	28,1	49	1,35	5,4
Alcalinidade	mg/L	62	139	184	20	30,15	21,8
DQO total	mg/L	70	327	877	23	243,42	66,8
DQO filt	mg/L	60	220	407	16	108,77	48,7
DBO ₅ total	mg/L	21	201	414	6	147,20	73,1
DBO ₅ filt	mg/L	12	20	27	2	10,50	53,8
ST	mg/L	142	367	610	8	204,79	55,8
STV	mg/L	2	216	430	8	166,05	76,9
STF	mg/L	75	151	210	8	47,61	31,5
SST	mg/L	7	136	379	14	139,79	102,5
SSV	mg/L	5	118	328	14	121,70	103,5
SSF	mg/L	nd	19	51	14	18,54	99,1
NTK	mg/L	40	53	69	7	10,57	19,7
N-amoniacal	mg/L	20	28	33	7	4,92	17,8
Nitrito	mg/L	nd	nd	0,1	7	0,03	257,3
Nitrato	mg/L	1,8	2,6	5,3	7	1,19	46,1
Fósforo total	mg/L	15	19	26	7	3,17	16,7

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.27 – Valores obtidos na câmara 1 do reator, durante a Fase 4 de operação, no período de 16/09 a 03/11 de 1996 (49 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 1			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,8	7,2	8,0	49	0,17	2,4
Alcalinidade	mg/L	108	146	189	5	28,86	19,8
DQO total	mg/L	648	899	1050	4	189,61	21,1
DQO filt	mg/L	83	119	192	4	49,87	42,0
ST	mg/L	616	656	696	2	56,57	8,6
STV	mg/L	476	482	488	2	8,49	1,8
STF	mg/L	140	174	208	2	48,08	27,6
SST	mg/L	260	696	1393	14	302,02	43,4
SSV	mg/L	225	588	1155	14	246,93	42,0
SSF	mg/L	35	108	238	14	58,49	54,2
SSed	mL/L	12	48	92	14	22,47	47,2
IVL	mL/g	44	69	112	14	19,12	27,8
NTK	mg/L	45	47	50	2	3,10	6,6
N-amoniacal	mg/L	31	31	31	2	0,45	1,4
Nitrito	mg/L	nd	nd	nd	2	--	--
Nitrato	mg/L	1,6	1,8	1,9	2	0,21	11,5
Fósforo total	mg/L	17	19	20	2	2,11	11,2

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.28 – Valores obtidos na câmara 2 do reator, durante a Fase 4 de operação, no período de 16/09 a 03/11 de 1996 (49 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 2			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,8	7,2	7,9	49	0,18	2,4
Alcalinidade	mg/L	99	143	184	5	30,85	21,6
DQO total	mg/L	756	908	1122	4	165,01	18,2
DQO filt	mg/L	48	120	231	4	78,26	65,2
ST	mg/L	580	672	764	2	130,11	19,4
STV	mg/L	416	588	760	2	243,24	41,4
STF	mg/L	4	84	164	2	113,14	134,7
SST	mg/L	320	985	1738	14	459,43	46,7
SSV	mg/L	265	828	1513	14	392,15	47,4
SSF	mg/L	55	157	255	14	69,97	44,7
SSed	mL/L	19	71	180	14	46,41	65,8
IVL	mL/g	40	70	163	14	32,08	45,7
NTK	mg/L	44	52	58	2	10,20	19,9
N-amoniacal	mg/L	30	32	35	2	3,22	9,9
Nitrito	mg/L	nd	nd	nd	2	--	--
Nitrato	mg/L	1,4	1,8	2,2	2	0,59	32,6
Fósforo total	mg/L	18	25	32	2	9,71	38,8

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.29 – Valores obtidos na câmara 3 do reator, durante a Fase 4 de operação, no período de 16/09 a 03/11 de 1996 (49 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 3			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,7	7,2	7,8	49	0,18	2,6
Alcalinidade	mg/L	99	140	180	5	30,02	21,4
DQO total	mg/L	685	859	1018	4	136,39	15,9
DQO filt	mg/L	24	87	172	4	62,02	71,3
ST	mg/L	560	668	776	2	152,74	22,9
STV	mg/L	384	494	604	2	155,56	31,5
STF	mg/L	172	174	176	2	2,83	1,6
SST	mg/L	315	896	1823	14	498,98	55,7
SSV	mg/L	275	746	1515	14	408,12	54,7
SSF	mg/L	35	151	310	14	95,00	63,1
SSed	mL/L	18	60	116	14	34,78	58,0
IVL	mL/g	31	71	154	14	31,36	44,4
NTK	mg/L	44	50	56	2	8,87	17,7
N-amoniacal	mg/L	30	32	34	2	2,55	7,9
Nitrito	mg/L	nd	nd	0,1	2	0,03	56,6
Nitrato	mg/L	1,2	1,8	2,4	2	0,84	47,0
Fósforo total	mg/L	19	24	29	2	2,71	29,6

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.30 – Valores obtidos na câmara 4 do reator, durante a Fase 4 de operação, no período de 16/09 a 03/11 de 1996 (49 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 4			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,6	7,1	7,7	49	0,19	2,6
Alcalinidade	mg/L	99	139	175	5	29,61	21,3
DQO total	mg/L	558	777	991	4	178,94	23,0
DQO filt	mg/L	29	79	126	4	40,54	51,0
ST	mg/L	500	854	1208	2	500,63	58,6
STV	mg/L	336	674	1012	2	478,00	70,9
STF	mg/L	164	180	196	2	22,63	12,6
SST	mg/L	412	978	1638	14	479,58	49,0
SSV	mg/L	335	815	1355	14	401,14	49,2
SSF	mg/L	68	163	283	14	79,54	48,8
SSed	mL/L	26	85	232	14	57,32	67,8
IVL	mL/g	54	86	182	14	41,56	48,5
NTK	mg/L	40	45	49	2	6,21	13,9
N-amoniacal	mg/L	30,0	32	34	2	2,77	8,7
Nitrito	mg/L	nd	0,1	0,1	2	0,06	90,9
Nitrato	mg/L	1,3	1,8	2,3	2	0,70	39,6
Fósforo total	mg/L	17	22	26	2	6,07	27,5

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.31 – Valores obtidos no efluente do sistema, durante a Fase 4 de operação, no período de 16/09 a 03/11 de 1996 (49 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores de Efluente			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,9	7,4	7,8	49	0,20	2,7
Alcalinidade	mg/L	63	134	180	20	29,88	22,2
DQO total	mg/L	25	56	114	16	27,59	52,6
DQO filt	mg/L	15	43	100	19	22,43	46,9
DBO ₅ total	mg/L	2	12	30	6	11,13	89,7
DBO ₅ filt	mg/L	3	4	5	2	1,47	41,6
ST	mg/L	129	176	258	8	43,37	24,6
STV	mg/L	nd	57	121	8	42,55	74,8
STF	mg/L	78	120	170	8	30,20	25,3
SST	mg/L	2	7	17	14	5,55	77,7
SSV	mg/L	2	7	17	14	5,07	74,7
SSF	mg/L	nd	0,4	2	14	0,63	175,9
NTK	mg/L	7	39	63	7	14,34	45,0
N-amoniacal	mg/L	14	25	34	7	8,23	33,0
Nitrito	mg/L	0,3	0,6	1,4	7	0,41	63,6
Nitrato	mg/L	1,5	2,5	3,6	7	0,74	30,2
Fósforo total	mg/L	8	16	25	7	6,15	37,9

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.32 – Valores obtidos no afluente do reator, durante a Fase 5 de operação, no período de 04/11 a 16/12 de 1996 (43 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores do Afluente			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		6,0	7,0	7,5	43	0,20	2,9
Temperatura ambiente do ar	°C	24,5	27,0	30,0	43	1,26	4,7
Temperatura do esgoto sanitário	°C	21,0	24,9	27,1	43	1,54	5,9
Alcalinidade	mg/L	85	166	220	15	38,13	23,0
DQO total	mg/L	93	302	796	16	177,63	56,5
DQO filt	mg/L	80	140	293	14	55,90	40,5
DBO ₅ total	mg/L	15	176	503	6	172,26	97,7
DBO ₅ filt	mg/L	11	54	77	4	29,69	55,0
ST	mg/L	174	311	512	5	125,63	40,3
STV	mg/L	62	152	280	5	79,62	52,5
STF	mg/L	112	160	232	5	46,93	29,4
SST	mg/L	10	80	171	11	47,16	58,7
SSV	mg/L	7	70	141	11	39,49	56,2
SSF	mg/L	1	10	30	11	8,17	81,3
NTK	mg/L	40	53	63	5	9,72	18,3
N-amoniacal	mg/L	23	34	42	5	8,20	24,5
Nitrito	mg/L	nd	nd	nd	5	--	--
Nitrato	mg/L	2,0	2,4	2,7	5	0,28	11,9
Fósforo total	mg/L	15	22	26	5	4,20	19,3

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.33 – Valores obtidos na câmara 1 do reator, durante a Fase 5 de operação, no período de 04/11 a 16/12 de 1996 (43 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 1			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		5,9	7,2	7,5	43	0,19	7,5
Alcalinidade	mg/L	202	208	220	3	10,37	5,0
DQO total	mg/L	1007	1016	1026	2	13,65	1,3
DQO filt	mg/L	86	96	106	2	14,35	15,0
ST	mg/L	--	1516	--	1	--	--
STV	mg/L	--	1128	--	1	--	--
STF	mg/L	--	388	--	1	--	--
SST	mg/L	404	811	1416	11	347,42	42,8
SSV	mg/L	334	698	1204	11	294,85	42,2
SSF	mg/L	36	113	212	11	54,22	48,1
SSed	mL/L	22	54	120	11	32,62	60,2
IVL	mL/g	48	64	141	11	26,72	41,7
NTK	mg/L	--	105	--	1	--	--
N-amoniacal	mg/L	--	42	--	1	--	--
Nitrito	mg/L	--	nd	--	1	--	--
Nitrato	mg/L	--	1,7	--	1	--	--
Fósforo total	mg/L	--	17	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.34 – Valores obtidos na câmara 2 do reator, durante a Fase 5 de operação, no período de 04/11 a 16/12 de 1996 (43 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 2			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		5,9	7,2	7,6	43	0,19	2,6
Alcalinidade	mg/L	202	213	220	3	9,35	4,4
DQO total	mg/L	999	1028	1057	2	40,95	4,0
DQO filt	mg/L	80	87	93	2	9,47	10,9
ST	mg/L	--	1440	--	1	--	--
STV	mg/L	--	1012	--	1	--	--
STF	mg/L	--	428	--	1	--	--
SST	mg/L	272	813	1878	11	461,96	56,8
SSV	mg/L	254	699	1586	11	387,52	55,5
SSF	mg/L	18	114	292	11	75,99	66,5
SSed	mL/L	12	57	132	11	40,67	71,5
IVL	mL/g	39	66	109	11	20,28	30,6
NTK	mg/L	--	105	--	1	--	--
N-amoniaco	mg/L	--	42	--	1	--	--
Nitrito	mg/L	--	nd	--	1	--	--
Nitrato	mg/L	--	1,7	--	1	--	--
Fósforo total	mg/L	--	24	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.35 – Valores obtidos na câmara 3 do reator, durante a Fase 5 de operação, no período de 04/11 a 16/12 de 1996 (43 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 3			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		5,9	7,2	7,6	43	0,21	2,9
Alcalinidade	mg/L	207	213	220	3	6,86	3,2
DQO total	mg/L	1055	1058	1062	2	5,12	0,5
DQO filt	mg/L	72	94	116	2	31,28	33,3
ST	mg/L	--	1592	--	1	--	--
STV	mg/L	--	1120	--	1	--	--
STF	mg/L	--	472	--	1	--	--
SST	mg/L	290	698	1278	11	366,60	52,6
SSV	mg/L	260	593	1073	11	297,67	50,2
SSF	mg/L	30	105	220	11	70,27	66,9
SSed	mL/L	14	45	100	11	28,19	62,5
IVL	mL/g	34	65	117	11	34,07	37,3
NTK	mg/L	--	65	--	1	--	--
N-amoniaco	mg/L	--	42	--	1	--	--
Nitrito	mg/L	--	nd	--	1	--	--
Nitrato	mg/L	--	1,5	--	1	--	--
Fósforo total	mg/L	--	24	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.36 – Valores obtidos na câmara 4 do reator, durante a Fase 5 de operação, no período de 04/11 a 16/12 de 1996 (43 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores da Câmara 4			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		5,7	7,1	7,5	43	0,21	2,9
Alcalinidade	mg/L	211	214	216	3	2,95	1,2
DQO total	mg/L	1069	1073	1077	2	5,12	0,5
DQO filt	mg/L	60	84	109	2	34,58	40,9
ST	mg/L	--	1820	--	1	--	--
STV	mg/L	--	1320	--	1	--	--
STF	mg/L	--	500	--	1	--	--
SST	mg/L	584	1331	2575	11	607,29	45,6
SSV	mg/L	492	1116	2145	11	499,13	44,8
SSF	mg/L	92	215	430	11	109,41	50,8
SSed	mL/L	13	82	200	11	47,64	58,2
IVL	mL/g	39	61	102	11	16,80	27,4
NTK	mg/L	--	56	--	1	--	--
N-amoniacal	mg/L	--	45	--	1	--	--
Nitrito	mg/L	--	nd	--	1	--	--
Nitrato	mg/L	--	1,5	--	1	--	--
Fósforo total	mg/L	--	24	--	1	--	--

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.37 – Valores obtidos no efluente do sistema, durante a Fase 5 de operação, no período de 04/11 a 16/12 de 1996 (43 dias de operação)

Parâmetro	Unid.	Valores de Efluente			Nº	D P	C V (%)
		Mín.	Méd.	Máx.			
pH		5,8	7,4	7,8	43	0,22	2,9
Alcalinidade	mg/L	90	180	225	15	42,76	23,7
DQO total	mg/L	30	157	452	12	132,16	84,4
DQO filt	mg/L	22	94	255	11	61,05	65,2
DBO ₅ total	mg/L	6	27	43	4	15,43	57,9
DBO ₅ filt	mg/L	5	23	33	4	12,19	52,3
ST	mg/L	116	187	257	5	68,88	36,8
STV	mg/L	10	54	93	5	36,02	66,2
STF	mg/L	93	133	174	5	35,06	26,4
SST	mg/L	1	23	105	11	34,69	153,6
SSV	mg/L	1	22	100	11	33,11	154,0
SSF	mg/L	nd	1	5	11	1,87	171,4
NTK	mg/L	36	49	63	5	10,50	21,6
N-amoniacal	mg/L	23	27	45	5	4,58	28,6
Nitrito	mg/L	nd	0,1	0,2	5	0,09	128,0
Nitrato	mg/L	1,2	1,7	2,0	5	0,29	17,7
Fósforo total	mg/L	15	20	23	5	3,33	16,6

Nº: Número de amostras

D P: Desvio-padrão

C V: Coeficiente de variação

nd: Não detectado

TABELA A.38 – Valores de temperatura, dos sólidos suspensos voláteis e da taxa de utilização de oxigênio para amostras do “mixed liquor” das quatro câmaras do reator aeróbio compartimentado

Câmara	T (°C)	SSV (mg/L)	R (mgO ₂ /Ldia)
Câmara 1	24,7	930	540
Câmara 2	25,4	1130	558
Câmara 3	26,0	513	276
Câmara 4	26,6	768	368

T: Temperatura das amostras do “mixed liquor” de cada câmara do reator, °C

SSV: Concentração de sólidos suspensos voláteis das amostras do “mixed liquor” de cada câmara do reator, ML⁻¹

R: Taxa de utilização de oxigênio das amostras do “mixed liquor” de cada câmara do reator, MM⁻³T⁻¹

ANEXO B

No ANEXO B são apresentados por meio de tabelas os valores dos parâmetros analisados, o desvio-padrão e o coeficiente de variação (%).

TABELA B.1 - Dados pertinentes ao oxigênio dissolvido, de cada câmara do reator, temperatura ambiente e temperatura do esgoto sanitário, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

OD - C1: Oxigênio dissolvido, da câmara 1 do reator, ML^{-3}

OD - C2: Oxigênio dissolvido, da câmara 2 do reator, ML^{-3}

OD - C3: Oxigênio dissolvido, da câmara 3 do reator, ML^{-3}

OD - C4: Oxigênio dissolvido, da câmara 4 do reator, ML^{-3}

Tamb: Temperatura ambiente, na câmara de isolamento térmico, °C

Tesg san: Temperatura do esgoto sanitário, °C

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	OD - C1	OD - C2	OD - C3	OD - C4	Tamb	Tesg san	Fase
09/07/96	1	5,6	6,0	5,3	5,2	25,0	--	Partida
10/07/96	2	3,5	4,4	4,8	4,5	23,3	--	
11/07/96	3	3,4	4,1	4,2	2,6	21,0	--	
12/07/96	4	3,1	3,0	4,5	3,1	21,7	--	
13/07/96	5	3,0	3,9	4,5	3,9	25,5	--	
14/07/96	6	3,0	3,7	2,6	0,9	23,5	20,0	
15/07/96	7	2,6	3,7	2,4	2,5	22,0	--	
16/07/96	8	2,3	2,8	2,8	2,8	23,0	21,1	
17/07/96	9	3,6	5,0	3,2	4,0	25,0	22,4	
18/07/96	10	3,6	4,6	5,4	5,0	23,5	21,6	
19/07/96	11	3,3	3,6	4,1	5,1	24,0	21,6	
20/07/96	12	2,8	3,0	3,6	4,2	27,0	23,6	
21/07/96	13	3,5	2,8	2,6	3,0	27,5	23,9	
22/07/96	14	4,8	3,4	3,1	2,8	21,2	21,7	
23/07/96	15	5,7	3,4	4,3	3,8	19,3	19,7	
24/07/96	16	4,1	4,8	4,0	4,0	23,5	19,3	
25/07/96	17	2,6	3,4	3,5	3,3	25,0	20,4	
26/07/96	18	4,1	3,3	3,6	2,6	25,5	22,4	
27/07/96	19	4,0	2,9	3,2	3,0	27,0	23,2	
28/07/96	20	2,5	2,8	2,3	2,0	26,3	24,1	
29/07/96	21	2,9	2,8	3,4	3,8	25,5	22,6	
30/07/96	22	2,3	3,3	3,4	3,9	25,0	20,2	
31/07/96	23	3,0	3,6	3,2	2,6	25,0	19,4	
01/08/96	24	2,6	2,9	3,0	3,3	26,5	20,4	
02/08/96	25	2,2	2,5	2,0	2,5	25,5	20,7	
03/08/96	26	1,8	1,9	0,8	1,0	26,5	22,4	
04/08/96	27	2,7	3,0	3,6	4,1	25,5	22,9	
05/08/96	28	3,0	2,7	2,3	3,2	26,8	23,6	
06/08/96	29	2,0	2,3	2,0	2,6	26,0	24,6	
07/08/96	30	3,2	3,1	2,5	3,0	26,3	23,8	
08/08/96	31	3,1	3,1	2,7	3,4	27,5	25,8	
09/08/96	32	2,9	3,7	3,0	3,7	27,5	25,0	
10/08/96	33	2,9	4,1	3,3	3,5	26,5	24,4	
11/08/96	34	4,0	4,0	2,8	2,8	24,8	21,5	
12/08/96	35	3,4	2,9	3,3	3,6	25,3	22,1	
13/08/96	36	1,5	1,5	2,3	2,7	26,5	22,6	

TABELA B.1 - Dados pertinentes ao oxigênio dissolvido, de cada câmara do reator, temperatura ambiente e temperatura do esgoto sanitário, durante a operação (Continuação)

Data	Tempo	OD - C1	OD - C2	OD - C3	OD - C4	Tamb	Tesg san	Fase
14/08/96	37	3,7	2,5	2,6	3,2	27,8	25,0	3
15/08/96	38	2,1	2,0	2,8	2,6	25,3	23,0	
16/08/96	39	1,7	2,5	2,7	2,9	24,3	20,2	
17/08/96	40	3,2	2,0	2,4	2,4	26,8	20,3	
18/08/96	41	--	--	--	--	26,3	--	
19/08/96	42	2,7	2,9	2,4	2,6	26,0	21,9	
20/08/96	43	3,8	2,2	2,8	3,2	27,0	23,1	
21/08/96	44	2,2	3,3	2,9	3,0	26,3	23,2	
22/08/96	45	3,2	2,5	2,9	2,8	26,0	23,4	
23/08/96	46	2,0	2,4	3,1	3,0	27,8	24,3	
24/08/96	47	2,3	3,7	2,8	2,8	27,0	24,9	
25/08/96	48	3,5	2,0	2,6	2,4	27,8	24,6	
26/08/96	49	1,6	1,9	1,3	1,8	28,3	25,6	
27/08/96	50	2,7	2,3	0,8	2,3	28,3	26,4	
28/08/96	51	1,6	1,3	1,3	1,7	29,3	27,8	
29/08/96	52	2,3	0,5	2,3	1,2	27,3	26,1	
30/08/96	53	2,7	1,4	3,1	3,1	26,3	24,6	
31/08/96	54	2,8	3,2	3,4	3,3	27,5	24,8	
01/09/96	55	1,9	2,0	3,4	2,8	24,5	24,4	
02/09/96	56	2,6	2,2	3,4	2,7	25,0	26,8	
03/09/96	57	2,6	3,0	3,5	2,5	26,5	25,0	
04/09/96	58	1,0	3,1	3,5	3,4	23,0	23,3	
05/09/96	59	2,7	2,5	2,6	2,6	23,8	22,2	
06/09/96	60	3,2	3,5	3,7	3,3	24,5	21,6	
07/09/96	61	4,7	3,9	3,4	3,6	25,0	21,7	
08/09/96	62	2,6	2,9	2,7	2,9	26,0	22,9	
09/09/96	63	1,7	1,6	2,0	2,8	25,0	21,6	
10/09/96	64	2,0	2,0	2,2	2,5	24,3	20,2	
11/09/96	65	2,3	1,7	1,9	2,2	24,0	18,1	
12/09/96	66	2,1	1,8	1,1	1,6	22,5	19,3	
13/09/96	67	1,6	1,3	1,7	1,9	24,8	21,1	
14/09/96	68	1,9	3,3	2,7	1,6	26,5	23,0	
15/09/96	69	2,2	2,9	2,7	1,6	27,3	23,1	
16/09/96	70	3,0	2,9	3,0	1,9	26,0	24,2	
17/09/96	71	1,5	2,2	2,8	3,0	23,0	22,3	
18/09/96	72	4,7	4,1	3,8	3,5	25,0	21,3	
19/09/96	73	2,9	2,5	2,9	3,1	25,8	22,6	
20/09/96	74	1,4	1,3	1,5	1,3	26,8	23,8	
21/09/96	75	2,1	2,6	1,9	1,1	27,5	25,1	
22/09/96	76	2,3	3,0	2,5	1,8	29,0	26,1	
23/09/96	77	2,2	1,6	3,0	1,7	29,8	27,5	
24/09/96	78	2,1	1,9	2,2	1,6	28,3	27,3	
25/09/96	79	1,2	1,7	2,4	1,8	26,0	24,8	
26/09/96	80	2,5	2,9	3,1	2,4	26,5	24,8	
27/09/96	81	2,6	2,3	2,9	2,3	28,0	25,1	
28/09/96	82	2,3	2,1	2,7	1,8	27,5	25,4	
29/09/96	83	1,6	0,9	1,8	1,2	28,8	25,8	
30/09/96	84	1,1	0,7	1,9	1,8	27,3	25,8	

3

4

TABELA B.1 - Dados pertinentes ao oxigênio dissolvido, de cada câmara do reator, temperatura ambiente e temperatura do esgoto sanitário, durante a operação (Continuação)

Data	Tempo	OD - C1	OD - C2	OD - C3	OD - C4	Tamb	Tesg san	Fase
01/10/96	85	2,5	3,2	2,9	2,8	25,3	24,5	4
02/10/96	86	2,7	3,3	2,3	2,8	27,3	24,3	
03/10/96	87	2,2	3,3	2,8	3,0	26,0	24,5	
04/10/96	88	3,3	3,7	3,3	3,1	26,3	24,2	
05/10/96	89	2,3	2,8	2,5	2,9	29,0	25,4	
06/10/96	90	2,0	2,0	1,8	2,3	30,0	26,7	
07/10/96	91	1,2	1,3	2,3	2,4	27,0	25,7	
08/10/96	92	2,8	2,2	3,2	2,8	25,8	23,7	
09/10/96	93	2,6	3,2	3,7	3,0	26,3	23,7	
10/10/96	94	3,5	3,0	2,9	2,7	27,8	25,0	
11/10/96	95	3,7	3,3	3,0	3,0	27,3	25,2	
12/10/96	96	3,1	3,5	3,0	3,1	29,8	26,7	
13/10/96	97	3,2	2,8	3,0	2,0	27,5	25,5	
14/10/96	98	2,0	2,6	2,8	2,6	26,0	24,5	
15/10/96	99	1,8	2,2	3,0	3,0	25,0	22,6	
16/10/96	100	2,2	2,3	2,2	2,4	25,5	22,1	
17/10/96	101	3,4	2,3	1,9	2,3	27,5	24,6	
18/10/96	102	3,1	2,5	2,5	2,0	27,3	25,4	
19/10/96	103	2,2	1,8	1,4	1,7	29,3	26,3	
20/10/96	104	2,6	2,4	2,2	2,4	28,5	26,2	
21/10/96	105	3,3	2,4	2,3	2,5	26,0	24,7	
22/10/96	106	2,0	1,8	2,2	2,1	26,8	24,7	
23/10/96	107	1,8	1,8	1,5	1,6	28,8	26,0	
24/10/96	108	1,9	2,4	2,7	2,0	26,0	25,3	
25/10/96	109	3,3	2,8	2,7	2,4	26,0	24,5	
26/10/96	110	1,9	1,9	1,9	2,2	27,3	24,4	
27/10/96	111	2,3	2,5	2,3	1,9	29,5	26,3	
28/10/96	112	2,4	2,8	2,8	2,6	25,8	24,1	
29/10/96	113	2,5	3,0	3,0	2,5	27,3	24,4	
30/10/96	114	1,3	1,6	2,2	2,7	26,0	24,4	
31/10/96	115	1,5	1,2	1,1	1,6	31,0	28,1	
01/11/96	116	2,9	1,4	2,9	1,8	26,0	25,4	
02/11/96	117	2,2	2,7	3,1	2,4	27,0	24,3	
03/11/96	118	3,4	3,2	3,8	2,8	27,3	25,2	
04/11/96	119	2,8	2,9	2,4	2,9	26,5	24,2	
05/11/96	120	3,1	2,9	2,4	2,6	26,3	23,7	
06/11/96	121	2,0	2,1	1,6	1,7	26,0	24,4	
07/11/96	122	2,0	1,8	1,5	1,6	27,5	25,2	
08/11/96	123	1,7	1,6	1,8	2,1	28,0	26,5	
09/11/96	124	1,4	1,3	1,3	1,1	29,5	26,7	
10/11/96	125	2,1	2,1	2,2	2,5	30,0	27,0	
11/11/96	126	1,4	1,7	3,0	1,8	28,5	27,1	
12/11/96	127	1,8	1,7	1,7	1,9	29,5	26,9	
13/11/96	128	1,8	1,5	1,4	1,1	27,8	26,8	
14/11/96	129	1,7	1,6	1,8	1,3	28,5	26,5	
15/11/96	130	3,8	2,9	3,3	2,9	28,5	26,5	
16/11/96	131	2,2	2,5	2,5	2,5	28,0	25,9	
17/11/96	132	3,2	3,9	3,2	3,2	28,0	25,8	

TABELA B.1 - Dados pertinentes ao oxigênio dissolvido, de cada câmara do reator, temperatura ambiente e temperatura do esgoto sanitário, durante a operação (Continuação)

Data	Tempo	OD - C1	OD - C2	OD - C3	OD - C4	Tamb	Tesg san	Fase	
18/11/96	133	3,5	2,7	3,1	2,8	27,0	25,7	5	
19/11/96	134	2,3	2,2	1,8	1,3	26,0	24,9		
20/11/96	135	1,2	0,8	1,1	0,9	24,5	23,6		
21/11/96	136	1,1	1,1	0,8	1,5	25,5	21,7		
22/11/96	137	3,4	3,8	3,6	3,3	25,3	21,0		
23/11/96	138	1,5	2,0	1,6	1,8	25,5	21,8		
24/11/96	139	3,9	2,9	3,3	3,3	26,0	24,0		
25/11/96	140	1,9	2,7	3,5	3,7	26,5	24,9		
26/11/96	141	2,5	2,4	2,8	3,2	26,0	24,0		
27/11/96	142	2,9	2,6	3,1	3,4	25,8	23,7		
28/11/96	143	1,6	1,7	2,3	2,6	26,0	24,3		
29/11/96	144	1,5	1,8	1,4	1,7	26,0	24,2		
30/11/96	145	2,6	3,1	2,7	1,9	25,8	23,4		
01/12/96	146	3,6	2,6	3,6	2,2	26,8	23,7		
02/12/96	147	2,0	2,3	2,7	3,3	26,0	23,0		
03/12/96	148	2,1	1,5	1,5	1,9	26,5	23,8		
04/12/96	149	2,2	1,9	2,2	2,5	25,5	23,8		
05/12/96	150	2,4	2,7	2,6	2,8	26,0	24,6		
06/12/96	151	1,6	1,6	1,3	1,9	27,3	24,7		
07/12/96	152	2,1	2,6	3,2	2,8	27,0	25,0		
08/12/96	153	3,5	3,5	4,2	3,7	26,8	25,1		
09/12/96	154	2,2	2,4	3,5	3,9	27,5	25,4		
10/12/96	155	1,4	1,0	1,5	3,0	29,0	25,9		
11/12/96	156	1,3	2,3	2,6	2,3	27,3	26,0		
12/12/96	157	2,0	1,9	1,3	1,2	26,8	25,4		
13/12/96	158	2,7	2,7	2,6	1,9	26,3	25,4		
14/12/96	159	2,7	3,8	3,9	2,8	27,3	26,0		
15/12/96	160	3,5	2,6	3,9	3,5	27,0	25,3		
16/12/96	161	4,6	3,6	4,6	4,0	28,0	26,3		
	D P	0,87	0,89	0,87	0,84	1,83	2,00		
	C V	15,67%	34,34%	32,35%	32,00%	6,96%	8,32%		

TABELA B.2 - Dados pertinentes ao potencial hidrogeniônico, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

pH - Af: Potencial hidrogeniônico, do afluente do reator

pH - C1: Potencial hidrogeniônico, da câmara 1 do reator

pH - C2: Potencial hidrogeniônico, da câmara 2 do reator

pH - C3: Potencial hidrogeniônico, da câmara 3 do reator

pH - C4: Potencial hidrogeniônico, da câmara 4 do reator

pH - Ef: Potencial hidrogeniônico, do efluente do reator

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	pH - Af	pH - C1	pH - C2	pH - C3	pH - C4	pH - Ef	Fase
09/07/96	1	7,3	7,5	7,3	6,9	7,0	--	Partida
10/07/96	2	7,3	7,3	7,2	7,3	7,1	--	
11/07/96	3	7,4	7,4	7,3	7,4	7,2	--	
12/07/96	4	7,1	7,2	7,2	7,3	7,1	--	
13/07/96	5	7,2	7,2	7,2	7,3	7,3	--	
14/07/96	6	7,3	7,2	7,3	7,2	7,1	7,3	
15/07/96	7	7,5	7,4	7,4	7,2	7,0	--	
16/07/96	8	7,3	7,3	7,4	7,4	7,3	7,4	
17/07/96	9	7,3	7,5	7,5	7,3	7,2	7,4	
18/07/96	10	7,5	7,4	7,5	7,5	7,1	7,1	
19/07/96	11	7,3	7,4	7,1	7,1	6,7	6,9	
20/07/96	12	7,4	7,5	7,3	7,2	6,9	6,9	
21/07/96	13	7,7	7,6	7,5	7,4	7,2	7,3	
22/07/96	14	7,1	7,3	7,1	7,0	6,9	7,2	
23/07/96	15	7,3	7,0	6,9	6,6	7,0	7,3	
24/07/96	16	7,2	7,2	7,1	6,9	6,7	6,8	
25/07/96	17	7,2	7,2	7,2	7,1	7,0	7,3	
26/07/96	18	7,3	7,3	7,3	7,2	7,1	7,2	
27/07/96	19	7,4	7,7	7,4	7,4	7,2	7,1	
28/07/96	20	7,5	7,4	7,4	7,2	6,8	7,1	
29/07/96	21	7,3	7,4	7,3	7,2	7,2	7,4	
30/07/96	22	7,2	7,0	7,0	7,0	6,9	7,0	
31/07/96	23	7,3	7,1	7,1	7,1	7,0	7,3	
01/08/96	24	7,3	7,2	7,2	7,1	7,1	7,5	
02/08/96	25	7,4	7,3	7,2	7,2	7,2	7,5	
03/08/96	26	7,3	7,1	7,2	7,1	7,0	7,4	
04/08/96	27	7,3	7,4	7,2	7,1	7,1	7,3	
05/08/96	28	7,4	7,4	7,4	7,3	7,3	7,4	
06/08/96	29	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	7,5	
07/08/96	30	7,5	7,5	7,6	7,5	7,5	7,6	
08/08/96	31	7,2	7,2	7,3	7,2	7,2	7,3	
09/08/96	32	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1	7,2	
10/08/96	33	7,2	7,1	7,1	7,1	7,0	7,2	
11/08/96	34	6,9	7,0	7,0	6,9	6,9	7,1	
12/08/96	35	7,2	7,1	7,0	7,0	6,9	7,1	
13/08/96	36	7,2	7,1	7,0	7,0	7,0	7,2	
14/08/96	37	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,4	

TABELA B.2 - Dados pertinentes ao potencial hidrogeniônico, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação (Continuação)

Data	Tempo	pH - Af	pH - C1	pH - C2	pH - C3	pH - C4	pH - Ef	Fase
15/08/96	38	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,3	3
16/08/96	39	7,3	7,1	7,2	7,2	7,2	7,4	
17/08/96	40	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,5	
18/08/96	41	7,2	7,3	7,3	7,3	7,2	7,6	
19/08/96	42	7,5	7,5	7,4	7,4	7,5	7,7	
20/08/96	43	7,6	7,4	7,5	7,4	7,4	7,6	
21/08/96	44	7,1	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	
22/08/96	45	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	
23/08/96	46	7,3	7,3	7,2	7,3	7,3	7,5	
24/08/96	47	7,5	7,4	7,6	7,4	7,4	7,4	
25/08/96	48	7,8	7,7	7,6	7,5	7,5	7,5	
26/08/96	49	7,3	7,4	7,5	7,5	7,5	7,5	
27/08/96	50	7,2	7,3	7,4	7,1	7,3	7,3	
28/08/96	51	6,8	7,3	7,3	7,1	7,2	7,3	
29/08/96	52	7,1	7,2	7,1	7,2	7,1	7,2	
30/08/96	53	7,1	7,1	7,1	7,2	7,1	7,2	
31/08/96	54	7,2	7,1	7,4	7,3	7,2	7,3	
01/09/96	55	7,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,2	
02/09/96	56	7,1	7,2	7,0	7,0	6,9	6,9	
03/09/96	57	7,7	7,7	7,8	7,7	7,5	7,5	
04/09/96	58	7,6	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	
05/09/96	59	7,5	7,4	7,5	7,4	7,4	7,2	
06/09/96	60	7,6	7,4	7,4	7,4	7,3	7,5	
07/09/96	61	7,4	7,5	7,4	7,3	7,1	7,2	
08/09/96	62	7,3	7,4	7,5	7,4	7,3	7,3	
09/09/96	63	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,6	
10/09/96	64	7,3	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	
11/09/96	65	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,6	
12/09/96	66	7,6	7,3	7,2	7,3	7,3	7,7	
13/09/96	67	7,5	7,4	7,3	7,4	7,3	7,8	
14/09/96	68	7,4	7,3	7,4	7,4	7,2	7,6	
15/09/96	69	7,4	7,2	7,3	7,3	7,3	7,7	
16/09/96	70	7,5	7,4	7,4	7,3	7,2	7,7	
17/09/96	71	7,5	7,4	7,4	7,5	7,4	7,6	
18/09/96	72	7,3	7,4	7,4	7,4	7,3	7,6	
19/09/96	73	7,4	7,2	7,1	7,1	7,0	7,3	
20/09/96	74	7,4	7,2	7,2	7,2	7,2	7,6	
21/09/96	75	7,3	7,3	7,4	7,3	7,2	7,5	
22/09/96	76	7,6	7,5	7,5	7,4	7,3	7,7	
23/09/96	77	7,5	7,4	7,3	7,4	7,2	7,6	
24/09/96	78	7,4	7,4	7,3	7,3	7,1	7,4	
25/09/96	79	7,1	7,2	7,2	7,2	7,1	7,3	
26/09/96	80	6,9	7,2	7,2	7,0	6,9	7,2	
27/09/96	81	7,3	7,3	7,2	7,2	7,1	7,5	
28/09/96	82	7,1	7,4	7,4	7,2	7,2	7,5	
29/09/96	83	7,0	7,2	7,2	7,2	7,2	7,5	
30/09/96	84	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,6	
01/10/96	85	7,5	7,7	7,7	7,7	7,7	7,8	

TABELA B.2 - Dados pertinentes ao potencial hidrogeniônico, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação (Continuação)

Data	Tempo	pH - Af	pH - C1	pH - C2	pH - C3	pH - C4	pH - Ef	Fase
02/10/96	86	7,6	7,5	7,6	7,6	7,5	7,7	4
03/10/96	87	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,6	
04/10/96	88	7,4	7,5	7,4	7,3	7,2	7,6	
05/10/96	89	7,4	7,5	7,4	7,5	7,3	7,6	
06/10/96	90	7,0	7,2	7,2	7,2	7,2	7,6	
07/10/96	91	6,9	7,2	7,1	7,1	7,0	7,3	
08/10/96	92	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	7,3	
09/10/96	93	7,1	7,2	7,4	7,4	7,2	7,5	
10/10/96	94	7,2	7,2	7,2	7,1	7,0	7,3	
11/10/96	95	7,0	7,3	7,3	7,2	7,1	7,2	
12/10/96	96	7,0	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0	
13/10/96	97	7,0	7,0	7,0	7,0	6,9	7,0	
14/10/96	98	7,0	7,3	7,3	7,2	7,2	7,3	
15/10/96	99	7,3	7,2	7,2	7,1	7,0	7,3	
16/10/96	100	7,4	7,4	7,2	7,3	7,3	7,6	
17/10/96	101	7,2	7,2	7,1	7,1	7,1	7,6	
18/10/96	102	7,2	7,3	7,1	7,1	7,0	7,4	
19/10/96	103	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1	7,5	
20/10/96	104	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0	7,3	
21/10/96	105	7,2	7,0	6,9	6,8	6,7	7,0	
22/10/96	106	7,1	7,0	6,9	7,0	6,9	7,0	
23/10/96	107	7,3	7,1	7,2	7,1	7,2	7,5	
24/10/96	108	7,3	7,1	7,2	7,1	7,1	7,5	
25/10/96	109	7,2	7,1	7,1	7,0	7,0	7,3	
26/10/96	110	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,5	
27/10/96	111	7,2	7,0	7,0	6,9	6,9	7,2	
28/10/96	112	7,2	7,2	7,3	7,2	7,1	7,4	
29/10/96	113	7,2	7,1	7,1	7,1	7,0	7,3	
30/10/96	114	6,6	6,9	7,1	7,0	7,0	7,4	
31/10/96	115	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1	7,5	
01/11/96	116	7,2	7,2	7,1	7,1	7,0	7,4	
02/11/96	117	7,1	7,0	7,1	7,1	7,0	7,3	
03/11/96	118	7,0	6,9	6,9	6,9	6,7	7,0	
04/11/96	119	7,3	7,0	6,9	7,0	7,0	7,3	
05/11/96	120	7,1	7,2	7,2	7,1	7,1	7,3	
06/11/96	121	7,0	7,1	7,2	7,2	7,1	7,4	
07/11/96	122	7,0	7,1	7,1	7,1	7,1	7,4	
08/11/96	123	6,9	6,9	7,0	7,1	7,0	7,5	
09/11/96	124	7,1	7,1	7,1	7,1	7,0	7,4	
10/11/96	125	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,5	
11/11/96	126	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,6	
12/11/96	127	7,2	7,3	7,3	7,4	7,3	7,6	
13/11/96	128	7,1	7,3	7,1	7,1	7,1	7,5	
14/11/96	129	6,8	7,0	7,0	7,1	7,0	7,4	
15/11/96	130	7,3	7,2	7,1	7,1	7,0	7,3	
16/11/96	131	6,9	7,0	7,1	7,1	7,1	7,4	
17/11/96	132	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7,3	
18/11/96	133	6,9	7,0	7,0	7,0	7,0	7,3	

TABELA B.2 - Dados pertinentes ao potencial hidrogeniônico, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação (Continuação)

Data	Tempo	pH - Af	pH - C1	pH - C2	pH - C3	pH - C4	pH - Ef	Fase
19/11/96	134	6,8	7,0	7,0	6,9	6,9	7,2	5
20/11/96	135	6,4	6,5	6,5	6,4	6,3	6,5	
21/11/96	136	6,8	7,1	7,2	7,1	7,1	7,3	
22/11/96	137	7,2	7,3	7,3	7,3	7,2	7,5	
23/11/96	138	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,6	
24/11/96	139	7,3	7,3	7,2	7,2	7,1	7,5	
25/11/96	140	7,0	6,9	7,0	7,0	7,0	7,4	
26/11/96	141	6,8	7,0	7,0	7,0	7,0	7,2	
27/11/96	142	7,1	7,3	7,4	7,4	7,4	7,7	
28/11/96	143	7,0	7,3	7,3	7,4	7,3	7,5	
29/11/96	144	7,3	7,4	7,4	7,4	7,3	7,7	
30/11/96	145	6,8	7,0	7,1	7,0	6,9	7,3	
01/12/96	146	6,9	7,0	7,3	7,5	7,2	7,2	
02/12/96	147	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,6	
03/12/96	148	7,1	7,2	7,2	7,2	7,2	7,5	
04/12/96	149	6,9	7,0	7,0	7,1	7,0	7,4	
05/12/96	150	6,7	7,0	7,0	7,0	7,1	7,4	
06/12/96	151	7,0	7,2	7,2	7,2	7,3	7,5	
07/12/96	152	7,2	7,3	7,3	7,3	7,2	7,5	
08/12/96	153	7,2	7,3	7,4	7,4	7,4	7,6	
09/12/96	154	7,1	7,3	7,4	7,5	7,5	7,8	
10/12/96	155	7,1	7,3	7,3	7,4	7,4	7,8	
11/12/96	156	7,1	7,3	7,4	7,4	7,4	7,7	
12/12/96	157	6,6	7,0	7,0	7,0	7,0	7,3	
13/12/96	158	7,0	7,3	7,3	7,3	7,3	7,7	
14/12/96	159	7,0	7,4	7,6	7,6	7,4	7,7	
15/12/96	160	6,9	7,5	7,4	7,5	7,5	7,8	
16/12/96	161	6,8	7,5	7,4	7,5	7,3	7,5	
	DP	0,23	0,18	0,19	0,20	0,20	0,22	
	CV	3,18%	2,53%	2,56%	2,73%	2,81%	2,94%	

TABELA B.3 - Dados pertinentes aos sólidos totais e totais voláteis, do afluente e do efluente do sistema, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

ST - Af: Sólidos totais, do afluente do reator, ML^{-3}

STV - Af: Sólidos totais voláteis, do afluente do reator, ML^{-3}

ST - Ef: Sólidos totais, do efluente do sistema, ML^{-3}

STV - Ef: Sólidos voláteis totais, do efluente do sistema, ML^{-3}

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	ST - Af	STV - Af	ST - Ef	STV - Ef	Fase
09/07/96	1	372	242	--	--	Partida
05/08/96	28	342	342	90	44	2
12/08/96	35	384	214	87	0	3
19/08/96	42	266	49	252	45	
26/08/96	49	755	578	230	65	
02/09/96	56	488	361	182	65	
09/09/96	63	701	503	277	133	
16/09/96	70	395	223	138	8	
23/09/96	77	538	328	258	88	4
30/09/96	84	548	370	180	58	
07/10/96	91	610	430	199	121	
14/10/96	98	155	80	157	69	
21/10/96	105	142	2	129	0	
28/10/96	112	182	78	174	54	
04/11/96	119	174	62	118	10	5
11/11/96	126	331	153	257	93	
25/11/96	140	260	126	116	23	
02/12/96	147	280	138	194	68	
09/12/96	154	512	280	252	78	
	D P	183,62	163,20	61,52	38,77	
	C V	46,92%	68,01%	33,66%	68,28%	

TABELA B.4 - Dados pertinentes aos sólidos suspensos totais, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

SST - Af: Sólidos suspensos totais, do afluente do reator, ML^{-3}

SST - C1: Sólidos suspensos totais, da câmara 1 do reator, ML^{-3}

SST - C2: Sólidos suspensos totais, da câmara 2 do reator, ML^{-3}

SST - C3: Sólidos suspensos totais, da câmara 3 do reator, ML^{-3}

SST - C4: Sólidos suspensos totais, da câmara 4 do reator, ML^{-3}

SST - Ef: Sólidos suspensos totais, do efluente do reator, ML^{-3}

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	SST - Af	SST - C1	SST - C2	SST - C3	SST - C4	SST - Ef	Fase
11/07/96	3	95	744	652	794	1516	22	Partida
15/07/96	7	176	1228	973	738	1345	18	
18/07/96	10	321	763	68	253	160	14	1
25/07/96	17	55	156	142	198	118	18	
29/07/96	21	131	325	190	345	253	25	
01/08/96	24	317	603	390	105	70	20	
05/08/96	28	347	118	44	22	10	4	
08/08/96	31	246	658	576	1744	1252	11	2
12/08/96	35	206	1308	440	1040	1255	4	
15/08/96	38	128	1113	435	1955	1050	15	3
19/08/96	42	284	593	1545	1673	1095	5	
22/08/96	45	312	1245	920	1090	880	3	
26/08/96	49	549	738	673	1270	665	0	
29/08/96	52	185	443	1813	1185	1013	3	
02/09/96	56	318	438	1648	968	765	3	
05/09/96	59	235	615	1760	1255	825	6	
09/09/96	63	536	753	678	1185	405	9	
12/09/96	66	157	920	1073	785	648	38	
16/09/96	70	197	393	633	650	770	3	
19/09/96	73	302	650	1103	1093	660	2	4
23/09/96	77	236	600	1195	1035	1430	9	
26/09/96	80	297	715	1243	1170	1620	17	
30/09/96	84	379	1393	1528	1823	1478	13	
03/10/96	87	21	888	1738	1248	1573	15	
07/10/96	91	299	1000	1043	1815	1065	2	
10/10/96	94	22	618	1345	768	1638	5	
14/10/96	98	17	550	555	580	980	6	
17/10/96	101	7	575	840	330	550	5	
21/10/96	105	10	260	320	315	425	3	
24/10/96	108	53	650	345	405	590	4	5
28/10/96	112	14	384	480	448	412	3	
31/10/96	115	55	1065	1420	870	505	16	
04/11/96	119	10	785	800	620	1325	1	
07/11/96	122	58	620	620	450	1145	43	
11/11/96	126	38	490	570	290	785	6	
14/11/96	129	56	545	525	315	1110	6	
21/11/96	136	72	418	272	638	1024	105	

TABELA B.4 - Dados pertinentes aos sólidos suspensos totais, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação (Continuação)

Data	Tempo	SST - Af	SST - C1	SST - C2	SST - C3	SST - C4	SST - Ef	Fase
25/11/96	140	80	404	366	514	584	4	5
28/11/96	143	59	1416	684	704	792	2	
02/12/96	147	98	1164	1878	446	1468	7	
05/12/96	150	90	1103	1205	1278	2155	3	
09/12/96	154	153	1125	810	1178	1675	6	
12/12/96	157	171	853	1210	1243	2575	69	
	D P	139,95	331,01	512,13	500,74	555,26	19,29	
	C V	81,43%	45,31%	59,94%	58,47%	57,32%	147,50%	

TABELA B.5 - Dados pertinentes aos sólidos suspensos voláteis, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

SSV - Af: Sólidos suspensos voláteis, do afluente do reator, ML^{-3}

SSV - C1: Sólidos suspensos voláteis, da câmara 1 do reator, ML^{-3}

SSV - C2: Sólidos suspensos voláteis, da câmara 2 do reator, ML^{-3}

SSV - C3: Sólidos suspensos voláteis, da câmara 3 do reator, ML^{-3}

SSV - C4: Sólidos suspensos voláteis, da câmara 4 do reator, ML^{-3}

SSV - Ef: Sólidos suspensos voláteis, do efluente do reator, ML^{-3}

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	SSV - Af	SSV - C1	SSV - C2	SSV - C3	SSV - C4	SSV - Ef	Fase
11/07/96	3	86	484	436	502	964	16	Partida
15/07/96	7	158	818	638	478	860	13	
18/07/96	10	283	573	63	205	130	14	1
25/07/96	17	54	130	128	162	104	16	
29/07/96	21	117	278	178	293	215	21	
01/08/96	24	276	525	348	105	70	20	
05/08/96	28	306	114	44	20	10	4	
08/08/96	31	225	566	482	1440	1046	11	2
12/08/96	35	193	1105	398	868	1038	4	
15/08/96	38	112	925	370	1405	883	13	3
19/08/96	42	246	515	1293	1390	903	5	
22/08/96	45	271	1008	790	925	753	3	
26/08/96	49	474	655	610	1073	565	0	
29/08/96	52	156	395	1553	1010	860	3	
02/09/96	56	276	380	1410	840	665	3	
05/09/96	59	197	515	1500	1088	700	5	
09/09/96	63	473	660	588	1040	368	9	
12/09/96	66	136	783	920	675	558	34	
16/09/96	70	175	343	528	558	638	3	
19/09/96	73	263	590	945	920	560	2	4
23/09/96	77	197	505	990	858	1195	9	
26/09/96	80	265	610	1045	888	1345	17	
30/09/96	84	328	1155	1283	1513	1233	12	
03/10/96	87	18	763	1513	1043	1333	13	
07/10/96	91	255	845	875	1515	893	2	
10/10/96	94	20	540	1135	643	1355	5	
14/10/96	98	13	450	475	470	800	5	
17/10/96	101	5	485	690	295	480	5	
21/10/96	105	10	225	265	275	335	3	
24/10/96	108	40	540	290	350	490	4	5
28/10/96	112	12	324	396	384	344	3	
31/10/96	115	46	855	1165	730	415	14	
04/11/96	119	7	670	670	530	1100	1	
07/11/96	122	53	535	545	395	950	43	
11/11/96	126	37	425	515	260	670	6	
14/11/96	129	49	475	450	285	955	5	

TABELA B.5 - Dados pertinentes aos sólidos suspensos voláteis, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação (Continuação)

Data	Tempo	SSV - Af	SSV - C1	SSV - C2	SSV - C3	SSV - C4	SSV - Ef	Fase
21/11/96	136	65	382	254	572	888	100	5
25/11/96	140	71	334	296	424	492	2	
28/11/96	143	52	1204	600	588	676	2	
02/12/96	147	86	996	1586	388	1222	6	
05/12/96	150	79	933	1025	1073	1800	3	
09/12/96	154	134	988	700	983	1373	6	
12/12/96	157	141	740	1043	1023	2145	64	
	DP	122,03	270,12	433,50	406,20	452,87	18,23	
	CV	81,25%	44,10%	60,09%	57,31%	56,65%	150,16%	

TABELA B.6 - Dados pertinentes aos sólidos sedimentáveis, de cada câmara do reator, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

SSed - C1: Sólidos sedimentáveis, da câmara 1 do reator, L^3L^{-3}

SSed - C2: Sólidos sedimentáveis, da câmara 2 do reator, L^3L^{-3}

SSed - C3: Sólidos sedimentáveis, da câmara 3 do reator, L^3L^{-3}

SSed - C4: Sólidos sedimentáveis, da câmara 4 do reator, L^3L^{-3}

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	SSed - C1	SSed - C2	SSed - C3	SSed - C4	Fase
08/08/96	31	44	32	148	184	2
12/08/96	35	188	48	80	160	3
15/08/96	38	92	24	160	120	
19/08/96	42	52	160	88	72	
22/08/96	45	48	80	140	76	
26/08/96	49	40	64	200	84	
29/08/96	52	44	84	36	128	
02/09/96	56	30	176	104	112	
05/09/96	59	36	120	152	120	
09/09/96	63	68	84	280	56	
12/09/96	66	52	116	108	96	
16/09/96	70	44	52	100	140	4
19/09/96	73	44	180	116	88	
23/09/96	77	36	128	68	232	
26/09/96	80	52	88	68	124	
30/09/96	84	92	80	92	112	
03/10/96	87	74	108	84	96	
07/10/96	91	68	64	108	80	
10/10/96	94	28	88	32	100	
14/10/96	98	24	22	18	56	
17/10/96	101	44	44	24	40	
21/10/96	105	12	24	30	26	5
24/10/96	108	36	22	26	32	
28/10/96	112	36	19	36	26	
31/10/96	115	76	68	38	32	
04/11/96	119	44	36	30	68	
07/11/96	122	32	24	20	60	
11/11/96	126	28	40	20	80	
14/11/96	129	26	32	14	56	
21/11/96	136	22	12	22	40	
25/11/96	140	24	26	34	36	
28/11/96	143	80	60	64	52	
02/12/96	147	88	124	52	76	
05/12/96	150	56	88	80	128	
09/12/96	154	76	52	60	104	
12/12/96	157	120	132	100	200	
	D P	33,26	46,22	58,59	49,48	
	C V	61,22%	63,96%	74,47%	54,11%	

TABELA B.7 - Dados pertinentes ao índice volumétrico do lodo, de cada câmara do reator, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

IVL - C1: Índice volumétrico do lodo, da câmara 1 do reator, L^3M^{-1}

IVL - C2: Índice volumétrico do lodo, da câmara 2 do reator, L^3M^{-1}

IVL - C3: Índice volumétrico do lodo, da câmara 3 do reator, L^3M^{-1}

IVL - C4: Índice volumétrico do lodo, da câmara 4 do reator, L^3M^{-1}

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	IVL - C1	IVL - C2	IVL - C3	IVL - C4	Fase
08/08/96	31	67	56	85	147	2
12/08/96	35	144	109	77	127	3
15/08/96	38	83	55	82	114	
19/08/96	42	88	104	53	66	
22/08/96	45	39	87	128	86	
26/08/96	49	54	95	157	126	
29/08/96	52	99	46	30	126	
02/09/96	56	69	107	107	146	
05/09/96	59	59	68	121	145	
09/09/96	63	90	124	236	138	
12/09/96	66	57	108	138	148	
16/09/96	70	112	82	154	182	4
19/09/96	73	68	163	106	133	
23/09/96	77	60	107	66	162	
26/09/96	80	73	71	58	77	
30/09/96	84	66	52	50	76	
03/10/96	87	83	62	67	61	
07/10/96	91	68	61	60	75	
10/10/96	94	45	65	42	61	
14/10/96	98	44	40	31	57	
17/10/96	101	77	52	73	73	
21/10/96	105	46	75	95	61	
24/10/96	108	55	64	64	54	
28/10/96	112	94	40	80	63	
31/10/96	115	71	48	44	63	
04/11/96	119	56	45	48	51	3
07/11/96	122	52	39	44	52	
11/11/96	126	57	70	69	102	
14/11/96	129	48	61	46	50	
21/11/96	136	53	44	34	39	
25/11/96	140	49	71	66	62	
28/11/96	143	57	88	91	66	
02/12/96	147	76	66	117	52	
05/12/96	150	51	73	63	59	
09/12/96	154	68	64	51	62	
12/12/96	157	141	109	80	78	
	D P	24,53	27,92	42,82	39,69	
	C V	35,11%	37,61%	52,88%	44,04%	

TABELA B.8 - Dados pertinentes à alcalinidade, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

Alcalinidade - Af: Alcalinidade, do afluente do reator, ML^{-3}

Alcalinidade - C1: Alcalinidade, da câmara 1 do reator, ML^{-3}

Alcalinidade - C2: Alcalinidade, da câmara 2 do reator, ML^{-3}

Alcalinidade - C3: Alcalinidade, da câmara 3 do reator, ML^{-3}

Alcalinidade - C4: Alcalinidade, da câmara 4 do reator, ML^{-3}

Alcalinidade - Ef: Alcalinidade, do efluente do reator, ML^{-3}

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	Alcalinidade - Af	Alcalinidade - C1	Alcalinidade - C2	Alcalinidade - C3	Alcalinidade - C4	Alcalinidade - Ef	Fase
10/07/96	2	168	---	---	---	---	35	Partida
12/07/96	4	139	---	---	---	---	133	
15/07/96	7	226	---	---	---	---	81	
17/07/96	9	220	---	---	---	---	139	
19/07/96	11	157	---	---	---	---	41	1
22/07/96	14	186	---	---	---	---	99	
24/07/96	16	168	---	---	---	---	75	
26/07/96	18	151	---	---	---	---	145	
29/07/96	21	122	---	---	---	---	203	
31/07/96	23	157	---	---	---	---	151	
02/08/96	25	180	---	---	---	---	197	2
05/08/96	28	186	---	---	---	---	180	
07/08/96	30	203	---	---	---	---	215	
09/08/96	32	157	---	---	---	---	162	
12/08/96	35	151	---	---	---	---	116	3
14/08/96	37	174	---	---	---	---	191	
16/08/96	39	174	---	---	---	---	174	

TABELA B.8 - Dados pertinentes à alcalinidade, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação (Continuação)

Data	Tempo	Alcalinidade - Af	Alcalinidade - C1	Alcalinidade - C2	Alcalinidade - C3	Alcalinidade - C4	Alcalinidade - Ef	Fase
19/08/96	42	203	--	--	--	--	209	3
21/08/96	44	133	--	--	--	--	209	
23/08/96	46	162	--	--	--	--	162	
26/08/96	49	197	--	--	--	--	319	
28/08/96	51	110	--	--	--	--	166	
30/08/96	53	179	--	--	--	--	166	
02/09/96	56	159	--	--	--	--	110	
04/09/96	58	163	--	--	--	--	138	
06/09/96	60	141	--	--	--	--	143	
09/09/96	63	141	190	190	154	193	186	
11/09/96	65	159	186	193	193	200	159	
13/09/96	67	145	173	179	186	186	173	
16/09/96	70	131	--	--	--	--	97	
18/09/96	72	62	--	--	--	--	159	
20/09/96	74	138	--	--	--	--	159	
23/09/96	77	179	--	--	--	--	152	
25/09/96	79	145	--	--	--	--	166	
27/09/96	81	152	--	--	--	--	159	
30/09/96	84	179	--	--	--	--	159	
02/10/96	86	152	--	--	--	--	138	
04/10/96	88	117	--	--	--	--	104	
07/10/96	91	173	--	--	--	--	152	
09/10/96	93	131	--	--	--	--	117	
11/10/96	95	148	--	--	--	--	126	
14/10/96	98	135	139	135	126	121	117	
16/10/96	100	139	148	153	148	153	148	
18/10/96	102	148	108	99	99	99	94	
21/10/96	105	85	--	--	--	--	63	

TABELA B.8 - Dados pertinentes à alcalinidade, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação (Continuação)

Data	Tempo	Alcalinidade - Af	Alcalinidade - C1	Alcalinidade - C2	Alcalinidade - C3	Alcalinidade - C4	Alcalinidade - Ef	Fase
23/10/96	107	126	--	--	--	--	148	4
25/10/96	109	112	--	--	--	--	108	
28/10/96	112	184	189	184	180	175	180	
01/11/96	116	135	144	144	148	148	144	
04/11/96	119	139	--	--	--	--	139	5
06/11/96	121	148	--	--	--	--	162	
08/11/96	123	126	--	--	--	--	139	
11/11/96	126	180	--	--	--	--	193	
13/11/96	128	135	--	--	--	--	148	
22/11/96	137	126	--	--	--	--	126	
25/11/96	140	85	--	--	--	--	90	
27/11/96	142	175	--	--	--	--	193	
29/11/96	144	211	--	--	--	--	225	
02/12/96	147	220	--	--	--	--	225	
04/12/96	149	171	--	--	--	--	207	
06/12/96	151	202	--	--	--	--	216	
09/12/96	154	175	202	216	211	216	216	
11/12/96	156	207	220	220	220	216	220	
13/12/96	158	184	202	202	207	211	207	
	D P	33,03	33,89	37,37	38,29	39,48	49,14	
	C V	21,00%	19,62%	21,47%	22,51%	22,65%	31,88%	

TABELA B.9 - Dados pertinentes ao nitrogênio total Kjeldahl, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

NTK - Af: Nitrogênio total Kjeldahl, do afluente do reator, ML^{-3}

NTK - C1: Nitrogênio total Kjeldahl, da câmara 1 do reator, ML^{-3}

NTK - C2: Nitrogênio total Kjeldahl, da câmara 2 do reator, ML^{-3}

NTK - C3: Nitrogênio total Kjeldahl, da câmara 3 do reator, ML^{-3}

NTK - C4: Nitrogênio total Kjeldahl, da câmara 4 do reator, ML^{-3}

NTK - Ef: Nitrogênio total Kjeldahl, do efluente do reator, ML^{-3}

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	NTK - Af	NTK - C1	NTK - C2	NTK - C3	NTK - C4	NTK - Ef	Fase
11/07/96	3	43	--	--	--	--	40	Partida
18/07/96	10	56	--	--	--	--	22	1
25/07/96	17	41	--	--	--	--	25	
01/08/96	24	41	--	--	--	--	53	2
08/08/96	31	60	--	--	--	--	56	
14/08/96	37	63	--	--	--	--	56	3
22/08/96	45	66	--	--	--	--	50	
29/08/96	52	63	--	--	--	--	41	
05/09/96	59	78	--	--	--	--	13	
12/09/96	66	75	77	73	80	84	48	
19/09/96	73	69	--	--	--	--	24	4
27/09/96	81	65	--	--	--	--	48	
02/10/96	86	58	--	--	--	--	35	
10/10/96	94	48	--	--	--	--	7	
17/10/96	101	49	50	58	56	49	46	
22/10/96	106	40	--	--	--	--	25	
29/10/96	113	47	45	44	44	40	39	
05/11/96	120	40	--	--	--	--	36	5
12/11/96	127	49	--	--	--	--	43	
28/11/96	143	52	--	--	--	--	48	
03/12/96	148	63	--	--	--	--	63	
10/12/96	155	62	105	105	65	56	53	
	D P	11,55	27,58	26,05	14,99	18,98	14,94	
	C V	20,72%	39,95%	37,14%	24,49%	33,04%	37,75%	

TABELA B.10 - Dados pertinentes ao nitrogênio amoniacal, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

N-Amon. - Af: Nitrogênio amoniacal, do afluente do reator, ML^{-3}

N-Amon. - C1: Nitrogênio amoniacal, da câmara 1 do reator, ML^{-3}

N-Amon. - C2: Nitrogênio amoniacal, da câmara 2 do reator, ML^{-3}

N-Amon. - C3: Nitrogênio amoniacal, da câmara 3 do reator, ML^{-3}

N-Amon. - C4: Nitrogênio amoniacal, da câmara 4 do reator, ML^{-3}

N-Amon. - Ef: Nitrogênio amoniacal, do efluente do reator, ML^{-3}

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	N-Amon. - Af	N-Amon. - C1	N-Amon. - C2	N-Amon. - C3	N-Amon. - C4	N-Amon. - Ef	Fase
11/07/96	3	20	--	--	--	--	15	Partida
18/07/96	10	43	--	--	--	--	16	1
25/07/96	17	27	--	--	--	--	16	
01/08/96	24	28	--	--	--	--	31	2
08/08/96	31	42	--	--	--	--	35	
14/08/96	37	40	--	--	--	--	45	3
22/08/96	45	28	--	--	--	--	35	
29/08/96	52	38	--	--	--	--	27	
05/09/96	59	45	--	--	--	--	31	
12/09/96	66	30	34	34	35	36	38	
19/09/96	73	32	--	--	--	--	14	4
27/09/96	81	33	--	--	--	--	34	
02/10/96	86	30	--	--	--	--	28	
10/10/96	94	22	--	--	--	--	19	
17/10/96	101	27	31	35	34	34	34	
22/10/96	106	20	--	--	--	--	17	
29/10/96	113	30	31	30	30	30	30	4

TABELA B.10 - Dados pertinentes ao nitrogênio amoniacal, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação (Continuação)

Data	Tempo	N-Amon. - Af	N-Amon. - C1	N-Amon. - C2	N-Amon. - C3	N-Amon. - C4	N-Amon. - Ef	Fase
05/11/96	120	23	---	--	--	--	23	5
12/11/96	127	28	---	--	--	--	29	
28/11/96	143	34	---	--	--	--	37	
03/12/96	148	40	---	--	--	--	45	
10/12/96	155	42	42	42	42	45	45	
	D P	7,69	5,28	5,04	4,95	6,33	9,97	
	C V	24,09%	15,21%	14,26%	13,98%	17,52%	35,14%	

TABELA B.11 - Dados pertinentes ao nitrito, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

Nitrito - Af: Nitrito, do afluente do reator, ML^{-3}

Nitrito - C1: Nitrito, da câmara 1 do reator, ML^{-3}

Nitrito - C2: Nitrito, da câmara 2 do reator, ML^{-3}

Nitrito - C3: Nitrito, da câmara 3 do reator, ML^{-3}

Nitrito - C4: Nitrito, da câmara 4 do reator, ML^{-3}

Nitrito - Ef: Nitrito, do efluente do reator, ML^{-3}

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	Nitrito - Af	Nitrito - C1	Nitrito - C2	Nitrito - C3	Nitrito - C4	Nitrito - Ef	Fase
11/07/96	3	0,46	--	--	--	--	0,00	Partida
18/07/96	10	0,00	--	--	--	--	5,78	1
25/07/96	17	0,00	--	--	--	--	0,04	
01/08/96	24	0,00	--	--	--	--	0,10	2
08/08/96	31	0,00	--	--	--	--	0,81	
14/08/96	37	0,00	--	--	--	--	0,16	
22/08/96	45	0,00	--	--	--	--	0,97	
29/08/96	52	0,00	--	--	--	--	1,30	3
05/09/96	59	0,00	--	--	--	--	3,61	
12/09/96	66	0,00	0,04	0,02	0,04	0,04	0,08	
19/09/96	73	0,07	--	--	--	--	1,37	
27/09/96	81	0,00	--	--	--	--	0,72	
02/10/96	86	0,00	--	--	--	--	0,35	
10/10/96	94	0,02	--	--	--	--	0,98	4
17/10/96	101	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,44	
22/10/96	106	0,01	--	--	--	--	0,28	
29/10/96	113	0,00	0,02	0,02	0,07	0,11	0,35	
05/11/96	120	0,00	--	--	--	--	0,23	5

TABELA B.11 - Dados pertinentes ao nitrito, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação
(Continuação)

Data	Tempo	Nitrito - Af	Nitrito - C1	Nitrito - C2	Nitrito - C3	Nitrito - C4	Nitrito - Ef	Fase
12/11/96	127	0,01	--	--	--	--	0,06	5
28/11/96	143	0,00	--	--	--	--	0,02	
03/12/96	148	0,01	--	--	--	--	0,01	
10/12/96	155	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,05	
	DP	0,10	0,01	0,01	0,03	0,05	1,37	
	CV	326,50%	70,71%	25,00%	72,17%	90,18%	169,20%	

TABELA B.12 - Dados pertinentes ao nitrato, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

Nitrato - Af: Nitrato, do afluente do reator, ML^{-3}

Nitrato - C1: Nitrato, da câmara 1 do reator, ML^{-3}

Nitrato - C2: Nitrato, da câmara 2 do reator, ML^{-3}

Nitrato - C3: Nitrato, da câmara 3 do reator, ML^{-3}

Nitrato - C4: Nitrato, da câmara 4 do reator, ML^{-3}

Nitrato - Ef: Nitrato, do efluente do reator, ML^{-3}

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	Nitrato - Af	Nitrato - C1	Nitrato - C2	Nitrato - C3	Nitrato - C4	Nitrato - Ef	Fase
11/07/96	3	5,83	--	--	--	--	2,12	Partida
18/07/96	10	2,12	--	--	--	--	25,33	1
25/07/96	17	3,96	--	--	--	--	4,62	
01/08/96	24	2,30	--	--	--	--	1,71	
08/08/96	31	1,81	--	--	--	--	3,08	2
14/08/96	37	1,80	--	--	--	--	6,21	
22/08/96	45	1,75	--	--	--	--	2,21	3
29/08/96	52	2,99	--	--	--	--	3,07	
05/09/96	59	2,35	--	--	--	--	7,57	
12/09/96	66	4,23	2,59	2,39	2,66	2,31	2,42	
19/09/96	73	5,25	--	--	--	--	2,76	
27/09/96	81	2,04	--	--	--	--	2,41	4
02/10/96	86	2,10	--	--	--	--	1,50	
10/10/96	94	2,49	--	--	--	--	3,64	
17/10/96	101	2,05	1,92	2,24	2,38	2,26	2,96	
22/10/96	106	2,40	--	--	--	--	2,13	
29/10/96	113	1,83	1,63	1,40	1,19	1,27	1,74	
05/11/96	120	2,27	--	--	--	--	1,85	5

TABELA B.12 - Dados pertinentes ao nitrato, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação
(Continuação)

Data	Tempo	Nitrato - Af	Nitrato - C1	Nitrato - C2	Nitrato - C3	Nitrato - C4	Nitrato - Ef	Fase
12/11/96	127	2,63	--	--	--	--	1,63	5
28/11/96	143	1,98	--	--	--	--	1,60	
03/12/96	148	2,67	--	--	--	--	1,96	
10/12/96	155	2,34	1,68	1,74	1,45	1,49	1,20	
	D P	1,12	0,44	0,46	0,71	0,53	5,05	
	C V	41,67%	22,54%	23,51%	36,99%	28,99%	132,66%	

TABELA B.13 - Dados pertinentes ao fósforo total, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

Fósforo - Af: Fósforo total, do afluente do reator, ML^{-3}

Fósforo - C1: Fósforo total, da câmara 1 do reator, ML^{-3}

Fósforo - C2: Fósforo total, da câmara 2 do reator, ML^{-3}

Fósforo - C3: Fósforo total, da câmara 3 do reator, ML^{-3}

Fósforo - C4: Fósforo total, da câmara 4 do reator, ML^{-3}

Fósforo - Ef: Fósforo total, do efluente do reator, ML^{-3}

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	Fósforo - Af	Fósforo - C1	Fósforo - C2	Fósforo - C3	Fósforo - C4	Fósforo - Ef	Fase
11/07/96	3	18,2	--	--	--	--	15,2	Partida
18/07/96	10	20,0	--	--	--	--	22,0	1
25/07/96	17	25,2	--	--	--	--	23,4	
01/08/96	24	16,9	--	--	--	--	16,6	
08/08/96	31	19,5	--	--	--	--	19,6	
14/08/96	37	18,9	--	--	--	--	20,5	3
22/08/96	45	22,7	--	--	--	--	15,1	
29/08/96	52	24,3	--	--	--	--	14,1	
05/09/96	59	24,4	--	--	--	--	22,1	
12/09/96	66	28,3	21,9	38,4	31,8	30,5	33,7	
19/09/96	73	25,5	--	--	--	--	8,4	
27/09/96	81	18,4	--	--	--	--	22,3	4
02/10/96	86	15,1	--	--	--	--	10,8	
10/10/96	94	18,5	--	--	--	--	16,7	
17/10/96	101	19,0	20,4	31,9	29,4	26,4	25,3	
22/10/96	106	18,5	--	--	--	--	12,4	
29/10/96	113	17,6	17,4	18,1	19,2	17,8	17,9	
05/11/96	120	14,6	--	--	--	--	14,5	5

TABELA B.13 - Dados pertinentes ao fósforo total, do afluente, de cada câmara do reator e do efluente do sistema, durante a operação
(Continuação)

Data	Tempo	Fósforo - Af	Fósforo - C1	Fósforo - C2	Fósforo - C3	Fósforo - C4	Fósforo - Ef	Fase
12/11/96	127	23,6	--	--	--	--	21,0	5
28/11/96	143	22,1	--	--	--	--	20,1	
03/12/96	148	22,9	--	--	--	--	23,0	
10/12/96	155	25,5	16,5	23,9	23,6	23,6	22,0	
	DP	3,72	2,53	8,88	5,67	5,32	5,55	
	CV	17,80%	13,29%	31,64%	21,82%	21,68%	29,31%	

TABELA B.14 - Dados pertinentes à demanda bioquímica de oxigênio, do afluente e do efluente do sistema, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

DBO₅ Total - Af: Demanda bioquímica de oxigênio total (20°C e 5 dias), do afluente do reator, ML⁻³

DBO₅ Total - Ef: Demanda bioquímica de oxigênio total (20°C e 5 dias), do efluente do sistema, ML⁻³

DBO₅ Filt - Af: Demanda bioquímica de oxigênio filtrada (20°C e 5 dias), do afluente do reator, ML⁻³

DBO₅ Filt - Ef: Demanda bioquímica de oxigênio filtrada (20°C e 5 dias), do efluente do reator, ML⁻³

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	DBO ₅ Total - Af	DBO ₅ Filt - Af	DBO ₅ Total - Ef	DBO ₅ Filt - Ef	Fase
10/07/96	2	117	--	15	--	Partida
12/07/96	4	160	--	34	--	
26/07/96	18	193	--	7	--	1
02/08/96	25	129	--	--	--	2
09/08/96	32	352	--	55	--	3
16/08/96	39	404	--	55	--	
23/08/96	46	115	--	5	--	
30/08/96	53	310	--	29	--	
06/09/96	60	424	--	38	--	
13/09/96	67	229	--	27	--	4
20/09/96	74	414	--	6	--	
27/09/96	81	290	--	30	--	
04/10/96	88	270	--	9	--	
11/10/96	95	118	--	23	--	
25/10/96	109	21	12	2	3	5
02/11/96	117	96	27	5	5	
08/11/96	123	15	11	6	5	
15/11/96	130	82	--	--	--	
22/11/96	137	503	--	--	--	
29/11/96	144	207	72	27	27	5
06/12/96	151	114	56	43	33	
13/12/96	158	137	77	31	28	
	D P	138,76	29,47	17,00	13,93	
	C V	64,97%	69,31%	72,58%	83,24%	

TABELA B.15 - Dados pertinentes à demanda química de oxigênio, do afluente e do efluente do sistema, durante a operação

Tempo: Dia de operação, T

DQO Total - Af: Demanda química de oxigênio total, do afluente do reator, ML^{-3}

DQO Total - Ef: Demanda química de oxigênio total, do efluente do sistema, ML^{-3}

DQO Filt - Af: Demanda química de oxigênio filtrado, do afluente do reator, ML^{-3}

DQO Filt - Ef: Demanda química de oxigênio filtrado, do efluente do sistema, ML^{-3}

D P: Desvio padrão

C V: Coeficiente de variação, %

Data	Tempo	DQO Total - Af	DQO Filt - Af	DQO Total - Ef	DQO Filt - Ef	Fase
09/07/96	1	357	--	--	--	Partida
10/07/96	2	254	151	17	1	
11/07/96	3	392	286	55	55	
12/07/96	4	272	143	54	48	
13/07/96	5	279	136	48	43	
15/07/96	7	388	147	120	24	
17/07/96	9	388	186	56	48	
19/07/96	11	181	122	48	39	1
22/07/96	14	665	239	--	--	
24/07/96	16	421	195	35	31	
26/07/96	18	404	167	40	40	
29/07/96	21	231	85	31	27	
31/07/96	23	616	145	60	51	
02/08/96	25	762	165	125	102	
05/08/96	28	672	230	61	58	2
07/08/96	30	505	198	68	61	
09/08/96	32	300	172	51	48	
12/08/96	35	439	291	25	25	
14/08/96	37	329	304	80	79	
16/08/96	39	342	336	--	--	
19/08/96	42	502	--	66	66	
21/08/96	44	326	279	61	61	3
23/08/96	46	362	243	135	66	
26/08/96	49	413	229	46	46	
28/08/96	51	508	354	60	67	
30/08/96	53	401	211	65	65	
02/09/96	56	514	199	34	34	
04/09/96	58	627	300	53	53	
06/09/96	60	552	505	43	43	
09/09/96	63	711	330	105	105	
11/09/96	65	568	264	193	155	
13/09/96	67	365	246	115	95	
15/09/96	69	116	65	--	--	
16/09/96	70	288	264	48	17	
16/09/96	70	288	264	48	17	
18/09/96	72	193	175	28	24	4
20/09/96	74	496	330	67	65	
23/09/96	77	526	306	93	65	
25/09/96	79	645	365	41	41	
27/09/96	81	324	205	30	30	

TABELA B.15 - Dados pertinentes à demanda química de oxigênio, do afluente e do efluente do sistema, durante a operação (Continuação)

Data	Tempo	DQO Total - Af	DQO Filt - Af	DQO Total - Ef	DQO Filt - Ef	Fase
30/09/96	84	877	354	114	70	4
02/10/96	86	443	246	66	55	
04/10/96	88	431	181	25	25	
07/10/96	91	764	407	54	46	
09/10/96	93	205	187	47	43	
11/10/96	95	172	129	53	43	
12/10/96	96	81	--	--	--	
13/10/96	97	108	--	--	--	
14/10/96	98	97	81	50	31	
16/10/96	100	695	--	110	100	
18/10/96	102	300	--	43	29	
19/10/96	103	154	--	--	--	
21/10/96	105	92	--	--	15	
24/10/96	108	133	85	31	31	
28/10/96	112	70	60	--	22	
31/10/96	115	217	149	--	70	
02/11/96	117	221	--	--	--	
04/11/96	119	93	80	30	22	5
07/11/96	122	206	152	184	122	
11/11/96	126	175	125	98	93	
12/11/96	127	234	161	--	--	
14/11/96	129	223	128	102	93	
15/11/96	130	200	137	--	--	
19/11/96	134	160	118	--	--	
20/11/96	135	506	--	452	--	
21/11/96	136	412	293	371	255	
22/11/96	137	796	--	--	--	
25/11/96	140	241	91	42	39	
28/11/96	143	228	118	60	56	
02/12/96	147	218	92	96	70	
06/12/96	151	254	110	123	92	
09/12/96	154	382	132	94	84	
13/12/96	158	503	217	227	104	
	D P	195,31	94,15	76,11	39,31	
	C V	50,11%	45,06%	93,49%	62,51%	

TABELA B.16 - Dados pertinentes ao teste de respiração, dos microrganismos presentes em cada câmara do reator, no 43º dia de operação da Fase 5

Tempo: Intervalo de tempo, entre as leituras de oxigênio dissolvido, T

OD - C1: Oxigênio dissolvido, do "mixed liquor" da câmara 1 do reator, ML^{-3}

OD - C2: Oxigênio dissolvido, do "mixed liquor" da câmara 2 do reator, ML^{-3}

OD - C3: Oxigênio dissolvido, do "mixed liquor" da câmara 3 do reator, ML^{-3}

OD - C4: Oxigênio dissolvido, do "mixed liquor" da câmara 4 do reator, ML^{-3}

Tempo	OD - C1	OD - C2	OD - C3	OD - C4
0,0	6,7	6,9	7,3	7,2
0,5	6,5	6,8	7,2	7,1
1,0	6,3	6,6	7,1	7,0
1,5	6,1	6,4	7,1	6,8
2,0	5,9	6,1	7,0	6,7
2,5	5,7	6,0	6,9	6,6
3,0	5,5	5,8	6,8	6,4
3,5	5,3	5,5	6,7	6,3
4,0	5,1	5,4	6,6	6,2
4,5	4,9	5,2	6,5	6,0
5,0	4,7	4,9	6,4	5,9
5,5	4,5	4,7	6,3	5,7
6,0	4,3	4,5	6,2	5,6
6,5	4,1	4,3	6,1	5,5
7,0	3,9	4,1	6,0	5,3
7,5	3,7	3,9	5,9	5,2
8,0	3,5	3,7	5,8	5,0
8,5	3,3	3,5	5,7	4,9
9,0	3,1	3,3	5,6	4,8
9,5	2,9	3,1	5,5	4,6
10,0	2,7	2,9	5,4	4,5
10,5	2,5	2,7	5,3	4,3
11,0	2,3	2,5	5,2	4,2
11,5	2,1	2,3	5,1	4,1
12,0	2,0	2,1	5,0	3,9
12,5	1,8	1,9	4,9	3,8
13,0	1,6	1,7	4,8	3,7
13,5	1,4	1,5	4,7	3,5
14,0	1,2	1,4	4,6	3,4
14,5	1,1	1,2	4,5	3,3
15,0	0,9	1,0	4,4	3,1
15,5	0,8	0,8	4,3	3,0
16,0	0,6	0,6	4,2	2,9
16,5	0,5	0,5	4,1	2,7
17,0	0,3	0,3	4,0	2,6
17,5	0,2	0,2	3,9	2,5
18,0	0,1	0,1	3,8	2,4
18,5	0,1	0,1	3,7	2,2
19,0	--	--	3,6	2,1
19,5	--	--	3,5	2,0
20,0	--	--	3,4	1,8

TABELA B.16 - Dados pertinentes ao teste de respiração, dos microrganismos presentes em cada câmara do reator, no 43^o dia de operação da Fase 5 (Continuação)

Tempo	OD - C1	OD - C2	OD - C3	OD - C4
20,5	--	--	3,3	1,7
21,0	--	--	3,2	1,6
21,5	--	--	3,1	1,5
22,0	--	--	3,0	1,3
22,5	--	--	2,9	1,2
23,0	--	--	2,8	1,1
23,5	--	--	2,7	1,0
24,0	--	--	2,6	0,9
24,5	--	--	2,5	0,8
25,0	--	--	2,4	0,6
25,5	--	--	2,3	0,5
26,0	--	--	2,2	0,4
26,5	--	--	2,1	0,3
27,0	--	--	2,0	0,2
27,5	--	--	2,0	0,2
28,0	--	--	1,9	0,2
28,5	--	--	1,8	0,2
29,0	--	--	1,7	0,2
29,5	--	--	1,6	0,2
30,0	--	--	1,5	--
30,5	--	--	1,4	--
31,0	--	--	1,3	--
31,5	--	--	1,2	--
32,0	--	--	1,1	--
32,5	--	--	1,1	--
33,0	--	--	1,0	--
33,5	--	--	0,9	--
34,0	--	--	0,8	--
34,5	--	--	0,7	--
35,0	--	--	0,6	--
35,5	--	--	0,6	--
36,0	--	--	0,5	--
36,5	--	--	0,4	--
37,0	--	--	0,3	--
37,5	--	--	0,3	--
38,0	--	--	0,2	--
38,5	--	--	0,1	--
39,0	--	--	0,1	--

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E OBRAS CONSULTADAS

- AISSE, M. M. (1985). Sedimentação do lodo secundário obtido no processo dos lodos ativados. São Carlos, abr. 205 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- ALBERTSON, O. E. (1987). The control of bulking sludges: from the early innovators to current practice. *Journal Water Pollution Control Federation*. Apr. v.59, n.4, p.172-82.
- AZIMI, A. A. & HORAN, N. J. (1991). The influence of reactor mixing characteristics on the rate of nitrification in activated sludge process. *Water Research*, v.25, n.4, p.419-23.
- BITTON, G. (1994). *Wastewater microbiology*. University of Florida, Gainesville, Department of Environmental Engineering Sciences. 478 p.
- BLUNDI, C. E. (1982). *Processo de lodos ativados – modelos matemáticos e determinação de parâmetros em instalação piloto*. São Carlos, mar. 169 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- BRANCO, S. M. (1986). *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. 3.ed. São Paulo, SP. Convênio CETESB ASCETESB. 616 p.

- CHUDOBA, J.; STRAKOVÁ, P. e KONDO, M. (1991). Compartmentalized versus completely-mixed biological wastewater treatment systems. *Water Research*, v.25, n.8, p.973-8.
- CLARETO, C. R. (1997). *Tratamento biológico de líquidos percolados gerados em aterros sanitários utilizando reator anaeróbio compartimentado*. São Carlos, jan. 118 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- COLETTI, F. J. (1997). *Pós-tratamento por lodos ativados de efluente de um reator anaeróbio compartimentado no tratamento de esgoto sanitário*. São Carlos, dez. 300 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- FORESTI, E. (1982). *O comportamento singular do sistema de lodos ativados quando utilizado no tratamento de águas residuárias de uma indústria de fermento biológico*. São Carlos, jun. 121 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- GRADY Jr., C. P. L. & LIM, H. C. (1980). *Biological wastewater treatment: theory and applications*. USA, Macel Dekker, Inc.
- IMHOFF, K. (1966). *Manual de tratamento de águas residuárias*. 21.ed. alemã. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda.
- JENKINS, D.; RICHARD, M. G. e DAIGGER, G. T. (1993). *Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming*. 3.ed. Chelsea, Michigan. 193 p.

- JORDÃO, E. P. & PESSÔA, C. A. (1995). Processo de lodos ativados. In: *Tratamento de esgotos domésticos*. Rio de Janeiro, RJ. Cap. 15. ABES. p.371-452.
- KATO, M. T. (1982). *Estudo e tratamento de águas residuárias de abatedouro de aves*. São Carlos, fev. 262 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- LARANJEIRA FILHO, B. A. (1989). *Estudo comparativo de reatores de lodos ativados em escala de laboratório*. São Carlos, dez. 126 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- METCALF & EDDY. (1991). *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*. 3.ed. McGraw-Hill, Inc. 1334 p.
- PAULA, I. F. (1982). *Tratamento biológico de águas residuárias de abatedouro de suínos*. São Carlos, nov. 206 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PHILIPPI JÚNIOR, A. (1992). Águas residuárias. In: JÚNIOR, A. P. *et al. Saneamento do meio*. São Paulo, SP. Cap. II. Fundacentro, Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. p.41-80.
- RICHARD, M. (1989). *Activated sludge microbiology*. Alexandria, Virgínia, Published by the Water Pollution Control Federation. 74 p.
- SAN, H. A. (1994). Impact of dispersion and reaction kinetics on performance of biological reactors – solution by “S” series. *Water Research*, v.28, n.7, p.1639-51.



- SANT'ANNA, F. S. P. (1982). *Tratamento de águas residuárias da industrialização de frutas cítricas pelo processo de lodos ativados*. São Carlos, abr. 165 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SANTOS, M. de L. F. (1984). *Influência da estrutura do floco no desempenho de um sistema de lodos ativados*. São Carlos, dez. 391 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- von SPERLING, M. (1994). Critérios e dados para uma seleção preliminar de sistemas de tratamento de esgotos. Encarte da revista *Bio Engenharia Sanitária e Ambiental*. Ano III, n.1, Jan./Abr. p.7-21.
- von SPERLING, M. (1995). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. v.1. Belo Horizonte, MG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. 240 p.
- von SPERLING, M. (1997). *Princípios do tratamento de águas residuárias: lodos ativados*. v.4. Belo Horizonte, MG. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. 416 p.
- TOEBER, E. D. *et al* (1974). Comparison of completely mixed and plug-flow biological systems. *Journal Water Pollution Control Federation*, v.46, n.8, Aug. p.1995-2014.
- VAZOLLER, R. F. *et al* (1989). *Microbiologia de lodos ativados*. Série Anuais/Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, SP. Companhia de Saneamento Ambiental – CETESB, ago. 23 p.