MARCELO DE CASTRO BERTACCHI

**INVESTIGAÇÃO DA ADIÇÃO DE DOSFOLAT EM SISTEMAS
DE LODOS ATIVADOS PARA CONTROLE
E REDUÇÃO DE LODO GERADO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

São Paulo
2005

MARCELO DE CASTRO BERTACCHI

**INVESTIGAÇÃO DA ADIÇÃO DE DOSFOLAT EM SISTEMAS
DE LODOS ATIVADOS PARA CONTROLE
E REDUÇÃO DE LODO GERADO**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de
São Paulo para obtenção do
Título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Hidráulica

Orientador:
Prof. Dr. Pedro Alem Sobrinho

São Paulo
2005

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 29 de Abril de 2005

Assinatura do autor:

Assinatura do orientador:

FICHA CARTOGRÁFICA

Bertacchi, Marcelo de Castro

Investigação da adição de dosfolat em sistemas de lodos ativados para controle e redução de lodo gerado. São Paulo, 2005.
197p.

Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

1. Lodo Ativado (tratamento biológico) 2. Ácido Fólico
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária II.t.

Porque a sabedoria serve de sombra, como
de sombra serve o dinheiro; mas a
excelência da sabedoria é que ela dá vida ao
seu possuidor.

Eclesiastes 7:12

Dedico este trabalho, primeiramente ao meu Deus e Senhor, e à minha esposa Márcia Regina e aos meus filhos Karen Cristina e Marcello pelo incentivo e compreensão, e aos meus pais “in memoriam”.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador Prof. Dr. Pedro Alem Sobrinho pela oportunidade desse trabalho, pelas diretrizes seguras, compreensão e auxílio constante.

Ao Prof. Dr. Giorgio Brighetti pela amizade e auxílio indispensável.

A todos os funcionários e amigos do Centro Tecnológico de Hidráulica que, direta ou indiretamente, colaboraram na execução deste trabalho.

Ao Srs. Adhemar Paulo Rizzoli e José Amaro da Silva, pela construção da ETE Piloto e amizade que guardarei pelo resto de minha vida.

Ao Sr. Antônio Ribeiro pela confecção do fluxograma de processo e pelas fotografias excelentemente tiradas.

Ao Centro Tecnológico de Hidráulica e a White Martins, pela bolsa de mestrado.

Aos engenheiros Paulo Sergio Bon e Roberto Massao Yoshida pela compreensão e apoio.

Aos funcionários e amigos do Laboratório de Saneamento “Professor Lucas Nogueira Garcez” da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, sem os quais seria impossível a finalização desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Frederico de Almeida Lage Filho pela grande ajuda e indispensáveis conselhos.

Às ETES Barueri e ABC, pelo suporte.

Ao amigo Ricardo Nagamine Costanzi, pelo apoio, incentivo e pelo esforço na última fase do experimento.

Aos amigos Adriana Caseiro e André Negrão de Moura, pelo apoio e incentivo constantes.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	x
RESUMO	xiv
“ABSTRACT”	xv
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – OBJETIVOS	3
3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 – Introdução ao Processo de Tratamento por Lodo Ativado	4
3.1.1 – Definição	4
3.1.2 – Características do Processo	4
3.1.3 – Parâmetros de Controle do Processo	6
3.1.4 – Variantes do Processo por Lodo Ativado	7
3.1.4.1 – Processo Convencional	7
3.1.4.2 - Processo de Alta Taxa	9
3.1.4.3 – Processo de Aeração Prolongada	9
3.1.5 – Valores Típicos dos Parâmetros dos Processos por Lodo Ativado	10
3.2 – O Ácido Fólico	11
3.2.1 – Definição	11
3.2.2 – Aplicação em Tratamento Aeróbio de Esgoto	12
3.3 – A Geração de Lodo no Tratamento	21
3.4 – O Intumescimento do Lodo	23
3.4.1 – Definição e Ocorrência	23

3.4.2 – Controle do Intumescimento do Lodo	29
3.4.2.1 – Controle Através de Parâmetros de Processo	29
3.4.2.2 – Seletores	33
3.5 – A Nitrificação	38
3.5.1 – Definição e Ocorrência	38
3.5.2 – Verificação da Ocorrência da Desnitrificação	48
4 – MATERIAIS E METODOLOGIA	51
4.1 – Aspectos Gerais	51
4.2 – Descrição dos Sistemas	53
4.2.1 – Sistema de Tratamento Preliminar	53
4.2.2 – Sistema de Alimentação	54
4.2.3 – Sistemas de Tratamento Biológico	56
4.2.4 – Sistemas de Aeração	58
4.2.5 – Sistema de Adição Química	59
4.3 – Metodologia Operacional e Analítica	60
4.3.1 – Caracterização do Esgoto Afluente	60
4.3.2 – Campanha de Amostragem	61
4.3.3 – Condições Experimentais dos Sistemas em Operação	66
4.3.4 – Rotinas Operacionais	69
4.4 – Métodos Analíticos	70
5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	73
5.1 – Operação na Fase 1	73
5.1.1 – Considerações Operacionais	73
5.1.2 – Apresentação dos Resultados	74
5.1.3 – Discussão dos Resultados	76
5.1.4 – Acompanhamento Microbiológico	80

5.2 – Operação na Fase 2	90
5.2.1 – Considerações Operacionais	90
5.2.2 – Apresentação dos Resultados	91
5.2.3 – Discussão dos Resultados	93
5.2.4 – Acompanhamento Microbiológico	96
5.3 – Operação na Fase 3	106
5.3.1 – Considerações Operacionais	106
5.3.2 – Apresentação dos Resultados	107
5.3.3 – Discussão dos Resultados	109
5.3.4 – Acompanhamento Microbiológico	113
5.4 – Comparação das Três Fases do Experimento	125
6 – CONCLUSÕES	128
7 – LISTA DE REFERÊNCIAS	131
ANEXO 1 – Tabelas de Resultados Analíticos da Fase 1	136
ANEXO 2 – Tabelas de Resultados Analíticos da Fase 2	151
ANEXO 3 – Tabelas de Resultados Analíticos da Fase 3	166
ANEXO 4 – Tabelas de Dados da ETE Jardim das Flores	182

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Processo Convencional	8
Figura 3.2 – Processo de Aeração Escalonada	9
Figura 3.3 – Esquema do Processo de Aeração Prolongada	10
Figura 3.4 – A estrutura e numeração dos átomos do Ácido Fólico	12
Figura 3.5 – Formação do Tetrahidrofolato	16
Figura 3.6 – Reações do Tetrahidrofolato no Interior da Célula	17
Figura 3.7 – Síntese de purino-nucleotídeos	18
Figura 3.8 – Floco Ideal	24
Figura 3.9 – Floco intumescido	24
Figura 3.10 – Floco Pontual	25
Figura 3.11 – Competição entre os organismos filamentosos e não-filamentosos considerando a limitação causada pela concentração de oxigênio dissolvido	35
Figura 3.12 – Variação do pH em função da alcalinidade no Tanque de Aeração ...	42
Figura 3.13 – Teste de Índice Volumétrico de Lodo com Desnitrificação	50
Figura 4.1 – Fluxograma da ETE Piloto	52
Figura 4.2 – Vista Geral da ETE Piloto	53
Figura 4.3 – Vista do tratamento preliminar no CTH e bomba de deslocamento positivo tipo “Nemo” que alimenta a ETE Piloto	54
Figura 4.4 – Vistas Frontal e Lateral do Tanque de Decantação Primária	55
Figura 4.5 – Vista Frontal do Tanque de Equalização antes da Instalação do Decantador Primário	56

Figura 4.6 – Sistemas de Tratamento Biológico I na Montagem e em Operação na Fase 2	57
Figura 4.7 – Sistemas de Tratamento Biológico II na Montagem e em Operação na Fase 2	58
Figura 4.8 – Sistema de ar difuso com domos de bolhas finas	59
Figura 4.9 – Representação Esquemática dos Pontos de Coleta	64
Figura 4.10 – Localização da Zona Seletora nos Tanques de Aeração	67
Figura 5.1 – Fotografias tiradas com microscópio binocular dos lodos dos Sistemas I e II	81
Figura 5.2 – Variação de DBO Total e Solúvel e Eficiência de Remoção na Fase 1	82
Figura 5.3 - Variação de DQO Total e Solúvel e Eficiência de Remoção na Fase 1	83
Figura 5.4 – Variação de SST e SSV no Afluente e Efluentes na Fase 1	84
Figura 5.5 - Variação de SST e SSV nos Tanques de Aeração na Fase 1	85
Figura 5.6 – Frequência dos Valores de SSV nos Tanques de Aeração	86
Figura 5.7 – Probabilidade de Ocorrência dos Valores de SSV nos Tanques de Aeração na Fase 1	87
Figura 5.8 – Frequência dos Valores de IVL nos Tanques de Aeração na Fase 1 ...	88
Figura 5.9 – Valores de IVL Obtidos na Fase 1	89
Figura 5.10 – Teste de Depleção de Oxigênio com os Lodos dos Tanques de Aeração na Fase 1	90
Figura 5.11 – ETE Piloto mostrando os níveis do lodo nos decantadores secundários na Fase 2	96
Figura 5.12 – Fotografias do Lodo do Tanque de Aeração do Sistema I tiradas com microscópio binocular durante a Fase 2	97

Figura 5.13 – Fotografias do Lodo do Tanque de Aeração do Sistema II tiradas com microscópio binocular durante a Fase 2	98
Figura 5.14 – Variação de DBO Total e Solúvel e Eficiência de Remoção na Fase 2	99
Figura 5.15 - Variação de DQO Total e Solúvel e Eficiência de Remoção na Fase 2	100
Figura 5.16 – Variação de SST e SSV no Afluente e Efluentes na Fase 2	101
Figura 5.17 - Variação de SST e SSV nos Tanques de Aeração na Fase 2	102
Figura 5.18 – Frequência dos Valores de SSV nos Tanques de Aeração	103
Figura 5.19 – Probabilidade de Ocorrência dos Valores de SSV nos Tanques de Aeração na Fase 2	104
Figura 5.20 – Frequência dos Valores de IVL nos Tanques de Aeração na Fase 2 ..	105
Figura 5.21 – Valores de IVL Obtidos na Fase 2	106
Figura 5.22 – Fotografias tiradas no dia 16/07/04, com microscópio binocular, dos lodos dos Sistemas I e II	114
Figura 5.23 – Fotografias tiradas no dia 15/09/04, com microscópio binocular, dos lodos dos Sistemas I e II	115
Figura 5.24 – Variação de DBO Total e Solúvel e Eficiência de Remoção na Fase 3	116
Figura 5.25 - Variação de DQO Total e Solúvel e Eficiência de Remoção na Fase 3	117
Figura 5.26 – Variação de SST e SSV no Afluente e Efluentes na Fase 3	118
Figura 5.27 - Variação de SST e SSV nos Tanques de Aeração na Fase 3	119
Figura 5.28 – Frequência dos Valores de SSV nos Tanques de Aeração	120

Figura 5.29 – Probabilidade de Ocorrência dos Valores de SSV nos Tanques de Aeração na Fase 3	121
Figura 5.30 – Frequência dos Valores de IVL nos Tanques de Aeração na Fase 3 ..	122
Figura 5.31 – Valores de IVL Obtidos na Fase 3	123
Figura 5.32 – Teste de Depleção de Oxigênio com os Lodos dos Tanques de Aeração na Fase 3	124
Figura 5.33 – Relação entre as Eficiências de Remoção de DBO e DQO nas Três Fases e as Idades do Lodo	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Parâmetros Aplicáveis às Variantes do Processo por Lodo Ativado	10
Tabela 3.2 – Parâmetros de Operação das Modificações do Processo por Lodo Ativado	11
Tabela 3.3 – Relação entre o Número de ETes e a Deficiência Vitamínica	13
Tabela 3.4 – Microrganismos que utilizam o ácido fólico como micronutriente ou fator de crescimento	14
Tabela 3.5 – Relação das quantidades de lodo	22
Tabela 3.6 – Ordem de Prevalência de Organismos Filamentosos em ETes com Intumescimento do Lodo	26
Tabela 3.7 – Organismos Filamentosos, Prováveis Causas e Prevenção	27
Tabela 3.8 – Microrganismos Indicadores das Condições de Depuração	28
Tabela 3.9 – Distribuição de Microrganismos Filamentosos de acordo com a Idade do Lodo	29
Tabela 3.10 – Resultados de Controle de Bulking Filamentoso (Parte A)	31
Tabela 3.11 – Resultados de Consumo e Redução de Consumo x Solução de Dosfolat (Parte A)	31
Tabela 3.12 – Resultados Obtidos no Controle de Bulking Filamentoso (Parte B) ...	32
Tabela 3.13 – Resultados de Consumo e Redução de Consumo x Solução de Dosfolat (Parte B)	32
Tabela 3.14 – Alimentação e Tempo de Contato em Seletor Aeróbio	36
Tabela 3.15 – Parâmetros Operacionais durante as Fases do Programa Experimental	38
Tabela 3.16 – Idade do Lodo Mínima para Nitrificação	46

Tabela 3.17 – Valores da Constante de Decaimento das <i>Nitrossomonas</i>	46
Tabela 3.18 – Valores da Taxa Específica Máxima de Crescimento das <i>Nitrossomonas</i>	47
Tabela 3.19 – Valores da Constante de Meia Saturação de Nitrogênio Amoniacal para o Crescimento das <i>Nitrossomonas</i>	48
Tabela 3.20 – Valores do Coeficiente de dependência de Arrhenius	48
Tabela 4.1 – Dosagem de DOSFOLAT	60
Tabela 4.2 – Dados do Esgoto Afluentes a ETE Piloto	61
Tabela 4.3 – Programação de Análises Planejada	65
Tabela 5.1 – Valores Médios de DBO, DQO, SST e SSV no Afluentes e Efluentes ..	76
Tabela 5.2 – Valores Médios de NTK, NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ e Fósforo na Fase 1	77
Tabela 5.3 – Valores Médios de SST, SSV, Idade do Lodo e Produção de SSV	77
Tabela 5.4 – Valores Médios de OUR e SOUR obtidos na fase 1	79
Tabela 5.5 – Valores Médios de DBO, DQO, SST e SSV no Afluentes e Efluentes ..	93
Tabela 5.6 – Valores Médios de NTK, NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ e Fósforo na Fase 2	93
Tabela 5.7 – Valores Médios de SST, SSV, Idade do Lodo e Produção de SSV	94
Tabela 5.8 – Valores Médios de DBO, DQO, SST e SSV no Afluentes e Efluentes ..	109
Tabela 5.9 – Valores Médios de NTK, NH ₃ , NO ₂ , NO ₃ e Fósforo na Fase 3	109
Tabela 5.10 – Valores Médios de SST, SSV, Idade do Lodo e Produção de SSV	110
Tabela 5.11 – Valores Médios de OUR e SOUR obtidos na fase 3	112
Tabela 5.12 – Resumo do Experimento	126
Tabela 5.13 – Teste F	127

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABES	- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
Alc	- Alcalinidade
Alc _a	- Alcalinidade no Afluente, expressa em mg CaCO ₃ /L
Alc _e	- Alcalinidade no Efluente, expressa em mg CaCO ₃ /L
A/M	- Relação Alimento/Microrganismos
b	- Constante de Decaimento, expressa em d ⁻¹
C _i	- Concentração de Sólidos em Suspensão Voláteis no Tanque de Aeração no primeiro dia da fase do experimento, expressa em kg/m ³
C _M	- Concentração Média de Sólidos em Suspensão Voláteis no Tanque de Aeração, expressa em kg/m ³
[CO ₂]	- Concentração de Dióxido de Carbono, expressa em mol/L
CRUSP	- Conjunto Residencial da Universidade de São Paulo
CTH	- Centro Tecnológico de Hidráulica
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio a 5 dias e 20°C, expressa em mg O ₂ /L
Dec	- Decantador Secundário
Dec1	- Decantador Secundário do Sistema Biológico I
Dec2	- Decantador Secundário do Sistema Biológico II
ΔAlc	- Variação da Alcalinidade Total, expressa em mg CaCO ₃ /L
ΔN	- Variação de nitrogênio, expressa em mg N/L
ΔN _a	- Variação da Concentração de Nitrogênio Amoniacal, expressa em mg N/L
ΔN _n	- Variação da Concentração de Nitrato, expressa em mg N/L
Δt	- Tempo de dosagem do produto Dosfolat XS, expressa em dias
ΔX _v	- Massa de Sólidos em Suspensão Voláteis Descartada, expressa em Kg/d
DQO	- Demanda Química de Oxigênio, expressa em mg O ₂ /L
EFL1	- Efluente do Decantador Secundário do Sistema Biológico I
EFL2	- Efluente do Decantador Secundário do Sistema Biológico II

ETE	- Estação de Tratamento de Esgoto
f_d	- Coeficiente de Atividade de um Íon Bivalente na Biomassa
f_m	- Coeficiente de Atividade de um Íon Monovalente na Biomassa
hab	- Habitantes
$[H^+]$	- Concentração de Íon Hidrogênio, expresso em mol/L
H_2O_2	- Peróxido de Hidrogênio
IVL	- Índice Volumétrico de Lodo, expresso em mL/g
k_1	- Constante Termodinâmica da Dissociação de CO_2
k_1'	- Constante de Dissociação do CO_2 em Base Molar
k_2	- Constante Termodinâmica da Dissociação de Bicarbonato
k_2'	- Constante de Dissociação do Bicarbonato em Base Molar
K_S	- Constante de Meia Saturação de Nitrogênio Amoniacal, expressa em mg N/L
k_w	- Constante Termodinâmica da Dissociação da Água
k_w'	- Constante da Dissociação da Água em Base Molar
μ	- Taxa de Crescimento Específica, expressa em d^{-1}
μ_{max}	- Taxa de Crescimento Máxima, expressa em d^{-1}
N_a	- Concentração Residual do Nitrogênio Amoniacal no Afluente, expresso em mg N/L
N_{aa}	- Concentração de Nitrogênio Amoniacal no Afluente, expresso em mg N/L
NaClO	- Hipoclorito de Sódio
N_{ae}	- Concentração de Nitrogênio Amoniacal no Efluente, expresso em mg N/L
NH_3	- Nitrogênio Amoniacal, expresso em mg N/L
N_{na}	- Concentração de Nitrato no Afluente, expresso em mg N/L
N_{ne}	- Concentração de Nitrato no Efluente, expresso em mg N/L
$N-NH_3$	- Concentração de Nitrogênio Amoniacal no Afluente, expressa em mg N/L
NO	- Óxido Nítrico
NO_2	- Nitrito, expresso em mg N/L
NO_3	- Nitrato, expresso em mg N/L

N_p	- Concentração de Nitrogênio Amônia Disponível para Nitrificação, expressa em mg N/L
NTK	- Nitrogênio Total Kjeldahl, expresso em mg N/L
N_2	- Nitrogênio
N_2O	- Óxido Nitroso
OD	- Oxigênio Dissolvido, expresso em mg O_2 /L
pH	- Potencial Hidrogeniônico
P_M	- Produção Média de Sólidos em Suspensão Voláteis, expressa em kg/d
P_T	- Produção de Sólidos em Suspensão Voláteis durante a fase do experimento, expressa em kg
P_{Total}	- Fósforo Total, expresso em mg P/L
Q	- Vazão de Esgoto Afluente ao Tanque de Aeração, expresso em m^3/d
Q_w	- Vazão de Descarte de Lodo, expresso em L/d
Sabesp	- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SD	- Sólidos Sedimentáveis em Cone de Imhoff, expresso em mL/L
SD_{30}	- Sólidos Sedimentáveis em 30 minutos, expresso em mL/L
S_e	- Concentração de Matéria Orgânica Biodegradável no Efluente, expressa em kg/m^3
S_o	- Concentração de Matéria Orgânica Biodegradável no Afluente, expressa em kg/m^3
SST	- Sólidos em Suspensão Totais, expresso em mg/L
SSTA	- Sólidos em Suspensão Totais no Tanque de Aeração, expresso em mg/L
SSV	- Sólidos em Suspensão Voláteis, expresso em mg/L
SSVTA	- Sólidos em Suspensão Voláteis no Tanque de Aeração, expresso em mg/L
ST	- Sólidos Totais, expresso em mg/L
STF	- Sólidos Totais Fixos, expresso em mg/L
STV	- Sólidos Totais Voláteis, expresso em mg/L
T	- Temperatura, expressa em $^{\circ}C$
TA	- Tanque de Aeração
TA1	- Tanque de Aeração do Sistema Biológico I

TA2	- Tanque de Aeração do Sistema Biológico II
TDS	- Tempo de Detenção do Lodo no Seletor, expresso em horas
θ	- Coeficiente de Dependência de Arrhenius
θ_c	- Idade do Lodo, expresso em dias
θ_{c_m}	- Idade do Lodo Mínima para Nitrificação, expressa em dias
ton	- Toneladas
TQD	- Tanque de Decantação Primária
TQE	- Tanque de Equalização
UASB	- Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manto de Lodo)
USP	- Universidade de São Paulo
V	- Volume Útil do Tanque de Aeração, expresso em m^3
X_v	- Concentração de Sólidos em Suspensão Voláteis no Tanque de Aeração, expressa em kg/m^3
X_{VE}	- Concentração de Sólidos em Suspensão Voláteis no Efluente Tratado, expresso em kg/m^3
X_{VR}	- Concentração de Sólidos em Suspensão voláteis no Lodo de Retorno, expressa em kg/m^3

RESUMO

Com o objetivo de estudar a redução na geração de resíduos sólidos no processo por lodo ativado por meio de adição química, foi montada uma Estação de Tratamento Piloto na área do Centro Tecnológico de Hidráulica, situado dentro do Campus da Universidade de São Paulo, na cidade de São Paulo. A ETE Piloto é composta de dois sistemas em paralelo, e idênticos, de tratamento por lodo ativado convencional em mistura completa.

A pesquisa foi realizada em três fases distintas e consecutivas. Em todas as três etapas, o primeiro sistema de tratamento da ETE Piloto (Sistema I) recebeu a adição do produto Dosfolat XS, com a intenção de verificar se esse provocaria realmente, a redução do lodo gerado, em comparação com o segundo sistema (Sistema II) que não recebeu Dosfolat XS.

As três fases da pesquisa consistiram, respectivamente, na operação dos dois sistemas, em paralelo, durante 94, 79 e 133 dias efetivos, com alimentação de esgoto decantado na vazão de 5 m³/dia nas duas primeiras etapas e com esgoto bruto na vazão de 2m³/dia na fase final.

Ao longo das três fases do experimento, foram verificadas as condições de sedimentabilidade, as concentrações de sólidos em suspensão totais e voláteis do lodo dos reatores biológicos, e as eficiências de remoção de DBO, DQO, Nitrogênio Total e Fósforo dos dois sistemas paralelos.

Os resultados obtidos nessa pesquisa somente indicaram eficiência do produto Dosfolat XS na redução da geração de lodo no tratamento de esgoto por lodo ativado, em relação ao tratamento por lodo ativado sem a adição de Dosfolat XS.

“ABSTRACT”

Aiming to study the reduction in waste production in the activated sludge process, a Treatment Pilot Plant was built at Centro Tecnológico de Hidráulica, situated at the campus of Universidade de São Paulo, in São Paulo. The Pilot Plant was composed of two parallel and identical systems, that were operated in the conventional activated sludge process with complete mixing.

This study was conducted in three different and successive phases. In each phase, the first system received addition of Dosfolat XS, in order to verify if this product would decrease the quantity of produced sludge, in comparison with the second system, which did not receive any addition.

The three phases above mentioned were consisted in the operation of those two systems during 94, 79 and 133 effective days respectively. There was, in the first and second phases, primary effluent feeding at 5m³/day flow and, in the third phase, raw wastewater feeding at 2m³/day.

During this three phase experiment, its several parameters were monitored: settleability parameters, total and volatile suspended solids concentration of the sludge in the biologic reactors, and the removal efficiency of BOD, COD, TKN and Phosphorus for those two parallel systems.

The results of this study indicated only the efficiency of Dosfolat XS to decrease the quantity of produced sludge in wastewater treated by activated sludge process, in comparison with the activated sludge process without Dosfolat XS addition.

1 – INTRODUÇÃO

O destino dos resíduos sólidos gerados nos centros urbanos tem sido um grande problema devido, muitas vezes, à recusa dos habitantes em conviver, lado a lado, com aterros sanitários e plantas de incineração. O aumento populacional e a crescente concentração urbana mundial têm agravado esse problema.

As nações industrializadas buscam alternativas para a disposição de seus biossólidos, enquanto que os países em desenvolvimento como o Brasil, possuem depósitos de resíduos, em sua maioria, não controlados.

Alternativas mais usuais para a disposição de biossólidos (TSUTIYA, 2002):

- uso agrícola;
- aplicação em reflorestamento;
- reuso industrial na produção de agregado leve, tijolos, cerâmicas e cimento;
- incineração
- recuperação de solos em áreas degradadas e áreas de mineração;
- disposição oceânica.

Nos Estados Unidos e em alguns países da Europa, foi proibida a disposição oceânica.

Nas alternativas que envolvem aplicações superficiais e incorporação no solo, tais processos exigem, no caso do Brasil por possuir solos geralmente ácidos, critérios seguros no que concerne à lixiviação dos metais pesados (ANDREOLI et al, 2001).

A Agenda 21, instrumento aprovado pela Conferência Mundial de Meio Ambiente/Rio 92, relaciona em seu capítulo 21 as seguintes prioridades em relação aos resíduos sólidos e esgotos:

- redução ao mínimo dos resíduos;

- aumento ao máximo da reutilização e reciclagem ambientalmente saudáveis dos resíduos;
- promoção do depósito e tratamento ambientalmente saudáveis dos resíduos;
- ampliação do alcance dos serviços que se ocupam dos resíduos.

Em vista do cumprimento da Agenda 21, esforços têm sido feitos no sentido de minimizar a geração de resíduos. No caso das estações de tratamento de esgotos, pesquisas para a redução da geração de resíduos sólidos envolvendo também o lodo de esgotos, tem sido realizadas.

Foi com estas considerações em mente que o presente trabalho foi idealizado e desenvolvido, com vistas à investigação da minimização do lodo gerado em processos de tratamento por lodo ativado, mediante a adição química.

2 – OBJETIVOS

O objetivo geral dessa pesquisa é o levantamento experimental de dados que corroborem com os resultados positivos encontrados na bibliografia existente sobre a aplicação de solução de ácido fólico em sistemas de tratamento de esgotos sanitários por lodo ativado.

Este trabalho visa:

- Avaliar os dados de literatura em relação à eficiência de tratamento no processo por lodo ativado convencional pela adição de “Dosfolat XS”, envolvendo também a redução da geração de lodo;
- Verificar a alegada eficiência do “Dosfolat XS” no controle do bulking filamentoso, e na melhora da sedimentabilidade do lodo;

3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – Introdução ao Processo de Tratamento por Lodo Ativado

3.1.1 - Definição

O lodo ativado consiste nos flocos produzidos em um esgoto bruto ou decantado, basicamente, pelo crescimento de bactérias heterotróficas, nas quais são incluídos os gêneros *Pseudomonas*, *Achromobacterium*, *Chromobacterium* (*Flavobacterium*), *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Citromonas* e *Zoogloea ramigera* (Dias¹, Pike e Tabor apud JENKINS et al, 1993; VAZOLLER, 1989), na presença de oxigênio dissolvido. Essas bactérias se reproduzem usando a matéria orgânica contida no esgoto como fonte de energia e alimento, se aglomerando umas às outras por meio de “polímeros” extracelulares por elas produzidos, formando os flocos. Estes “polímeros”, que são vários tipos de polissacarídeos e fibras de glicoproteínas, constituem 15 a 20% do peso dos SSVTA (JENKINS et al, 1993). O floco agrega consigo também matéria orgânica e inorgânica particulada vinda no esgoto afluente, e outros microrganismos, tais como, bactérias filamentosas, protozoários, micrometazoários e às vezes fungos e leveduras (VAZOLLER, 1989).

3.1.2 – Características do Processo

O processo de tratamento por lodo ativado é basicamente composto das seguintes unidades principais:

- O Tanque de Aeração (TA) – reator biológico onde o esgoto bruto ou decantado afluente, é misturado e aerado com o lodo ativado vindo do decantador secundário.

¹ **Dias, F.F., and Bhat, J.V.** – Microbial Ecology of Activated Sludge, I. Dominant Bacteria, Appl. Microbiol., 1964; **Pike, E.B.** – Aerobic Bacteria, in Ecological Aspects of Used Water Treatment, 1. Eds, C.R. Curds and H.A. Hawkes, Academic Press, N.Y., 1972; **Tabor, W.A.** – Wastewater Microbiology, Ann. Rev. Microbiol., 1976.

Nesta unidade ocorre a degradação da matéria orgânica biodegradável do esgoto afluente.

- Decantador Secundário (Dec) – unidade que recebe a massa líquida vinda do tanque de aeração e separa, por sedimentação, o chamado lodo ativado do efluente final tratado.
- Sistema de Recirculação – unidade de bombeamento que envia o lodo sedimentado no decantador secundário ao tanque de aeração.
- Sistema de Descarte de lodo - sistema que descarta parte do lodo sedimentado no decantador secundário ou do tanque de aeração para posterior tratamento ou destino final.

Uma parte do lodo ativado sedimentado no decantador secundário é descartada para tratamento posterior ou destino final, enquanto que a maior parte retorna ao tanque de aeração, para manter a concentração de SSVTA em nível adequado. Quando o descarte de lodo é feito diretamente do tanque de aeração, todo o lodo ativado sedimentado no decantador retorna ao TA.

O oxigênio pode ser introduzido no conteúdo do tanque de aeração de quatro maneiras principais:

- Por ar difuso – Ar insuflado por meio de sopradores e introduzido no meio líquido através de difusores de bolhas grossas, medias ou finas.
- Por aeração mecânica – É feita a introdução de ar no meio líquido através de aeradores (agitadores) superficiais mecânicos;
- Combinação da aeração mecânica com insuflamento de ar;
- Sistema com oxigênio puro.

3.1.3 – Parâmetros de Controle do Processo

- a) *Idade do Lodo* (θ_c): É a relação entre a massa de sólidos em suspensão voláteis contidos no tanque de aeração e a massa de sólidos em suspensão voláteis produzidos e descartados por dia, incluindo os sólidos em suspensão voláteis perdidos com o efluente final.

$$\theta_c = \frac{X_v \cdot V}{\Delta X_v} \text{ em dias} \quad (\text{eq. 3.1})$$

onde:

X_v = Concentração de sólidos em suspensão voláteis no tanque de aeração (kg/m^3)

V = Volume útil do tanque de aeração (m^3)

ΔX_v = Massa de sólidos em suspensão voláteis descartada por dia (kg/d)

- b) *Descarte de Lodo* (Q_w): Volume de lodo descartado diariamente do tanque de aeração ou do decantador secundário.

b.1) descarte do tanque de aeração:

$$Q_w = \frac{(V \cdot X_v - Q \cdot X_{ve} \cdot \theta_c) \cdot 1000}{(X_v - X_{ve}) \cdot \theta_c} \text{ em L/d} \quad (\text{eq. 3.2})$$

onde:

X_{ve} = Concentração de sólidos em suspensão voláteis no efluente tratado (kg/m^3)

Q = Vazão de esgoto afluente ao tanque de aeração (m^3/d)

b.2) descarte do decantador secundário:

$$Q_w = \frac{(V \cdot X_v - Q \cdot X_{ve} \cdot \theta_c) \cdot 1000}{(X_{vr} - X_{ve}) \cdot \theta_c} \text{ em L/d} \quad (\text{eq. 3.3})$$

onde:

X_{vr} = Concentração de sólidos em suspensão voláteis no lodo de retorno (kg/m^3)

- c) *Relação Alimento/Microrganismos (A/M)*: É a razão entre a quantidade de alimento disponível (matéria orgânica biodegradável) no esgoto afluente e os microrganismos do reator biológico.

$$\frac{A}{M} = \frac{Q \cdot (S_o - S_e)}{X_v \cdot V} \text{ em d}^{-1} \quad (\text{eq. 3.4})$$

onde:

S_o = DBO do esgoto afluente (kg/m^3)

S_e = DBO do efluente (kg/m^3)

3.1.4 – Variantes do Processo por Lodo Ativado

O processo por lodo ativado originou-se na Inglaterra em 1913 e durante 30 anos não sofreu modificações (PESSÔA, 1982). Com a evolução tecnológica e a pesquisa laboratorial surgiram variações no processo original (van HAANDEL e MARAIS, 1999; PESSÔA, 1982; von SPERLING, 2002), e deram lugar às seguintes variantes, que têm relação com este trabalho:

- a) Quanto ao regime hidráulico do reator biológico
 - Processo de Mistura Completa
 - Processo Tubular, Pistonado ou “Plug Flow”
- b) Quanto à idade do lodo
 - Processo de Alta Taxa
 - Processo de Aeração Prolongada

3.1.4.1 – Processo Convencional

No processo convencional (figura 3.1), utiliza-se antes do reator biológico, uma unidade de decantação primária com o fim de diminuir a fração de matéria orgânica particulada em suspensão no afluente do tanque de aeração. A idade do lodo e o tempo de detenção

hidráulico no reator biológico são, respectivamente, da ordem de 4 a 10 dias e de 6 a 8 horas (von SPERLING, 2002). Neste processo há necessidade de um tratamento para estabilização do lodo descartado, pois este ainda contém uma grande quantidade de matéria orgânica armazenada nas células.

Figura 3.1 – Processo Convencional

Fonte: von SPERLING (2002)

Quanto ao regime hidráulico do reator biológico, existe o sistema de mistura completa no qual o reator tem as dimensões largura e comprimento iguais, e o sistema pistonado, no qual o comprimento do tanque de aeração é bem maior que a largura. O reator de mistura completa tem as vantagens de promover uma distribuição homogênea de oxigênio, boa capacidade de absorver cargas tóxicas instantâneas e amenizar variações de cargas orgânicas, pois essas se diluem rápida e uniformemente no conteúdo do tanque de aeração. No reator tendendo a tubular, como não há mistura longitudinal, a carga orgânica é consumida ao longo do comprimento do mesmo, necessitando gradualmente menos oxigênio dissolvido, sendo, portanto mais eficiente que o reator de mistura completa (van HAANDEL e MARAIS, 1999; von SPERLING, 2002); essa redução gradual de consumo de oxigênio dissolvido pode ser resolvida aplicando-se uma aeração maior no ponto de entrada do esgoto, e diminuindo-a ao longo do tanque de aeração (Processo de Aeração Escalonada ou Aeração Decrescente – figura 3.2).

Figura 3.2 – Processo de Aeração Escalonada
 Fonte: van HAANDEL e MARAIS (1999)

3.1.4.2 – Processo de Alta Taxa

O processo de alta taxa ou alta capacidade distingue-se dos demais por utilizar uma idade do lodo de 2 a 3 dias e tempo de detenção hidráulico de 1 a 2 horas (van HAANDEL e MARAIS, 1999; PESSÔA, 1982). Esse sistema promove a utilização completa da matéria orgânica biodegradável do afluente, com pouca respiração endógena, o que leva a um baixo consumo de oxigênio e uma grande produção de lodo não estabilizado. Esta quantidade de lodo em excesso exige grandes unidades de tratamento para estabilizá-lo.

3.1.4.3 – Processo de Aeração Prolongada

Neste processo (figura 3.3), devido à idade do lodo ser controlada entre 18 e 30 dias, e a relação alimento/microrganismos ser menor que no processo convencional (tabelas 3.1 e 3.2), há menor quantidade de alimento disponível para os organismos presentes no sistema biológico (von SPERLING, 2002). Sendo assim, há predominância da respiração endógena, onde os organismos passam a utilizar a matéria orgânica

biodegradável existente nas próprias células como alimento. Portanto há a estabilização (transformação em matéria inorgânica não biodegradável) da matéria orgânica do lodo ativado no próprio processo, não necessitando de unidades posteriores para digestão do lodo em excesso. Para evitar que haja produção de lodo não estabilizado, neste processo não é utilizada a decantação primária, sendo o afluente do tanque de aeração, o próprio esgoto bruto.

Figura 3.3 – Esquema do Processo de Aeração Prolongada

Fonte: von SPERLING (2002)

3.1.5 – Valores Típicos dos Parâmetros dos Processos por Lodo Ativado

As tabelas 3.1 e 3.2 mostram valores típicos dos parâmetros de processo para as variantes do processo por lodo ativado.

Tabela 3.1 – Parâmetros Aplicáveis às Variantes do Processo por Lodo Ativado

Processo	Remoção de DBO (%)	Tempo de Detenção Hidráulico (h) *	SSTA (mg/L)	Idade do Lodo (d)	A/M (kg DBO/kg SSVTA·d)
Convencional	85 - 95	4 - 8	1500 - 4000	4 - 15	0,20 – 0,40
Aeração Escalonada	85 - 95	4 - 8	1500 - 4000	4 - 15	0,20 – 0,40
Alta Taxa	80 - 90	1 - 2	3000 - 5000	2 - 4	0,40 – 1,50
Aeração Prolongada	90 - 95	16 - 36	3000 - 6000	20 - 30	0,05 – 0,15
Mistura Completa	85 - 95	3 - 5	3000 - 6000	4 - 15	0,20 – 0,60
Oxigênio Puro	85 - 95	1 - 3	6000 - 8000	8 - 20	0,25 – 1,00

Fonte: Adaptada de PESSÓA, 1982

* Tempo de detenção no tanque de aeração

Tabela 3.2 – Parâmetros de Operação das Modificações do Processo por Lodo Ativado

Processo	Regime Hidráulico	Tempo de Detenção Hidráulico (h) *	SSTA (mg/L)	Idade do Lodo (d)	A/M (kg DBO/kg SSVTA·d)
Convencional	Tubular	4 - 8	1500 - 3000	5 - 15	0,20 – 0,40
Aeração Escalonada	Tubular	4 - 8	1500 - 3000	5 - 15	0,20 – 0,40
Aeração Prolongada	Mistura Completa ou Tubular	18 - 36	3000 - 6000	20 - 30	0,05 – 0,15
Mistura Completa	Mistura Completa	3 - 5	3000 - 6000	5 - 15	0,20 – 0,60
Oxigênio Puro	Mistura Completa	2 – 5	6000 - 8000	8 - 20	0,25 – 1,00

Fonte: Adaptada de QASIM, 1985

* Tempo de detenção no tanque de aeração

3.2 – O Ácido Fólico

3.2.1 – Definição

Em 1937, Wills et al descreveram uma anemia macrocítica em mulher grávida, que respondia à terapia com um preparado comercial a partir de leveduras. Osler reconheceu mais tarde que a anemia da gravidez era causada por um agente diferente da anemia causada por deficiência da vitamina B₁₂. Wills et al a seguir trataram a anemia macrocítica de animais com extrato de fígado e atribuíram os efeitos a um fator denominado fator Wills. Em 1940, Snell e Ceteron trabalhavam com extrato de fígado e Day com leveduras e reportaram fatores designando-os com outros nomes. Em 1943, Stokstad demonstrou que todos esses fatores relacionavam-se à purificação do ácido pteroilglutâmico. Logo após, Mitchell cunhou o termo ácido fólico porque encontrava essa substância principalmente nos vegetais de folhas verdes (de *folium*, folha) (apud CAETANO, 2003); O ácido fólico participa, juntamente com a vitamina B₁₂, no processo de síntese do DNA (figuras 3.6).

O ácido fólico, a Vitamina B9 do complexo B (CAETANO, 2003), também chamado de ácido pteroilglutâmico, folacina ou folato (MURRAY, 1998), é uma substância orgânica que consiste em uma base *pteridina* ligada a uma molécula de *ácido p-aminobenzóico* (PABA) e uma de *ácido glutâmico* (figura 3.4).

Figura 3.4 – A estrutura e numeração dos átomos do Ácido Fólico
Fonte: MURRAY (1998)

3.2.2 – Aplicação em Tratamento Aeróbio de Esgoto

De acordo com ANDERL (1987) um estudo feito nos Estados Unidos indicou que em aproximadamente 65% das estações de tratamento de esgoto por meio biológico aeróbio ocorre deficiência em vitaminas. Dentre 71 estações selecionadas, 46 mostraram deficiências vitamínicas nos processos de tratamento. A tabela 3.3 mostra a quantidade destas plantas de tratamento biológico, revelando também que a maior deficiência vitamínica encontrada é a de ácido fólico.

No Brasil não são encontradas pesquisas que revelam índices de deficiência vitamínica nas estações de tratamento de esgoto.

Tabela 3.3 – Relação entre o Número de ETEs e a Deficiência Vitamínica

Vitamina	Quantidade de ETEs
B-12	4
B-2	4
Ácido Pantotênico	7
Tiamina	10
Ácido Fólico	21

Fonte: Adaptada de ANDERL (1987)

LEMMER et al (1998), em seu estudo sobre a adição de vitaminas ao tratamento biológico de águas residuárias, analisando lodos de origem municipal e industrial, achou quantidades de tiamina e riboflavina na faixa de 1 a 29 ppm e de 18 a 43 ppm, respectivamente. O ácido fólico foi encontrado no lodo ativado municipal na faixa de 10 a 13 ppm e no lodo industrial na ordem de 2 ppm.

LEMMER et al (1998), concluíram, pelos testes realizados em placas de contagem, que algumas bactérias heterótrofas saprófitas (que se nutrem a partir de restos orgânicos), isoladas em lodos de plantas de tratamento de águas residuárias de indústrias químicas, petroquímicas, de açúcar, de papel e celulose, e de extração de óleo necessitam de tiamina, biotina, ou ácido nicotínico; porém na biocenose bacteriana do lodo ativado, esses organismos não sofrem deficiência vitamínica, pois suas necessidades são supridas pelas vitaminas produzidas por outros microrganismos. Microrganismos autótrofos, que utilizam a energia gerada por reações inorgânicas para produzir carboidratos, tais como as nitrificantes e as desnitrificantes, poderiam ter as atividades limitadas em caso de deficiência vitamínica. Nesse estudo, verificou também que as adições de complexo vitamínico ou de lodo industrial autoclavado nas placas de contagem, causavam o mesmo efeito de crescimento das bactérias saprófitas, mostrando que as vitaminas contidas no lodo eram suficientes para suprir as necessidades desses microrganismos.

MOHR (1987), em seu artigo sobre o ácido fólico, comenta que há mais de 50 anos essa vitamina do complexo B foi descoberta como um agente de crescimento para bactérias.

Segundo Jenkins (apud MOHR, 1987)², esse ácido possui dois mecanismos de ação característicos nos microrganismos. Primeiramente age como um micronutriente em certas bactérias, e em segundo lugar estimula o crescimento dos microrganismos por sua ação vitamínica (Shane, B. et al apud MOHR, 1987)³. Sem a necessidade de sintetizar o ácido fólico (devido à adição do mesmo no tratamento), a totalidade da atividade enzimática dos microrganismos fica limitada. O ácido fólico, portanto, provoca o cancelamento de alguns caminhos metabólicos, acelerando, assim, outros diferentes processos metabólicos, de modo que a capacidade de consumir outros tipos de nutrientes pode ser aumentada. A tabela 3.4 mostra alguns microrganismos para os quais o ácido fólico é essencial como micronutriente ou como fator de crescimento.

Tabela 3.4 – Microrganismos que utilizam o ácido fólico como micronutriente ou fator de crescimento

Microrganismo	Referências	Microrganismo	Referências
<i>Acetobacter</i>	Marshall, J.H. et al, 1949 e outras	<i>Nitrobacter</i>	Alphachemie, 1987
<i>Achromobacter</i>	Alphachemie, 1987	<i>Nitrossomonas</i>	Alphachemie, 1987
<i>Agrobacterium</i>	Cook, F.D. et al, 1959	<i>Nocardia</i>	Alphachemie, 1987
<i>Alcalidines denitrificans</i>	Alphachemie, 1987	<i>Pediococcus cerevisiae</i>	Nowlan, S.S. et al, 1967 e outras
<i>Bacillus coagulans</i>	Campbell, L.L. et al, 1959	<i>Propionibacteria</i>	Reddy, M.S. et al, 1973
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	Sobotka, H. et al, 1955 e outras	<i>Propionibacterium jensenii</i>	Reddy, M.S. et al, 1973
<i>Bacillus subtilis</i>	Laszlo, N., 1958	<i>Propionibacterium-pentosaceum</i>	Reddy, M.S. et al, 1973
<i>Candida</i>	Atev, A. et al, 1977 e outras	<i>Propionibacterium rubrum</i>	Reddy, M.S. et al, 1973
<i>Clostridium tetani</i>	Mueller, J.R. et al, 1942	<i>Pseudomonas</i>	Rapold, H. et al, 1974 e outras
<i>Enterobacter aerogenes</i>	Jenkins, D. et al, 1976	<i>Pseudomonas acidovorans</i>	Bergius, L.M.M. et al, 1973
<i>Escherichia coli</i>	Zahn, D. et al, 1952 e outras	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Pakman, L.M., 1971
<i>Flavobacterium</i>	Adelbert, B. et al, 1980	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Alphachemie, 1987
<i>Fusarium</i>	Virk, K.S. et al, 1984	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	Bergius, L.M.M. et al, 1973
<i>Fusarium moniliforme</i>	Prasad, M., 1972	<i>Rhizobium trifoli</i>	Kaushik, B.D. et al, 1972
<i>Fusarium oxysporum</i>	Prasad, M., 1972	<i>Rhizopus microsporus</i>	Sultanova, I.G. et al, 1976
<i>Lactobacillus casei</i>	Landy, M. et al, 1942 e outras	<i>Rhodotorula</i>	Nyman, B. et al, 1962 e outras
<i>Lactobacillus delbrückii</i>	Shankman, S. et al, 1947 e outras	<i>Sacharomyces cerevisiae</i>	Bacher, A. et al, 1970 e outras
<i>Lactobacillus fermenti</i>	Tamura, G. et al, 1952	<i>Sporolactobacillus inulinus</i>	Suzuki, Y. et al, 1977
<i>Lactobacillus leichmannii</i>	Rege, D.V. et al, 1954	<i>Streptococcus avium</i>	Nowlan, S.S. et al, 1967
<i>Leuconostoc</i>	Sauberlich, H.E. et al, 1948 e outras	<i>Streptococcus faecalis</i>	Elion, G.B. et al, 1954 e outras
<i>Micrococcus</i>	Alphachemie, 1987	<i>Streptococcus-thermophilus</i>	Nurmikko, V. et al, 1964
<i>Mycobacterium</i>	Nakamura, M. et al, 1982	<i>Staphylococcus aureus</i>	Möller, E.F. et al, 1949 e outras

Fonte: Adaptada de MOHR (1987)

² Jenkins, D.; Spector, R.G. – Folate, catechol amines and bacterial respiration; Biochem. Pharmacol., 1976

³ Shane, B.; Stockstad, E.L.R. – Transport and metabolism of folates by bacteria; J. Biol. Chem., 1975

Os microrganismos que utilizam o ácido fólico como nutriente e fator de crescimento, não o usam diretamente, mas o convertem, através de reações exoenzimáticas, isto é, no exterior da célula, em ácido tetrahidrofólico ou simplesmente tetrahidrofolato (H_4 Folato), como mostrado na figura 3.5. Este composto atua como um transportador de grupos monocarbônicos em várias reações enzimáticas, entre os quais os grupos metil ($-CH_3$), metileno ($-CH_2-$), metenil ($-CH-C=$), formil ($-CHO$) e formimino ($-CH=NH$) (LEHNINGER, 1988).

Quanto à necessidade de ácido fólico no tratamento aeróbio de esgoto, são necessárias concentrações da ordem de $\mu g/L$, enquanto que para outras vitaminas, também essenciais ao crescimento dos microrganismos, são necessárias maiores concentrações.

Quanto à aplicação de ácido fólico, devido à sua baixa solubilidade em água (6 dias são necessários para dissolver 1 kg de ácido fólico puro em $100\ m^3$ de água a $15^\circ C$, 1 dia em $1000\ m^3$ e 4 horas em $10000\ m^3$), fácil oxidação no tanque de aeração, e sua degradação sob a ação do calor e da luz, utiliza-se uma variante mais solúvel, segundo BIOPRIME (2000), denominada comercialmente de DOSFOLAT XS, cuja estabilidade permite que os microrganismos tenham tempo de converter, internamente à célula, o ácido fólico em ácido folínico, também denominado coenzima F (figura 3.6).

Figura 3.5 – Formação do Tetrahydrofolato
 Fonte: Adaptada de MURRAY (1998)

Figura 3.6 – Reações do Tetrahidrofolato no Interior da Célula

Fonte: Adaptada de MURRAY (1998)

Segundo LIMA (2003), o ácido folínico é uma coenzima importante em diversos processos metabólicos (incluindo a síntese de nucleotídeos de purina e pirimidina), que está envolvida em algumas conversões de aminoácidos e também participa da síntese do DNA (figura 3.7), portanto acelerando a reprodução dos microrganismos que não

necessitarão sintetizar o H₄Folato. As coenzimas são substâncias que funcionam como reagentes de transferência de grupos funcionais nas reações enzimáticas.

Figura 3.7 – Síntese de purino-nucleotídeos

Fonte: WILLIAMS (1976)

BIOPRIME (2000), em seu artigo técnico sobre Dosfolat XS comenta sobre os resultados obtidos pela adição deste produto em unidades de tratamento biológico em sistemas municipais, industriais e mistos. Verificou-se, segundo o descrito neste artigo que o uso de Dosfolat XS:

- Reduz a quantidade de lodo gerada;
- Controla os microrganismos filamentosos, isso constatado pelo baixo Índice Volumétrico de Lodo (tabelas 3.10 e 3.12);
- Incrementa a nitrificação;
- Acelera o tratamento, isto é, aumenta a eficiência em termos de remoção de DBO e DQO.

Um exemplo de utilização de Dosfolat XS no Brasil é a Estação de Tratamento de Esgoto Jardim das Flores da Sabesp, situada na cidade de São José dos Campos, Estado de São Paulo. Esta ETE tem as seguintes características gerais:

- Processo: lodo ativado aeração prolongada
- Unidades: tanque de aeração (aerador superficial); decantador final; digestor aeróbio de lodo (aerador superficial); desinfecção; leitos de secagem para lodo; elevatória de recirculação/descarte de lodo.
- Vazão média: 7,3 m³/h
- DBO afluente média: 500 mg/l (esgoto estritamente doméstico)
- DQO afluente média: 900 mg/l
- SST no TA: 4500 mg/l
- SST no efluente final: 50 mg/l
- Lodo gerado: 72 m³/mês
- Taxa de recirculação do lodo: 40-50%
- Volume do reator: 363 m³
- Eficiência de remoção DBO: 90 %

Durante o período de abril a novembro de 2002 foram aplicadas, na linha de recirculação de lodo da ETE Jardim das Flores, as seguintes dosagens de Dosfolat:

- Dosagem inicial (de choque): 3,6 g/h (entre 25/04 e 10/05/2002)
- Dosagem normal: 0,72 g/h

Os dados de descarte de lodo para o leito de secagem da ETE, no período de dosagem de Dosfolat (Controles Mensais de Tratamento de Esgoto - Anexo 4) perfazem um total de 160 m³ de lodo, a saber:

- 32 m³ em 30/04/2002
- 32 m³ em 16/05/2002
- 32 m³ em 16/06/2002
- 32 m³ em 01/08/2002
- 32 m³ em 16/08/2002

Este total deu uma média mensal de geração de lodo igual a 22,9 m³, 68,3% menor que a produção anterior de 72 m³/mês.

Outros dados que valem ser mencionados são:

- Não houve alterações dos parâmetros fósforo e nitrogênio amoniacal após a aplicação de Dosfolat, a saber:
 - N-NH₃ afluyente = 45 mg N/L
 - N-NH₃ efluente = 30 mg N/L
 - Fósforo afluyente = 13 mg/L
 - Fósforo efluente = 2,6 mg/L
- Houve um acréscimo de 30% na concentração de sólidos em suspensão voláteis no tanque de aeração.
- Houve acréscimo de perdas de sólidos no efluente.

3.3 - A Geração de Lodo no Tratamento Biológico

ANDREOLI et al (2001), referenciando o Censo de 1991 no Brasil, citam que apenas 47% dos municípios brasileiros possuem coleta de esgoto sanitário, sendo que a parcela do esgoto urbano do país, tratado por estações de tratamento representa 10 % do total gerado. Qualquer que seja o tipo de tratamento utilizado para o esgoto, haverá geração de lodo e sua disposição é problemática, podendo representar até 60% dos custos operacionais de uma unidade de tratamento de esgotos. Nos sistemas de tratamento aeróbios, a média de produção de lodo desidratado varia entre 17 a 27 ton/dia (20% de sólidos) para cada 100.000 habitantes, o que equivale a valores entre 34 e 54 g SST/hab·dia.

ALEM SOBRINHO (2002) cita o valor de 50 a 55 g SST/hab·dia de lodo não digerido produzido no sistema de lodo ativado. No caso de lodo desidratado e estabilizado (pH maior que 11) com cal, 65 a 75 g SST/hab·dia, para teor de sólidos de 25%, a produção de lodo varia em torno de 26 a 30 ton/dia para cada 100.000 habitantes.

IMHOFF (2002) relaciona a quantidade de lodo produzida nas diferentes unidades das estações de tratamento de esgotos. Os valores da tabela 3.5 referem-se às condições típicas da Alemanha. Para o lodo desidratado a 20% de teor de sólidos e 50 g SST/hab·dia, a produção seria 25 ton/dia de lodo para 100.000 habitantes.

Esses valores, citados acima, mostram a grandeza do problema enfrentado pelos técnicos e operadores das estações de tratamento por lodo ativado, levando à pesquisa de novos processos de tratamento, visando a redução da produção de lodo. Entre esses está o Reator UASB, com as alternativas de pós tratamento de efluente por lodo ativado, por filtro biológico de alta taxa, por biofiltro aerado submerso e por lagoa aerada seguida de lagoa de decantação, que geram menor quantidade de lodo (25% de sólidos), variando entre 5,8 e 9,9 ton/100.000 hab·dia (equivalente diário) para o sistema com lagoas, e

entre 8,8 e 12 ton/100.000 hab-dia para os demais processos, segundo ALEM SOBRINHO (2002).

Tabela 3.5 – Relação das quantidades de lodo

	a Quantidade de sólidos g/(hab · d)	b Teor de sólidos (%)	c Teor de água (%)	d Quantidade de lodo $\frac{a}{b \cdot 10} \text{ L}/(\text{hab} \cdot \text{d})$
A. Decantador com digestor				
1. Lodo fresco, retirado sob água de decantadores cônicos.	45	2,5	97,5	1,8
2. Como acima, adensado	45	5,0	95,0	0,90
3. Lodo digerido, adensado	30	10,0	90,0	0,30
4. Lodo digerido, desidratado artificialmente	30	30,0	70,0	0,10
5. Idem, secado ao ar	30	45,0	55,0	(0,13)
B. Filtro biológico, com digestor				
6. Lodo do decantador secundário	25	4,0	96,0	0,63
7. Lodo bruto, mistura do lodo primário com o secundário	70	4,7	95,3	1,50
8. Lodo digerido, misturado, molhado	45	3,0	97,0	1,50
9. Lodo digerido, desidratado artificialmente	45	28,0	72,0	0,16
10. Idem, secado ao ar	45	45,0	55,0	(0,19)
C. Lodo ativado com digestor ou estabilização aeróbia do lodo				
11. Excesso de lodo ativado, bruto, recalado	35	0,7	99,3	5,00
12. Mistura de lodo primário e excesso de lodo ativado, bruto, adensado	80	4,0	96,0	2,00
13. Lodo misto digerido, molhado	50	2,5	97,5	2,00
14. Lodo misto digerido, desidratado artificialmente	50	22,0	78,0	0,23
15. Lodo misto estabilizado aerobicamente, adensado	50	2,5	97,5	2,00
16. Idem, desidratado artificialmente	50	20,0	80,0	0,25
17. Idem, secado ao ar	50	45,0	55,0	(0,21)
D. Precipitação química e floculação				
18. Pré-precipitação, lodo primário bruto, adensado	65	4,0	96,0	1,60
19. Lodo da pré-precipitação digerido, adensado	45	5,0	95,0	0,90
20. Precipitação simultânea (lodo ativado), lodo primário e secundário, bruto, adensado	90	4,0	96,0	2,25
21. Precipitação simultânea, lodo misto, digerido e adensado	60	3,0	97,0	2,00
22. Pós-precipitação, lodo bruto da fase terciária, adensado	15	1,5	98,5	1,00

Fonte: adaptada de Imhoff (2002).

3.4 – O Intumescimento do Lodo

3.4.1 – Definição e Ocorrência

O denominado “filamentous bulking” ou simplesmente “bulking”, de acordo com a terminologia inglesa, tem sido um problema constante para muitas estações de tratamento de esgotos sanitários e efluentes industriais no mundo. Devido ao crescimento descontrolado de organismos filamentosos, o “bulking” do lodo ativado é um fenômeno comum, que provoca uma sedimentação lenta e fraca compactação dos sólidos na fase de clarificação no decantador secundário.

Cabe neste assunto o comentário sobre o Índice de Mohlman, hoje denominado de Índice Volumétrico de Lodo (IVL), um parâmetro de controle utilizado como indicador da sedimentabilidade do Lodo. Este índice, de dimensão mL/g, é o volume em mililitros ocupado por 1 grama de lodo, após sedimentar por 30 minutos, ou, em outras palavras, a relação entre o volume de lodo sedimentado em uma proveta de 1 litro após 30 minutos e a concentração de sólidos em suspensão na amostra. Ainda que o IVL seja um teste que define somente um ponto da curva de sedimentação do lodo, JENKINS et al (1993) referem-se a ele como um parâmetro de verificação do aparecimento do “bulking”.

Segundo JENKINS et al (1993) os organismos filamentosos não são prejudiciais ao tratamento biológico quando crescem em equilíbrio com as bactérias formadoras dos flocos. Estando no interior do floco, os filamentos dão a ele uma estrutura e rigidez. Mesmo que os filamentos saiam, em pequena quantidade, para fora da superfície do floco, não provocarão problemas de sedimentação e compactação do lodo ativado. Estes flocos estruturados, e de bom tamanho (figura 3.8), formarão um lodo com IVL na faixa típica entre 80 e 120 mL/g e um efluente decantado com baixa turbidez e com poucos sólidos em suspensão.

Figura 3.8 – Floco Ideal
Fonte: Adaptada de JENKINS (1993)

JENKINS et al (1993) também afirmam que quando os microrganismos filamentosos crescem em profusão, ultrapassando muito as superfícies dos flocos e formando uma malha entre eles, está caracterizado o intumescimento do lodo (figura 3.9). O valor do IVL do lodo será tipicamente maior que 150 mL/g e o efluente será extremamente límpido, pois a malha de filamentos filtra os sólidos em suspensão que provocam turbidez. Nos sistemas que utilizam mistura completa, este tipo de floco geralmente é observado.

Figura 3.9 – Floco intumescido
Fonte: Adaptada de JENKINS (1993)

Na ausência completa de organismos filamentosos, os flocos formados são, comparativamente, de menor dimensão, sem rigidez, e dispersos. São os chamados “pin-point flocc” ou flocos pontuais (figura 3.10), que são quebrados facilmente por qualquer turbulência, que é comum na agitação do tanque de aeração ou no bombeamento de retorno de lodo. O IVL desse lodo é tipicamente menor que 70 mL/g e o efluente tem alta turbidez. Este tipo de floco geralmente é observado em sistemas de aeração prolongada (JENKINS et al, 1993).

Figura 3.10 – Floco Pontual
Fonte: Adaptada de JENKINS (1993)

Quanto à incidência do fenômeno de intumescimento de lodo, RICHARD (1989) cita que nos Estados Unidos, 60% das estações de tratamento por lodo ativado são afetadas pelo “bulking”, e também revela uma pesquisa realizada pela Universidade do Estado do Colorado que 80% das ETEs neste Estado sofrem com o “bulking” pelo menos uma vez por ano.

WANNER (1994) menciona que a ocorrência de intumescimento de lodo ativado em ETEs na Europa varia entre os países, sendo que no Reino Unido chega a 63% das

ETEs, na Alemanha a 45% e na França a 25%. Na África do Sul esse percentual está em 32%.

Segundo DUBÉ (2002), durante os últimos 20 anos, houve muito desenvolvimento nos campos do conhecimento e controle do bulking filamentoso. Tendo como principal objetivo o controle do processo de lodo ativado, técnicas de identificação de microrganismos filamentosos têm sido desenvolvidas. As ocorrências de organismos filamentosos têm sido correlacionadas com condições ambientais específicas, criando relações de causa e efeito entre elas. As tabelas 3.6 e 3.7, respectivamente, mostram os microrganismos filamentosos predominantes com suas ocorrências em estações de tratamento nos Estados Unidos, Europa e África do Sul, e a relação desses organismos com condições específicas de processo.

Tabela 3.6 – Ordem de Prevalência de Organismos Filamentosos em ETEs com Intumescimento do Lodo

Organismo Filamentoso	Porcentagem de ETEs com prevalência	Prevalência			
		Estados Unidos	Holanda	Alemanha	África do Sul
<i>Nocardia spp.</i> (*)	31	1	-	-	-
Tipo 1701	29	2	5	8	-
Tipo 021N	19	3	2	1	10
Tipo 0041	16	4	6	3	2
<i>Thiothrix spp.</i>	12	5	19	-	-
<i>Sphaerotilus natans</i>	12	6	7	4	-
<i>Microthrix parvicella</i>	10	7	1	2	5
Tipo 0092	9	8	4	-	1
<i>H. hydroxsis</i>	9	9	3	6	-
Tipo 0675	7	10	-	-	3
Tipo 0803	6	11	9	10	8
<i>Nostocoida limicola II</i>	6	12	11	7	9
Tipo 1851	6	13	12	-	6
Tipo 0961	4	14	10	9	11
Tipo 0581	-	15	8	-	-
<i>Beggiatoa spp.</i>	3	16	18	-	-
Fungos	1	17	15	-	-
Tipo 0914	1	18	-	-	7

Fonte: Adaptada de RICHARD e GERARDI apud JORDÃO (1998)⁴

(*) A ocorrência de *Nocardia spp.* relaciona-se ao fenômeno da formação de espumas.

⁴ **Richard, M.** – Activated Sludge Microbiology; Water Pollution Control Federation, Série “The Bench Sheet”, 1991; **Gerardi, M.H. et al** – Wastewater Biology: the Microlife; Water Pollution Control Federation, Special Publication, 1990.

O controle eficaz dos parâmetros de processo, descrito na tabela 3.7, pode diminuir os efeitos maléficos do intumescimento do lodo, porém a eficiência do processo por lodo ativado não é conseguida somente com o controle dos microrganismos filamentosos, mas outras espécies também são indicadoras das condições de depuração no sistema de tratamento, como pode ser visto na tabela 3.8.

Tabela 3.7 – Organismos Filamentosos e Prováveis Causas, e Prevenção.

Provável Causa	Organismos Filamentosos	Prevenção
Baixa concentração de oxigênio dissolvido (*)	<i>Sphaerotilus natans</i> , Tipo 1701, <i>H. hydrossis</i>	Aumentar aeração
Baixa relação A/M	<i>M. parvicella</i> , <i>Nocardia spp.</i> , <i>Haliscomenobacter hydrossis</i> , Tipos 021N, 0041, 0675, 0092, 0581, 0961, 0803	Seletor provocando maior relação A/M
Alta concentração de Sacarídeos	<i>S. natans</i> , Tipos 1701, 021N e outros	Dosagem de Cl ₂ ou H ₂ O ₂ , seletor com regeneração de lodo separado.
Esgoto em estado séptico/presença de sulfetos	<i>Thiothrix spp.</i> , <i>Beggiatoa spp.</i> , Tipo 021N	Remoção de sulfetos pela pré-aeração ou precipitação. Ou pré-cloração (van Haandel e Marais, 1999)
Deficiência de nutrientes (N ou P)	<i>Thiothrix spp.</i> , Tipos 021N, 0041 (presença de despejos industriais somente), 0675	Dosagem dos nutrientes necessários
Baixo pH (<6,5)	Fungos	Dosagem de Ca(OH) ₂ ou Soda Barrilha no afluente

Fonte: Adaptada de RICHARD (1989) e CHUDоба (1985)

(*)Pode ser provocada por elevação de temperatura no TA, WANNER, JIRI (1994)

Tabela 3.8 – Microrganismos Indicadores das Condições de Depuração

Microrganismos	Características do processo
Predominância de flagelados e rizópodes	Lodo jovem, característico de início de operação ou idade do Lodo baixa
Predominância de flagelados	Deficiência de aeração, má depuração e sobrecarga orgânica
Predominância de ciliados pedunculados e livres	Boas condições de depuração
Presença de <i>Arcella</i> (rizópode com teca)	Boa depuração
Presença de <i>Aspidisca costata</i> (ciliado livre)	Nitrificação
Presença de <i>Trachelophyllum</i> (ciliado livre)	Idade do lodo alta
Presença de <i>Vorticella microstoma</i> (ciliado pedunculado) e baixa concentração de ciliados livres	Efluente de má qualidade
Predominância de anelídeos do gênero <i>Aelosoma</i>	Excesso de oxigênio dissolvido
Predominância de filamentos	Intumescimento do lodo

Fonte: VAZOLLER (1989)

Outro parâmetro de processo, a idade do lodo, pode indicar a predominância de alguns microrganismos filamentosos em detrimento de outros. EKAMA e MARAIS (1986) comentam que baixo fator A/M ou alta idade do lodo são condições favoráveis para o surgimento do “bulking” filamentosos. Segundo WANNER, JIRI (1994), baixas idades do lodo (Θ_c) podem resultar em “wash-out” das espécies de taxa de crescimento baixa, enquanto valores elevados de Θ_c favorecem seu crescimento. Portanto, para diferentes faixas de idade do lodo vão predominar diferentes microrganismos filamentosos. A tabela 3.9 relaciona espécies de organismos filamentosos com a idade do lodo.

Tabela 3.9 – Distribuição de Microrganismos Filamentosos de acordo com a Idade do Lodo

Idade do Lodo (dias)	Microrganismos Filamentosos
Menor que 5	Tipo 021N, <i>Nostocoida limicola II</i>
Próximo a 10	<i>Sphaerotilus natans</i> , Tipo 021N, Tipo 0041, <i>H. hydrossis</i> , <i>Nocardioform actinomycetes</i>
Superior a 10	<i>Microthrix parvicella</i> , Tipo 0092, <i>Nocardioform actinomycetes</i>

Fonte: adaptado de WANNER, JIRI (1994)

3.4.2 - Controle do Intumescimento do Lodo

3.4.2.1 - Controle Através de Parâmetros de Processo

Visando evitar o fenômeno do intumescimento do lodo, WANNER (1994) menciona a necessidade de controle de alguns parâmetros para a redução do crescimento dos microrganismos filamentosos:

- Concentração mínima de oxigênio dissolvido no tanque de aeração. Segundo van HAANDEL e MARAIS (1999), a concentração de oxigênio dissolvido (OD) de 2 mg/L é suficiente para a ocorrência da nitrificação, caso essa seja pretendida. A norma brasileira NBR-570 (ABNT, 1989) recomenda concentrações de OD de 1,5 mg/L e 2,0 mg/L para sistemas com idades de lodo igual ou maior que 18 dias e inferior a 18 dias respectivamente.
- Concentração adequada dos nutrientes (nitrogênio, fósforo e micronutrientes). Segundo PESSÔA e JORDÃO (1982) a relação DBO/N/P indicadora de viabilidade do tratamento biológico aeróbio é de 100/5/1 em mg/L;
- O pH, pois valores abaixo de 6,5 favorecem predominância de fungos filamentosos (tabela 3.7). Segundo JENKINS et al (1993), pH menor que 6,0 favorece a proliferação de fungos filamentosos.

CHUDоба (1985) confirma alguns princípios básicos para controle do intumescimento do lodo e revela que este fenômeno aparece quando os organismos filamentosos crescem mais que os microrganismos formadores de flocos. Este crescimento excessivo é afetado pela:

- composição do afluente
- concentração de oxigênio dissolvido
- concentração de substrato solúvel
- idade do lodo e relação A/M

Estes fatores e suas possíveis correções foram vistos na tabela 3.7.

Além do controle dos parâmetros de processo, outros métodos que combatem o intumescimento filamentoso podem ser utilizados:

- Adição química de peróxido de hidrogênio, hipoclorito de sódio, solução de ácido fólico (DUBÉ, 2002);
- Utilização de seletores aeróbios, anaeróbios e anóxicos (WANNER, JIRI - 1994).

DUBÉ et al (2002), operando 5 reatores biológicos aeróbios por 6 meses, com lodo ativado e esgoto provenientes de uma planta de papel e celulose produtora de polpa de cozimento e termo-mecânica para manufatura de papel imprensa, utilizando um reator como branco, outro com seletor anóxico, e cada um dos demais com adição de Dosfolat, peróxido de hidrogênio e hipoclorito de sódio respectivamente, compararam esses métodos de controle do intumescimento de lodo, e verificaram, utilizando como parâmetro o IVL, que a solução de ácido fólico foi mais eficiente no controle do “bulking”. Na parte A do experimento (tabelas 3.10 e 3.11), onde os reatores foram submetidos à deficiência de OD (~0,5 mg/L), verificaram uma melhor sedimentabilidade do lodo que recebeu a adição de Dosfolat na dosagem de 2,0 mg/L, como também uma menor produção de lodo. Na parte seguinte do experimento (B), verifica-se, pelas tabelas 3.12 e 3.13, que a melhor sedimentabilidade do lodo foi obtida na menor adição de Dosfolat (0,1 mg/L) com a concentração de OD de 2,0 mg/L.

Tabela 3.10 - Resultados de Controle de Bulking Filamentoso (Parte A)

Método de Tratamento	Dosagem ou TDS	SSVTA Médio (mg/L)	Remoção Média de DQO (%)	IVL Inicial (mL/g)	Tempo de obtenção do IVL alvo (dias)	IVL mínimo obtido (mL/g)
Solução de Dosfolat	2,0 mg/L	3832	76,8	400	8	147
H₂O₂	0,1 kg/t	3724	70,4	400	6	166
NaClO	4,0 kg/t	3715	77,1	390	4	165
Seletor Anóxico	1 hora	3761	77,1	405	ANA	350
ANA: Alvo não alcançado			TDS: Tempo de Detenção no Seletor			

Fonte: Adaptada de DUBÉ et al (2002)

Tabela 3.11 - Resultados de Consumo e Redução de Consumo x Solução de Dosfolat (Parte A)

Método de Tratamento	Consumo de NH ₃ e Porcentagem de Consumo em Relação ao Sistema com Ácido Fólico		Consumo de PO ₄ e Porcentagem de Consumo em Relação ao Sistema com Ácido Fólico		Consumo da TUEO e Porcentagem de Consumo em Relação ao Sistema com Ácido Fólico		Produção de Lodo e Porcentagem de Produção de Lodo em Relação ao Sistema com Ácido Fólico	
	Kg N/t de SSVTA	(%)*	Kg P/t de SSVTA	(%)*	mg O ₂ /L/h/g	(%)*	g SSVTA/g DQO · dia	(%)*
Branco (Controle)	5,1	-2,0	1,2	8,3	7,0824	6,2	0,1760	11,8
Solução de Dosfolat	5,2	-	1,1	-	6,6445	-	0,1552	-
H₂O₂	5,4	3,7	1,1	-	6,1546	-8,0	0,1878	17,4
NaClO	5,5	5,5	1,2	8,3	7,5374	11,9	0,1797	13,6
Seletor Anóxico	5,7	8,8	1,1	-	7,9947	16,9	0,1823	14,9

TUEO: Taxa de Uso Específico de Oxigênio

Fonte: Adaptada de DUBÉ et al (2002)

* Porcentagem de consumo acima do menor consumo do tratamento com adição de Dosfolat

Ex: Porcentagem de Produção de Lodo no Seletor Anóxico: $[(0,1823 - 0,1552) / 0,1823] \times 100 = 14,9\%$

Tabela 3.12 - Resultados Obtidos no Controle de Bulking Filamentoso (Parte B)

Método de Tratamento	Dosagem ou TDS	Nível de OD (mg/L)	SSVTA médio (mg/L)	Remoção média de DQO (%)	IVL inicial (mL/g)	Tempo para obter IVL alvo (dias)	IVL mínimo obtido (mL/g)
Solução de Dosfolat	2,0 mg/L	~ 0,5	3720	82,5	450	ONA	375
	2,0 mg/L	~ 2,0	4027	83,4	400	ONA	370
	0,5 mg/L	~ 2,0	3919	82,2	420	7	-
	0,1 mg/L	~ 2,0	3714	82,1	200	-	36
H ₂ O ₂	0,1 kg/t	~ 0,5	3478	76,1	500	ONA	390
	0,1 kg/t	~ 2,0	3784	80,1	420	ONA	410
	0,2 kg/t	~ 2,0	3909	82,8	490	ONA	380
NaClO	4,0 kg/t	~ 0,5	3482	80,3	420	ONA	340
	4,0 kg/t	~ 2,0	3742	85,6	430	9	97
Seletor Anóxico	1 hora	~ 0,5	3630	82,5	420	ONA	390
ONA: Objetivo não alcançado TDS: Tempo de Detenção no Seletor							

Fonte: Adaptada de DUBÉ et al (2002)

Tabela 3.13 - Resultados de Consumo e Redução de Consumo x Solução de Dosfolat (Parte B)

Método de Tratamento	Dosagem ou TDS	Nível de OD (mg/L)	Consumo de NH ₃ e Porcentagem de Consumo em Relação ao Sistema com Ácido Fólico		Consumo de PO ₄ e Porcentagem de Consumo em Relação ao Sistema com Ácido Fólico		Consumo da TUEO e Porcentagem de Consumo em Relação ao Sistema com Ácido Fólico		Produção de Lodo e Percentagem de Produção de Lodo em Relação ao Sistema com Ácido Fólico	
			Kg N/t de SSVTA	(%)*	Kg P/t de SSVTA	(%)*	mg O ₂ /L/h/g	(%)*	g SSVTA/g DQO · dia	(%)*
Branco (Controle)	-	~ 2,0	8,1	48,3	1,1	54,5	8,2443	62,0	0,2119	64,2
Solução de Dosfolat	2,0 ppm	~ 0,5	6,5	44,6	0,5	-	3,1354	-	0,1698	55,4
	2,0 ppm	~ 2,0	7,3	50,7	0,5	-	3,8955	19,5	0,1556	51,3
	0,5 ppm	~ 2,0	6,1	41,0	1,6	68,8	5,5176	43,2	0,0886	14,5
	0,1 ppm	~ 2,0	3,6	-	1,1	54,6	8,2478	62,0	0,0758	-
H ₂ O ₂	0,1 kg/t	~ 0,5	4,9	26,5	1,0	50,0	4,5935	31,7	0,1569	51,7
	0,1 kg/t	~ 2,0	6,3	42,9	1,4	64,3	4,3771	28,4	0,0956	20,7
	0,2 kg/t	~ 2,0	4,6	21,7	0,7	28,6	5,9345	47,2	0,1372	44,8
NaClO	4,0 kg/t	~ 0,5	6,4	43,8	0,6	16,7	6,1048	48,6	0,1552	51,2
	4,0 kg/t	~ 2,0	5,3	32,1	1,6	68,8	5,9171	47,0	0,0724	-4,7
Seletor Anóxico	40-45 minutos	~ 0,5	9,0	60,0	0,9	44,4	7,7701	59,7	0,1700	55,4
TDS: Tempo de Detenção no Seletor OD: Oxigênio Dissolvido TUEO: Taxa de uso específico de oxigênio										

Fonte: Adaptada de DUBÉ et al (2002)

* Porcentagem de consumo acima do menor consumo do tratamento com adição de Dosfolat

Ex: Porcentagem de Produção de Lodo no Seletor Anóxico: $[(0,17 - 0,0758) / 0,17] \times 100 = 55,4\%$

O experimento de DUBÉ et al (2002), mostrou que a adição de peróxido de hidrogênio e o seletor anóxico não foram efetivos no controle do intumescimento do lodo oriundo do tratamento, por lodo ativado, de água residuária de planta de papel e celulose, enquanto que o ácido fólico e o hipoclorito de sódio controlaram o crescimento excessivo dos microrganismos filamentosos.

Na tabela 3.13 pode ser observado que a menor produção de lodo não foi no sistema com adição de ácido fólico, e sim no tratamento que recebeu adição de hipoclorito de sódio (NaClO). Embora isso acontecendo, a aplicação de cloro não é utilizada para provocar redução da produção de lodo e sim para controle de “bulking”. Segundo JENKINS et al (1993), a cloração somente deve ser utilizada quando um valor previamente fixado para o IVL for significativa e consistentemente excedido.

A aplicação de cloro não interfere na eficiência de remoção de DBO, porém pode haver um pequeno acréscimo na DQO solúvel do efluente (JENKINS et al, 1993).

JENKINS et al (1993) também mencionam o fato que os organismos filamentosos, encontrados no lodo ativado, variam em sua sensibilidade ao cloro. *Thiothrix spp.* e o Tipo 021N são muito sensíveis enquanto que *M. parvicella* e *Nostocoida spp.* são resistentes. As demais espécies têm sensibilidade intermediária.

3.4.2.2 - Seletores

A perda de sólidos no decantador secundário acontece não só pela ocorrência da desnitrificação e a formação de flocos pontuais (“pin-point floc”), mas também pelo crescimento descontrolado de organismos filamentosos no tanque de aeração, como já visto (item 3.4.1). Para corrigir tal situação, nos últimos anos foi desenvolvida a técnica de introduzir alguma modificação na parte de montante do tanque de aeração, onde uma zona de mistura entre o esgoto afluente e o lodo de retorno é promovida, antes do corpo

principal do reator. Essa modificação é denominada “câmara seletora” ou simplesmente “seletor”.

O mecanismo de atuação dos seletores reside, segundo von SPERLING (2002), em criar condições favoráveis ao crescimento dos organismos formadores do floco em detrimento dos filamentosos. Portanto, há uma seleção dos microrganismos mais desejáveis no sistema biológico de tratamento.

CHUDоба (1973), em seus estudos sobre a seleção de microrganismos por meio de seletor, através de gráficos de crescimento, comparando os microrganismos formadores de floco com os filamentosos, relaciona as suas taxas específicas de crescimento com concentração de substrato. CHUDоба verificou que em condições de elevada concentração de substrato, a taxa de crescimento dos organismos formadores de flocos é bem maior, sendo que para baixas concentrações de substrato, os microrganismos filamentosos têm taxa de crescimento superior aos não-filamentosos. Nesses estudos, CHUDоба mostra que com a utilização de uma câmara seletora com baixo número de dispersão (menor que 0,17) e um adequado gradiente de concentração de substrato, pode-se garantir um maior crescimento dos organismos formadores de flocos em comparação com os filamentosos.

CHIESA e IRVINE (1985) e ECKENFELDER (1985) chegaram a comparar a concentração de oxigênio dissolvido no reator biológico, com a taxa de crescimento de organismos filamentosos e formadores de floco, quando em altas concentrações de substrato e verificaram que em altas concentrações de oxigênio dissolvido os organismos formadores de floco crescem mais rapidamente que os filamentosos, ao passo que o contrário acontece em concentrações baixas de oxigênio dissolvido (figura 3.11). Portanto, na câmara seletora aeróbia, deve-se manter uma concentração adequada de oxigênio dissolvido.

Figura 3.11 – Competição entre os organismos filamentosos e não-filamentosos considerando a limitação causada pela concentração de oxigênio dissolvido

Fonte: Adaptada de CHIESA e IRVINE (1985) e ECKENFELDER (1985)

O seletor pode fazer parte do reator biológico aeróbio (zona de contato), ou então ser um reator que preceda o mesmo.

Os seletores oferecem, basicamente, três condições ambientais específicas (von SPERLING, 2002):

- Aeróbia – Oxigênio dissolvido em quantidade suficiente para promover a consumo rápido do substrato solúvel disponível;
- Anóxica – Oxigênio ausente e nitrato presente servindo como acepor de elétrons, promovendo a desnitrificação;
- Anaeróbia – Oxigênio e nitrato ausentes, promovendo a hidrólise dos polifosfatos.

Nas três condições acima, deve ser prevista entrada simultânea do substrato afluente e do retorno de lodo em quantidades tais que haja uma relação A/M alta (tabelas 3.14 e 3.15).

WANNER, JIRI (1994) em suas conclusões, baseado na tabela 3.14, define um tempo de contato para seletores aeróbios de 10 a 20 minutos e uma relação A/M de 3 a 5 kg DBO/kg SSTA·d ou 20 kg DQO/kg SSVTA·d. O volume resultante do seletor pode ser dividido em 2 a 4 compartimentos, como um reator chicanado. Para um eficiente controle de organismos filamentosos com seletores anaeróbios, WANNER, JIRI (1994) cita os valores da relação A/M e tempo de contato da ordem de 1 kg DBO/ kg SSTA·d e de 0,5 a 1,0 hora, respectivamente. Para seletores anóxicos os valores citados são 6 kg DBO/ kg SSTA·d e 10 a 30 minutos

O autor também menciona em seu trabalho que, intercalando seletor anaeróbio e reator aeróbio, os microrganismos *Microthrix parvicella*, Tipo 0092 e provavelmente *Nostocoida limicola* são os únicos com habilidade de utilizar substrato com velocidade comparável aos microrganismos não filamentosos.

Tabela 3.14 – Alimentação e Tempo de Contato em Seletor Aeróbio

Fonte	kg de DBO/kg SSVTA·d	kg de DQO/kg SSVTA·d	Tempo de Contato (min)
Albertson (1991)	3,0		
ATV Report 2.6.1 (1989)	3,0	20	10 – 12
Chudoba and Wanner (1989)	>3,0		
Daigger and Nicholson (1990)	3,2 – 4,9		15
Eikelboom (1991)	2,0 – 5,0		10 – 15
Lee et al. (1982)		>20	
Linne et al. (1989)	5,0 – 6,0		
van Niekerk et al. (1987)		20 - 30	12 - 18
Pujol (1992)			15
Rensink e Donker (1992)			>10

Fonte: Adaptada apud WANNER, JIRI (1994)

CASEY (1994), em sua hipótese sobre “bulking” formado em um processo constituído de reator aeróbio precedido de seletor anóxico, mostra que sob condições anóxicas, os organismos formadores de flocos, que são aeróbio-facultativos, reduzem o nitrato ou nitrito a nitrogênio (desnitrificação) através de reações enzimáticas seguindo o caminho:

Por outro lado, os microrganismos filamentosos, também aeróbio-facultativos, somente reduzem o nitrato a nitrito.

No processo de desnitrificação, níveis de óxido nítrico são acumulados no interior das células dos organismos formadores de floco, e quando esses microrganismos são sujeitos às condições aeróbias, o NO intracelular inibe a utilização do oxigênio e conseqüentemente o consumo do substrato, fazendo com que os formadores de floco continuem usando o NO_2^- como aceptor de elétrons (desnitrificação aeróbia), embora em menor taxa do que nas condições anóxicas. Os organismos filamentosos, como não reduzem o nitrito, não ficam inibidos em sua utilização de substrato no meio aeróbio; portanto, quando o lodo é submetido a condições alternadas anóxica e aeróbia, e no efluente do seletor anóxico ainda existe NO_3^- ou NO_2^- , os organismos formadores de floco ficam em desvantagem em relação aos filamentosos, favorecendo o aparecimento do intumescimento do lodo.

SAMPAIO (1993) em seu experimento na ETE Dr. João Pedro de Jesus Netto, utilizando câmaras seletoras a princípio anóxicas e depois aeróbias, seguidas de reatores biológicos aeróbios em série, constatou melhoras na sedimentação do lodo formado ao longo da experiência em relação ao tratamento aeróbio convencional em mistura completa, sendo o melhor resultado com o uso do seletor aeróbio (tabela 3.15). Como parâmetros de controle, foram utilizados o IVL e o comprimento dos filamentos.

Tabela 3.15 – Parâmetros Operacionais durante as Fases do Programa Experimental

Parâmetros	Valores médios apresentados durante as fases			
	1ª Fase Convencional	2ª Fase Seletor Anóxico	3ª Fase - Seletor Aeróbio	
			A	B
Idade do Lodo (dias)	12	8	6	6
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,17	2,20	2,30	3,10
Tempo de Detenção nos Tanques de Aeração (h)	3,95	6,60	7,00	6,60
Taxa de Escoamento Superficial no Decantador Secundário (m ³ /m ² ·d)	22,60	27,00	27,00	31,00
Relação A / M no Tanque de Aeração (d ⁻¹)	0,40	0,41	0,33	0,33
Relação A / M no Seletor (d ⁻¹)	-	10,48	8,42	8,33
Porcentagem de Recirculação de Lodo	83,00	76,30	100,00	93,00
pH nos Tanques de Aeração	6,20	6,63	6,30	6,00
Temperatura (°C)	23 - 24	22 - 24	19 - 21	21 - 23
Eficiência em DBO / DQO / SS (%)	91/84/80	89/85/90	94/92/95	85/89/89
Comprimento dos Filamentos (µm/mL)	>10 ⁸	4,64 • 10 ⁷	3,77 • 10 ⁷	4,57 • 10 ⁵
DQO solúvel na saída do Seletor	-	48	26	48
Organismos Observados	Tipo 021N	<i>Nocardia</i>	-	-
IVL (mL/g)	700 – 940	520	400	<100
A – Baixa concentração de OD no seletor B – Concentração de OD no seletor entre 1,0 e 2,0 mg/L				

Fonte: Adaptada de SAMPAIO (1993)

3.5 - A Nitrificação

3.5.1 – Definição e Ocorrência

Segundo van HAANDEL e MARAIS (1999), o material nitrogenado em águas residuárias se compõe de nitrogênio amoniacal (NH₃ gasoso, e sais NH₄⁺) e Nitrogênio Orgânico (uréia, aminoácidos e outras substâncias orgânicas com radical amina). Ocasionalmente ocorrem traços de nitrito (NO₂⁻) e, principalmente, nitrato (NO₃⁻). No sistema de lodo ativado podem ocorrer vários processos que transformam o material nitrogenado. Pode-se mencionar dois deles:

- a) Amonificação/Assimilação (van HAANDEL e MARAIS, 1999) – Amonificação é a reação em que o nitrogênio orgânico é convertido em nitrogênio amoniacal, enquanto a assimilação é o processo inverso. Considerando que o nitrogênio amoniacal a um pH próximo do valor neutro (7,0) terá predominantemente a forma ionizada (NH_4^+), tem-se:

- b) Nitrificação (van HAANDEL e MARAIS, 1999) – É a reação de oxidação biológica da amônia, tendo como produto final o nitrato. Essa reação acontece através da ação de bactérias específicas e se realiza em duas etapas sequenciais. Na primeira, a amônia é oxidada a nitrito através da ação bioquímica de bactérias do gênero *Nitrossomonas*. Na seguinte, há a oxidação do nitrito a nitrato através das bactérias do gênero *Nitrobacter*. Esses dois gêneros de bactérias são essencialmente aeróbios, isto é, desenvolvem a sua atividade biológica somente na presença de oxigênio dissolvido. As reações são as seguintes:

+

van HAANDEL e MARAIS (1999), como introdução à necessidade de remoção de nitrogênio, comentam que na legislação atual, a limitação da concentração de amônia a 5 mg N/L como padrão de emissão, tem gerado muita controvérsia, sendo interpretado por alguns órgãos de controle ambiental como um limite para amônia livre, já que na própria Resolução nº 20 de 1986, do CONAMA, aparece especificamente uma limitação para amônia. Para a interpretação do limite como sendo de nitrogênio amoniacal de 5 mg/L, tal impediria o uso de lagoas de estabilização, lagoas aeradas, sistemas de lodo ativado de alta taxa, filtros biológicos de alta taxa e dos sistemas anaeróbios, como processos únicos de tratamento, porque somente seriam permitidos sistemas depuradores aeróbios, com nitrificação, ou sistemas com nitrificação-desnitrificação, que apresentam maior custo de implantação e operação. Considerando estes aspectos, vários órgãos estaduais de controle ambiental não têm considerado o limite para N-amoniacal de efluentes, como parâmetro para efluente. Porém, para as águas superficiais, os limites para as diferentes formas de nitrogênio devem ser obedecidos.

Cabe mencionar, que nos tratamentos anaeróbios não ocorre o processo de nitrificação, pois nesse ambiente não há oxigênio, essencial como aceptor de elétrons para essa reação.

Para os casos em que há a necessidade de remoção de nitrogênio, o uso de processos anaeróbios precedendo tratamento aeróbio complementar para remoção biológica de nutrientes, deve ser visto com muito cuidado, pois uma boa remoção de matéria orgânica biodegradável no sistema anaeróbio pode inviabilizar a remoção do nitrogênio no tratamento biológico complementar, pela falta de carbono orgânico para a microbiota aeróbia. Nesse caso, outra fonte de carbono teria que ser adicionada ao reator aeróbio.

No caso do esgoto sanitário, a concentração do NTK no afluente é de 40 a 60 mg N/L, ou seja, uma fração de 8 a 12% da DQO afluente. Dessa concentração total, em torno de 75% é nitrogênio amoniacal e o restante nitrogênio orgânico. No sistema de lodo ativado, o nitrogênio orgânico é rapidamente transformado em nitrogênio amoniacal. Se

houver capacidade de oxigenação suficiente, então também o processo de oxidação da amônia para nitrato é quase completo, restando uma baixa concentração de nitrogênio amoniacal (van HAANDEL e MARAIS, 1999).

Segundo van HAANDEL e MARAIS (1999), em relação ao consumo de oxigênio para o material nitrogenado, somente os processos de nitrificação e desnitrificação são importantes. Na nitrificação, o número de oxidação do nitrogênio em amônia (-3) aumenta para (+5) no nitrato através da transferência de 8 elétrons por átomo de nitrogênio, que são aceitos pelo oxigênio, sendo preciso duas moléculas ($8 \text{ H}^+ + 2 \text{ O}_2 \rightarrow 4 \text{ H}_2\text{O}$) de oxigênio para isso. Portanto na nitrificação de 1 mol de amônia, o consumo estequiométrico de oxigênio é $64/14 = 4,57 \text{ mg O}_2/\text{mg N}$. No processo de desnitrificação o oxidante nitrato (número de oxidação é +5) é reduzido para nitrogênio molecular (número de oxidação = 0), havendo, portanto, transferência de 5 elétrons por átomo de nitrogênio. Portanto, dos oito elétrons liberados pelo nitrogênio amoniacal na sua oxidação a nitrato, somente 5 são recuperados, quando o nitrato é reduzido a nitrogênio molecular. Dessa maneira, em termos de equivalentes oxidimétricos, o nitrato na desnitrificação tem uma capacidade de oxidação igual a uma fração 5/8 do oxigênio necessário para a nitrificação ($4,57 \text{ mg O}_2/\text{mg N}$) pode ser recuperado como “oxigênio equivalente” no processo de desnitrificação, $(5/8) * 4,57 = 2,86 \text{ mg O}_2/\text{mg N}$. Portanto, num sistema de nitrificação e desnitrificação, o consumo real de oxigênio é $1,71 \text{ mg O}_2/\text{mg N}$.

Nas reações de amonificação, nitrificação e desnitrificação, há o envolvimento de íons hidrogênio, afetando a alcalinidade do processo por lodo ativado. Na amonificação há consumo de 1 mol de H^+ por mol de íon amônio produzido, na nitrificação há produção de 2 mols de H^+ por mol de nitrato formado e na desnitrificação há consumo de 1 mol de H^+ por mol de nitrato reduzido. Sabe-se que a produção de 1 mol de H^+ (acidez mineral) é equivalente ao consumo de 1 mol de alcalinidade ou 50g de CaCO_3 , então nos três processos (van HAANDEL e MARAIS, 1999):

- a) Na amonificação há uma produção de alcalinidade de 50g por mol de amônio (14g de N) amonificado: $(\Delta \text{Alc}/\Delta \text{N}) = 50/14 = 3,57 \text{ mg CaCO}_3/\text{mg N}$
- b) Na nitrificação há um consumo de alcalinidade de $2 * 50 = 100\text{g CaCO}_3$ por mol de N (14g): $(\Delta \text{Alc}/\Delta \text{N}) = -100/14 = -7,14 \text{ mg CaCO}_3/\text{mg N}$
- c) Na desnitrificação é produzido 50g de CaCO_3 por mol de N:
 $(\Delta \text{Alc}/\Delta \text{N}) = 50/14 = 3,57 \text{ mg CaCO}_3/\text{mg N}$

Como a desnitrificação produz alcalinidade, ela pode aumentar o pH significativamente, caso elevadas concentrações de nitrato sejam removidas.

van HAANDEL e MARAIS (1999) mostram que um aumento de alcalinidade de 35 ppm para 500 ppm resulta num aumento do pH de menos de uma unidade (figura 3.12). Em contraste, quando a alcalinidade é menor que 35 ppm, o valor do pH depende acentuadamente do valor da alcalinidade. A redução da alcalinidade de 35 ppm para 0 faz com que o pH caia da faixa neutra para um valor de 4,2 aproximadamente. Um pH baixo afeta sensivelmente a atividade dos microrganismos. As *Nitrossomonas* e *Nitrobacter*, ambas ativas no processo de nitrificação, virtualmente cessam suas atividades em pH com valor abaixo de 6,0.

Figura 3.12 – Variação do pH em função da alcalinidade no Tanque de Aeração
 Fonte: HAANDEL e MARAIS (1999)

Pela equação abaixo, pode-se calcular o pH, tendo o valor da alcalinidade, desde que se conheça a concentração de dióxido de carbono (HAANDEL E MARAIS, 1999):

$$\text{Alc} = [\text{CO}_2] \cdot \{k_1'/[\text{H}^+] + 2k_1'k_2'/[\text{H}^+]^2\} + k_w'/[\text{H}^+] - [\text{H}^+] \quad (\text{eq. 3.5})$$

Onde:

$[\text{CO}_2]$ = concentração de dióxido de carbono em mol/L

k_1 = constante termodinâmica da dissociação de $\text{CO}_2 = 4,45 \cdot 10^{-7}$ (a 20 °C)

k_1' = constante de dissociação em base molar = k_1/f_m

f_m = coeficiente de atividade de um íon monovalente na biomassa = 0,9 (a 20 °C)

k_2 = constante termodinâmica da dissociação de bicarbonato = $4,69 \cdot 10^{-11}$ (a 20 °C)

k_2' = constante de dissociação em base molar = $k_2 \cdot (f_m/f_d)$

f_d = coeficiente de atividade de um íon bivalente = 0,67 (a 20 °C)

k_w = constante termodinâmica da dissociação da água = 10^{-14} (a 20 °C)

k_w' = constante da dissociação da água em base molar = k_w/f_m

$[\text{H}^+]$ = concentração de H^+ em mol/L = $10^{-\text{pH}}$

HAANDEL e MARAIS (1999) não citam coeficientes de Arrhenius para corrigir as constantes da equação 3.5 quando a temperatura é diferente de 20 °C. (vide eq. 3.8)

Relacionando a variação da alcalinidade com a nitrificação no sistema de lodo ativado, HAANDEL e MARAIS (1999) propuseram a seguinte equação:

$$\Delta \text{Alc} = -3,57 \cdot (\Delta N_a - \Delta N_n) \quad (\text{eq. 3.6})$$

onde:

ΔAlc = variação da alcalinidade total (mg CaCO_3/L) = $\text{Alc}_a - \text{Alc}_e$

Alc_a = alcalinidade no afluente (mg CaCO_3/L)

Alc_e = alcalinidade no efluente (mg $CaCO_3/L$)

ΔN_a = variação da concentração de nitrogênio amoniacal (mg N/L) = $N_{aa} - N_{ae}$

N_{aa} = concentração de nitrogênio amoniacal no afluente (mg N/L)

N_{ae} = concentração de nitrogênio amoniacal no efluente (mg N/L)

ΔN_n = variação da concentração de nitrato (mg N/L) = $N_{na} - N_{ne}$

N_{na} = concentração de nitrato no afluente (mg N/L)

N_{ne} = concentração de nitrato no efluente (mg N/L)

Segundo HAANDEL e MARAIS (1999), na prática as águas residuárias podem ter um valor de alcalinidade inferior àquele necessário para manter um pH estável no sistema de lodo ativado. Isto é provável quando o sistema é inteiramente aeróbio, ocorrendo a nitrificação sem desnitrificação. Nesse caso, torna-se necessário a adição de agente alcalinizante para aumentar a alcalinidade da água residuária. Sem a adição de alcalinidade, o sistema de lodo ativado será instável: haverá períodos de nitrificação e conseqüentemente redução do pH e da alcalinidade, até que este obtenha um valor de pH que não permite mais a continuidade da nitrificação. Quando a nitrificação é inibida, a alcalinidade e o pH aumentarão pela introdução do afluente até que se restabeleçam condições favoráveis para a nitrificação, iniciando-se então um novo ciclo. Se o sistema de tratamento inclui a desnitrificação, então a redução da alcalinidade será menor, pois a desnitrificação produz alcalinidade, e em muitos casos não haverá necessidade de adição de agente alcalinizante, tal como cal ou soda barrilha.

A taxa de reprodução dos organismos nitrificantes é bem inferior à dos organismos heterótrofos, responsáveis pela estabilização da matéria carbonácea (ARCEIVALA, 1981), mostrando que a idade do lodo (θ_c) é extremamente importante para a obtenção da nitrificação no sistema de lodo ativado. A nitrificação ocorrerá, mantidas as condições ideais de temperatura (tabela 3.16) e oxigênio dissolvido ($\geq 2,0$ mg/L - HAANDEL e MARAIS, 1999), caso a idade do lodo seja suficientemente alta, tal que

permita o desenvolvimento das bactérias nitrificantes antes que as mesmas sejam lavadas do sistema:

$$\theta_{c_m} > \frac{1}{\mu} \quad \text{onde} \quad \mu = \mu_{\max} \left(\frac{[N - NH_3]}{K_s + [N - NH_3]} \right) \quad (\text{ARCEIVALA, 1981}) \quad (\text{eq. 3.7})$$

θ_{c_m} = Idade do lodo mínima para nitrificação

μ = taxa de crescimento específica das *Nitrossomonas* (d^{-1})

$\mu_{\max}$ = taxa de crescimento máxima das *Nitrossomonas* = $0,5 d^{-1}$ ($20^\circ C$)

$[N - NH_3]$ = concentração de nitrogênio amoniacal no afluente (mg N/L)

K_s = constante de meia saturação de nitrogênio amoniacal = 0,5 a 1,0 mg N/L

Para temperaturas diferentes de $20^\circ C$, utiliza-se a equação de Arrhenius:

$$\mu_{\max}(T) = \mu_{\max}(20^\circ C) \cdot \theta^{(T-20)} \quad (\text{eq. 3.8})$$

Onde ARCEIVALA (1981) recomenda:

θ = Coeficiente de Dependência de Arrhenius = 1,08

θ = 1,12 (quando a oxidação biológica e a nitrificação são feitas num mesmo reator)

T = Temperatura do Lodo no Tanque de Aeração = 5 a $20^\circ C$

Para outros valores de θ , vide tabela 3.20.

Na cinética da nitrificação, somente é considerada a oxidação do nitrogênio amoniacal a nitrito pelas *Nitrossomonas*, pois a oxidação do nitrito pelas *Nitrobacter* desenvolve-se de uma forma tão rápida, que pode ser considerada instantânea.

ARCEIVALA (1981) propõe que, para esgotos sem nenhum fator inibidor específico, possam ser considerados os valores mínimos da idade do lodo mostrados na tabela 3.16.

Tabela 3.16 – Idade do Lodo Mínima para Nitrificação

Temperatura do líquido no reator (°C)	θ_{c_m} para nitrificação completa (dias)
5	12
10	9,5
15	6,5
20	3,5

Fonte: ARCEIVALA (1981)

HAANDEL e MARAIS (1999) consideram para o cálculo da idade do lodo mínima para a nitrificação a seguinte equação:

$$\theta_{c_m} > \frac{1}{(\mu_{\max} - b)} \quad (\text{eq. 3.9})$$

onde:

b = constante de decaimento das *Nitrossomonas* = 0,04 d⁻¹ (20°C)

$\mu_{\max}$ = taxa de crescimento máxima das *Nitrossomonas* = 0,4 d⁻¹ (20°C)

As tabelas 3.17 e 3.18 mostram valores experimentais para a constante de decaimento e para a taxa de crescimento máxima das *Nitrossomonas* em relação à temperatura no reator biológico.

Tabela 3.17 – Valores da Constante de Decaimento das *Nitrossomonas*

$b_{(T)}$ (d ⁻¹)	T (°C)	$b_{(20^\circ\text{C})}$ (d ⁻¹)	Referência
0,0	20	0,0	Downing, Painter e Knowles
0,0	15	0,0	Downing, Painter e Knowles
0,0	10	0,0	Gujer
0,04	20	0,04	Ekama e Marais
0,12	29	0,09	Lijklema
0,12	23	0,11	Poduska e Andrews

Fonte: Adaptada apud HAANDEL e MARAIS (1999)

Tabela 3.18 – Valores da Taxa Específica Máxima de Crescimento das *Nitrossomonas*

$\mu_{\max} (T) (d^{-1})$	T (°C)	$\mu_{\max} (20^{\circ}C) (d^{-1})$	Referência
0,33	15	0,66	Barnard
0,47	15	0,45	Kayser
0,33	20	0,33	Downing, Painter e Knowles
0,33 – 0,65	20	0,33 – 0,65	Ekama e Marais
0,34 – 0,40	12	0,86 – 1,01	Gujer e Jenkins
0,45	15	0,73	Eckenfelder
0,40 – 0,50	14	0,80 – 1,00	Gujer
0,50	20	0,50	Lawrence and Brown
0,53	25	0,26	Sutton et al
0,57	16	0,76	Gujer e Jenkins
0,94	29	0,33	Lijklema
1,08 – 1,44	23	0,76 – 1,02	Poduska e Andrews

Fonte: Adaptada apud HAANDEL e MARAIS (1999)

HAANDEL e MARAIS (1999) propõem, para cálculo do nitrogênio amoniacal residual no efluente e do nitrogênio amoniacal disponível no afluente, as seguintes equações

$$N_a = K_S \cdot (b + 1/\theta c) / [\mu_{\max} - (b + 1/\theta c)] \quad (\text{eq. 3.10})$$

onde:

N_a = concentração residual do nitrogênio amoniacal no efluente (mg N/L)

θc = idade do lodo (d)

$$N_P = K_S \cdot (b + 1/\theta c_m) / [\mu_{\max} - (b + 1/\theta c_m)] \quad (\text{eq. 3.11})$$

onde:

N_P = concentração de nitrogênio amoniacal disponível para nitrificação (mg N/L)

θc_m = idade do lodo mínima para nitrificação (d)

A tabela 3.19 mostra valores experimentais para a constante de meia saturação de nitrogênio amoniacal na equação de Monod para o crescimento das *Nitrossomonas*.

Tabela 3.19 – Valores da Constante de Meia Saturação de Nitrogênio Amoniacal para o Crescimento das *Nitrossomonas*

$K_{S(T)}$ (mg N/L)	T (°C)	$K_{S(20^{\circ}\text{C})}$ (mg N/L)	Referência
0,0	23	0,04	Poduska e Andrews
0,2	15	0,1	Downing et al
0,2	20	0,2	Downing et al
0,2	10	0,6	Gujer
0,5	14	1,0	Ekama e Marais
1,0	20	1,0	Ekama e Marais
1,0	20	1,0	Lijklema

Fonte: Adaptada apud HAANDEL e MARAIS (1999)

Segundo HAANDEL e MARAIS (1999), para o cálculo da taxa de crescimento máxima em temperaturas diferentes, pode-se utilizar a equação de Arrhenius (eq. 3.8) com os coeficientes de dependência (θ) mostrados na tabela 3.20.

Tabela 3.20 – Valores do Coeficiente de Dependência de Arrhenius

θ	Intervalo de T (°C)	Referências
1,116	19 – 21	Gujer
1,123	15 – 20	Downing et al
1,123	14 – 20	Ekama e Marais
1,130	20 – 30	Lijklema

Fonte: Adaptada apud HAANDEL e MARAIS (1999)

3.5.2 – Verificação da Ocorrência da Desnitrificação

Em condições aeróbias os microrganismos utilizam o oxigênio comoceptor de elétrons nos processos respiratórios. Nestas condições, ocorre um processo de oxidação da matéria orgânica. Na ausência de oxigênio, no entanto, passam a predominar organismos que têm a capacidade de utilizar outros ânions inorgânicos como aceptores de elétrons, como os nitratos, sulfatos e carbonatos. No processo por lodo ativado convencional, quando acontece a nitrificação, os nitratos formados, em condições de exaustão do

oxigênio dissolvido, que pode acontecer no decantador secundário, são utilizados como aceptores de elétrons em condições anóxicas, isto é, ausência de oxigênio, porém com a presença de nitratos. Esta condição é observada quando da formação de placas de lodo na superfície do decantador.

Na desnitrificação no decantador secundário, segundo ARCEIVALA (1981), alguns tipos de microrganismos estão envolvidos, tais como *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Acinetobacter*.

Segundo van HAANDEL e MARAIS (1999), as condições para ocorrer a desnitrificação são:

- a) presença de uma massa bacteriana facultativa (se reproduz em meio aeróbio e anaeróbio);
- b) presença de nitrato e ausência de oxigênio dissolvido na biomassa;
- c) condições ambientais propícias ao crescimento dos microrganismos, isto é, pH entre 7 e 7,5
- d) presença de um doador de elétrons para a redução de nitrato, ou seja, de matéria carbonácea.

A desnitrificação é verificada no teste do IVL, após aproximadamente meia hora da sedimentação, parte do lodo flota pela ação de microbolhas de nitrogênio, e permanece na superfície da proveta (figura 3.13).

Figura 3.13 – Teste de Índice Volumétrico de Lodo com Desnitrificação
Fonte: Adaptada de EPA (1977)

A condição de desnitrificação pode ser evitada pela manutenção de uma taxa mínima de oxigênio dissolvido no decantador de tal maneira a evitar condições anóxicas.

4 – MATERIAIS E METODOLOGIA

4.1 - Aspectos Gerais:

A estação de tratamento de esgoto piloto, montada no Centro Tecnológico de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, simulou dois processos idênticos de lodo ativado, sendo o experimento da ETE piloto composto dos seguintes sistemas:

- sistema de tratamento preliminar;
- sistema de alimentação de esgoto;
- dois sistemas de tratamento biológico, em regime de mistura completa;
- sistema de aeração composto de compressor de ar e por difusores do tipo domo de bolhas finas;
- sistema de adição química.

As figuras 4.1 e 4.2, respectivamente, o diagrama e a vista geral da ETE piloto, mostram os dois sistemas de tratamento biológico, precedidos pelo sistema de tratamento preliminar constituído sequencialmente de grade grosseira manual, caixa de areia, calha Parshall e caixa de gordura, da qual, no sistema de alimentação, o esgoto é bombeado a uma vazão de 10,3 m³/d ao tanque de decantação primária (TQD), onde é separada a fase sólida da líquida, em um tempo de detenção hidráulico de 2 horas. A fase líquida extravasa para o tanque de equalização (TE), de onde é bombeada a iguais vazões para os tanques de aeração TA1 e TA2, onde efetivamente ocorrem os tratamentos biológicos por aeração em mistura completa. Somente no tanque TA1 é adicionada a solução de ácido fólico (DOSFOLAT XS) por meio de bomba peristáltica. Dos tanques de aeração, as massas líquidas, respectivamente, escoam por diferença de carga hidráulica para os decantadores secundários Dec1 e Dec2, que possuem raspadores de lodo movidos por moto-redutores, onde os lodos ativados são separados dos efluentes finais que são lançados na rede de esgoto. Os lodos ativados sedimentados retornam, por bombeamento, aos respectivos tanques TA1 e TA2 a razões de retorno iguais. Os lodos

[illegible]

Figura 4.1 - Diagrama da ETE Piloto (Tratamento Preliminar Incluído)

Figura 4.2 – Vista Geral da ETE Piloto

4.2 - Descrição dos sistemas

4.2.1 - Sistema de Tratamento Preliminar

Esse sistema recebe esgoto do poço de recalque do CRUSP, e é composto, em seqüência, de uma grade grosseira manual, uma caixa de areia tipo canal, uma calha Parshall e uma caixa separadora de gordura que serve como reservatório de sucção da bomba que recalca o esgoto para a ETE Piloto.

As características da bomba do tratamento preliminar são:

- Fabricada pela Netzsch do Brasil, tipo “Nemo”, modelo NE20A;
- Capacidade máxima de vazão de 400 L/h;
- Tubulações de sucção e recalque de 50 mm em PVC.

Figura 4.3 – Vista do tratamento preliminar no CTH e bomba de deslocamento positivo tipo “Nemo” que alimenta a ETE Piloto

4.2.2 - Sistema de Alimentação

Esse sistema consiste em um tanque retangular de decantação (tanque de decantação primária), que recebe o esgoto bruto proveniente do sistema de tratamento preliminar e um tanque de equalização que, na primeira e segunda fase do experimento, recebe o

esgoto decantado do primeiro tanque, ambos de fibro-cimento, de capacidade 1 m³ e volume útil de 800 L.

O esgoto oriundo do sistema de tratamento preliminar entra por uma das extremidades superiores do decantador primário através de uma tubulação de 57 mm em PVC e o esgoto decantado extravasa, por meio de uma tubulação de mesmo diâmetro, também de PVC, na extremidade oposta desse decantador, para o tanque de equalização. O lodo primário é descartado para a rede de esgoto sanitário, através da abertura de uma válvula de acionamento manual, ligada a duas tubulações de saída de 38 mm no fundo do tanque de decantação primária.

Figura 4.4 – Vistas Frontal e Lateral do Tanque de Decantação Primária

O tanque de equalização recebe o esgoto decantado proveniente do tanque de decantação primária, e serve como caixa de equalização e distribuição para os sistemas de tratamento biológico. O esgoto decantado entra lateralmente nesse tanque, e o excesso de esgoto e a espuma extravasam, por tubo de 57 mm na parte superior da parede frontal, diretamente para a rede de esgoto sanitário.

Figura 4.5 – Vista Frontal do Tanque de Equalização antes da Instalação do Tanque de Decantação Primária

Na figura 4.5 são vistas as duas bombas que alimentam, individualmente, cada um dos sistemas de tratamento biológico.

As características das bombas do sistema de alimentação são:

- Fabricada pela Netzsch do Brasil, tipo “Nemo”, modelo 2NE15A;
- Capacidade máxima de vazão de 300 L/h;
- Tubulações de sucção e recalque de 19 mm em PVC.

4.2.3 - Sistemas de Tratamento Biológico

São constituídos por dois sistemas distintos, alimentados a partir do tanque de equalização pelas bombas do sistema de alimentação, e compostos, cada um, de:

- a) tanque de aeração em acrílico (placas de 10 mm reforçadas com cantoneiras de ferro), com seção retangular, dimensões 1,0 m × 1,0 m × 1,0 m e volume útil de 850 L, munido de sistema de aeração por ar comprimido;
- b) decantador secundário cilíndrico com fundo cônico e raspador de lodo, também em chapa de acrílico de 10 mm reforçada com cinta de aço, de altura total 2,32 m, diâmetro do cilindro de 1,00 m e profundidade do cone de 0,80 m, perfazendo um volume útil de 1,56 m³;
- c) bomba de retorno de lodo com as seguintes características:
- Fabricada pela Netzsch do Brasil, tipo “Nemo”, modelo 2NE15A;
 - Capacidade máxima de vazão de 300 L/h;
 - Tubulações de sucção e recalque de 19 mm em PVC.

Figura 4.6 – Sistema de Tratamento Biológico I na montagem e em operação na Fase 2

Figura 4.7 – Sistema de Tratamento Biológico II na montagem e em operação na Fase 2

4.2.4 - Sistemas de Aeração

A aeração dos sistemas de tratamento biológico é feita por meio de compressor de ar, através de mangueiras de borracha e sistema de transferência de oxigênio por ar difuso, através de difusores do tipo domo de bolhas finas (4 domos por tanque de aeração).

As características do compressor utilizado são as seguintes:

- Fabricante: Wayne Wetzel - Modelo W 40 AP/380
- Motor de 10 HP
- Pressão máxima de 12 bar
- Volume do tanque pulmão de 365 Litros

As vazões de ar foram mantidas iguais para os dois sistemas biológicos durante as três fases da pesquisa. Esse controle de vazão de ar foi feito por meio de rotâmetros com as seguintes características:

- Fabricante Dwyer Instruments Inc., Modelo Rate Máster RMB-57-SSV

- Faixa de medição 1,4 a 14 Nm³/h

Figura 4.8 - Sistema de ar difuso com domos de bolhas finas

4.2.5 - Sistema de Adição Química

Esse sistema é composto de uma bomba peristáltica e tubos de “tygon” para adição do produto “Dosfolat” fornecido pela White Martins Praxair Inc., somente para o Sistema

de Tratamento Biológico I. A adição de “Dosfolat” foi feita igualmente, nas três fases do experimento segundo as dosagens definidas na tabela 4.1.

A bomba peristáltica possui as seguintes características:

- Fabricante Micronal, modelo B332 II;

Tabela 4.1 – Dosagem de DOSFOLAT

Itens	Valores	Unidades	Observações
Dosagem de produto	0,5	mg _{Dosf} /L	Dose de choque por 15 dias
	0,1	mg _{Dosf} /L	Dosagem contínua

4.3 – Metodologia Operacional e Analítica

4.3.1 – Caracterização do Esgoto Afluente

O esgoto afluente à ETE Piloto, como já mencionado, é gerado no CRUSP e bombeado ao tratamento preliminar. A tabela 4.2 mostra as características desse esgoto durante o período compreendido entre 22/10 e 11/12/2002.

Tabela 4.2 - Dados do Esgoto Afluente a ETE Piloto

Parâmetros	Unidades	Média de Amostras Coletadas de 22/10 a 11/12/2002 (*)
DQO	mg/L O ₂	557
DBO	mg/L O ₂	292
NTK	mg/L N	40
NH ₃	mg/L N	29
Fósforo Total	mg/L P	13
Ortofosfato	mg/L P	4
Surfactantes	mg/L LAS	5
pH	-	7
SST	mg/L	168
SSF	mg/L	9
SSV	mg/L	159
ST	mg/L	593
STF	mg/L	251
STV	mg/L	342
SD	mL/L	4

(*) Amostras Compostas de 24 horas

4.3.2 – Campanha de Amostragem

Os procedimentos analíticos adotados nesta pesquisa são os descritos no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20th Edition” (1999).

Esses procedimentos envolvem análises de caracterização do afluente à ETE Piloto, e análises comparativas entre os dois sistemas de tratamento biológico visando:

a) Determinar a DBO e DQO para:

- Avaliar a eficiência de tratamento em termos de DBO e DQO:

$$\text{Efic. DBO (\%)} = \frac{\text{DBO}_a - \text{DBO}_{es}}{\text{DBO}_a} \times 100 \quad (\text{eq. 4.1})$$

$$\text{Efic. DQO (\%)} = \frac{\text{DQO}_a - \text{DQO}_{es}}{\text{DQO}_a} \times 100 \quad (\text{eq. 4.2})$$

onde:

DBO_a = DBO do afluente (mg/L)

DBO_{es} = DBO Filtrada do efluente (mg/L)

DQO_a = DQO do afluente (mg/L)

DQO_{es} = DQO Filtrada do efluente (mg/L)

- Verificar a relação A/M: ver equação 3.4

b) Quantificar os sólidos em suspensão totais e voláteis para determinar:

- O Índice Volumétrico de Lodo para verificar a sedimentabilidade do lodo nos dois sistemas biológicos relacionando-a com o intumescimento do lodo:

$$\text{IVL (mL/g)} = \frac{\text{SSed}}{\text{SST}} \times 1000 \quad (\text{eq. 4.3})$$

onde:

SSed = sólidos sedimentáveis em proveta (mL/L)

SST = sólidos em suspensão totais (mg/L)

- A redução de sólidos em suspensão voláteis nos tanques de aeração ao longo do tempo do experimento, para avaliar o efeito do ácido fólico (Dosfolat).
- A perda de sólidos em suspensão pelos efluentes para cálculo do descarte de lodo: ver equação 3.2.

c) Medir o pH, a temperatura e determinar a alcalinidade para:

- Controlar as variações do pH e da alcalinidade ao longo do processo de tratamento
- Avaliar a relação entre a eficácia de nitrificação e o pH e a alcalinidade: ver equações. 3.5 e 3.6

- d) Determinar a série nitrogenada (NTK, NH_3 , NO_2 , NO_3) para comparar a nitrificação nos dois sistemas biológicos.
- e) Medir o oxigênio dissolvido nos tanques de aeração para:
- Manter o OD em 2 mg/L, pelo menos.
- f) Determinar o Fósforo Total para:
- Verificar a eficiência na remoção de fósforo

Os pontos de coleta estão discriminados nas figuras 4.1 e 4.9, a saber:

- Afluente – coletado na tubulação de sucção da bomba de alimentação do sistema I para amostras simples de rotina e no próprio tanque de equalização (TQE) para amostras compostas de 24 horas, coletadas de hora em hora com amostrador automático com as seguintes especificações:
 - Amostrador ISCO com:
 - Bomba THOMAS modelo 107CDC20 TFE
 - Controlador MANING S 4040
- Efluentes – coletados, tanto amostras compostas como simples, na mangueiras dos efluentes dos decantadores secundários (Dec1 e Dec2). As amostras compostas foram coletadas durante o período de 24 horas com o auxílio de bomba peristáltica, e refrigeradas através do uso de bolsas de gel congeladas.
- Reatores Biológicos – amostras simples coletadas diretamente nos conteúdos dos tanques de aeração (TA1 e TA2).

Ao longo de todo o experimento, foram realizadas análises no Laboratório de Saneamento “Lucas Nogueira Garcez”, para controle dos sistemas e para levantamento dos parâmetros comparativos de eficiência entre os dois tratamentos biológicos, como descrito na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Programação de Análises Planejada

ANÁLISE	TIPO DE AMOSTRA	ORIGENS DAS AMOSTRAS	PERIODICIDADE SEMANAL
SST	Simples (2ª e 4ª) Composta (6ª)	TA1, TA2, Afluente, EFL1, EFL2	2ª, 4ª e 6ª
SSV	Simples (2ª e 4ª) Composta (6ª)	TA1, TA2, Afluente, EFL1, EFL2	2ª, 4ª e 6ª
SD ₃₀ e IVL	Simples	TA1, TA2	2ª, 4ª e 6ª
NTK	Simples	TA1 e TA2 (mensal), Afluente, EFL1, EFL2	2ª
NH ₃	Simples	Afluente, EFL1, EFL2	2ª
NO ₂ ⁻	Simples	Afluente, EFL1, EFL2	2ª
NO ₃ ⁻	Simples	Afluente, EFL1, EFL2	2ª
Fósforo Total	Simples	TA1 e TA2 (mensal), Afluente, EFL1, EFL2	2ª
DBO	Composta	Afluente, EFL1, EFL2	6ª
DBO Filtrada	Composta	EFL1, EFL2	6ª
DQO	Simples (4ª) Composta (6ª)	Afluente, EFL1, EFL2	2ª, 4ª e 6ª
DQO Filtrada	Simples (4ª) Composta (6ª)	Afluente, EFL1, EFL2	2ª, 4ª e 6ª
Temperatura e OD	Simples	TA1, TA2	2ª, 4ª e 6ª
Alcalinidade e pH	Simples	Afluente, TA1, TA2, EFL1, EFL2	2ª, 4ª e 6ª

Observações:

- As amostras compostas do afluente formadas de 24 alíquotas, coletadas a cada 1 hora, através de coletor automático.
- As amostras compostas dos efluentes formadas por amostras únicas coletadas de forma contínua durante 24 horas através de bomba peristáltica.

4.3.3 – Condições Experimentais dos Sistemas em Operação

O sistema de alimentação recebe o esgoto bombeado do poço de recalque do CRUSP, passando por tratamento preliminar no CTH, isto é, grade grosseira, caixa de areia, calha Parshall e pela caixa de gordura, de onde é bombeado até o sistema de alimentação. Deste, o esgoto afluente é bombeado aos dois sistemas de tratamento biológico, sistema I e sistema II, operados em paralelo, em três fases distintas:

- Fase 1 - Operação dos dois sistemas biológicos instalados, no processo convencional de lodo ativado em mistura completa, buscando-se a comparação da eficiência de tratamento, com as seguintes condições operacionais para os dois sistemas:
 - Esgoto afluente: previamente decantado no tanque de decantação primária (TQD).
 - Vazão afluente: 5 m³/dia controlada nas duas bombas de alimentação.
 - Idade do Lodo: 4 dias, controlada pelo descarte do lodo diretamente dos tanques de aeração.
 - Razão de Recirculação de Lodo: 100% durante os primeiros 90 dias e 140% durante os dias restantes devido à perda de lodo pelo efluente do decantador do sistema II.
 - Período de experimento: 107 dias (20/08/2003 a 04/12/2003).
 - Inóculo: Lodo Ativado Flotado da ETE Barueri (Sabesp).
 - Adição de solução de Dosfolat XS no Tanque de Aeração do Sistema I nas dosagens definidas na tabela 4.1.
 - Devido aos excessivos problemas de sedimentabilidade dos lodos, causados pela proliferação de organismos filamentosos, no dia 19/11/2003 foram instaladas chicanas de acrílico em cada tanque de aeração (Figura 4.10), para formar zonas seletoras aeróbias, na entrada da alimentação e retorno de lodo em cada um dos sistemas, com características próximas dos padrões

mostrados no item 3.4.2.2 e tabela 3.14. Cada tanque de aeração ficou com uma zona seletora com as seguintes dimensões e tempo de detenção:

- Largura = 23 cm
- Comprimento = 100 cm
- Profundidade útil = 85 cm
- Tempo de detenção = 24 minutos

Como mostrado na figura 4.10, a ação seletora foi parcialmente prejudicada pela mistura provocada pelos domos que estavam debaixo da chicana de acrílico.

Figura 4.10 – Localização da Zona Seletora nos Tanques de Aeração

- Fase 2 - Operação dos dois sistemas biológicos instalados, no processo convencional de lodo ativado em mistura completa, buscando-se a comparação da eficiência de tratamento, com as seguintes condições operacionais para os dois sistemas:

- Esgoto afluyente: previamente decantado no tanque de decantação primária (TQD).
- Vazão afluyente: 5 m³/dia controlada pelas nas bombas de alimentação.
- Idade do Lodo: 8 dias, controlada pelo descarte do lodo diretamente dos tanques de aeração.
- Razão de Recirculação de Lodo: 140% durante todos os dias dessa fase do experimento.
- Período de experimento: 115 dias (17/12/2003 a 10/03/2004).
- Inóculo: Lodo Ativado de Recirculação da ETE ABC (Sabesp).
- Adição de solução de Dosfolat XS no Tanque de Aeração do Sistema I nas dosagens definidas na tabela 4.1.

- Mantidas as zonas seletoras aeróbias nos tanques de aeração dos dois sistemas com as mesmas dimensões e tempo de detenção hidráulico.

Como mostrado na figura 4.10, a ação seletora foi parcialmente prejudicada pela mistura provocada pelos domos que estavam debaixo da chicana de acrílico.

- Fase 3 - Operação dos dois sistemas biológicos instalados, no processo convencional de lodo ativado em mistura completa, buscando-se a comparação da eficiência de tratamento, com as seguintes condições operacionais para os dois sistemas:
 - Esgoto afluyente: esgoto bombeado do sistema de tratamento preliminar sem decantação.
 - Vazão afluyente: 2 m³/dia controlada pelas nas bombas de alimentação.
 - Idade do Lodo: 30 dias, controlada pelo descarte do lodo diretamente dos tanques de aeração.
 - Razão de Recirculação de Lodo: 150% durante todos os dias dessa fase do experimento.
 - Período de experimento: 185 dias (29/03 a 29/09/2004).

- Inóculo: Lodo Ativado de Recirculação da ETE ABC (Sabesp).
- Adição de solução de Dosfolat XS no Tanque de Aeração do Sistema I nas dosagens definidas na tabela 4.1.
- Mantidas as zonas seletoras aeróbias nos tanques de aeração dos dois sistemas com as mesmas dimensões, porém com:
 - Tempo de detenção = 56 minutos

Como mostrado na figura 4.10, a ação seletora foi parcialmente prejudicada pela mistura provocada pelos domos que estavam debaixo da chicana de acrílico.

4.3.4 – Rotinas Operacionais

Nas três fases do experimento, as seguintes rotinas foram seguidas nos dias de coleta (a partir das 8 horas da manhã):

- Verificação do estado das tubulações e conexões, equipamentos (bombas, motores, compressor), tanques de aeração e decantadores;
- Medição do pH do afluente, tanques de aeração e efluentes (retirada de amostras para leitura em pHmetro);
- Medição da concentração de oxigênio dissolvido nos tanques de aeração e respectivas temperaturas (ambas com oxímetro);
- Verificação da aparência e níveis do esgoto nos tanques de aeração e decantadores secundários;
- Limpeza e/ou homogeneização do tanque de equalização;
- Descarte do lodo do tanque de decantação primária (Fases 1 e 2);
- Coleta de amostras compostas e simples para análise no laboratório, de acordo com a programação das análises;
- Limpeza semanal da tubulação que liga o sistema de tratamento preliminar com o sistema de alimentação da ETE Piloto;

- Raspagem diária das paredes internas dos tanques de aeração, com o objetivo de remover o lodo aderido às mesmas;
- Verificação das vazões de ar nos rotâmetros;
- Retirada periódica de água acumulada no vaso pulmão do compressor e nas mangueiras de ar comprimido.
- Descarte diário do excesso de lodo de acordo com a idade do lodo, levando em consideração a vazão afluyente, a concentração de sólidos em suspensão voláteis nos tanques de aeração e nos efluentes dos decantadores secundários;
- Coleta de amostras dos conteúdos dos tanques de aeração, para análise dos sólidos sedimentáveis em 30 minutos, para posterior cálculo dos índices volumétricos de lodo (IVL);
- Verificação visual do intumescimento dos lodos nos decantadores e espuma nos tanques de aeração.
- Nos dias em que não havia coletas, sábados, domingos e feriados, somente eram verificadas as condições dos equipamentos, vazões de ar nos rotâmetros, e feitos os descartes dos lodos.

4.4 – Métodos Analíticos

Todas as determinações analíticas dos parâmetros físico-químicos foram realizadas conforme os procedimentos padronizados no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, tal como publicado pela Water Environment Federation em sua 20ª edição, 1999.

- **Alcalinidade Total:** Método potenciométrico utilizando como agente titulante a solução de ácido sulfúrico 0,02 N; titulação até pH = 4,5;
- **DBO:** realizada pelo método das diluições e incubação durante 5 dias a 20°C. Nas leituras iniciais e finais foi utilizado o oxímetro portátil YSI modelo 5100,

com eletrodo para frascos de DBO, calibrados pelo método de Winkler modificado com azida sódica;

- **DBO Solúvel:** realizada pelo mesmo método da DBO, utilizando amostra filtrada em filtro Millipore com membrana filtrante de fibra de vidro Whatman GF/C com malha de 0,45 μm ;
- **DQO:** realizada pelo método da oxidação por dicromato de potássio em meio ácido;
- **DQO Solúvel:** realizada pelo mesmo método da DQO, utilizando amostra filtrada em filtro Millipore com membrana filtrante de fibra de vidro Whatman GF/C com malha de 0,45 μm ;
- **Fósforo Total:** realizado por método espectrofotométrico, utilizando amostra digerida em aparelho de digestão Buchi 416;
- **Fósforo Solúvel ou Ortofosfato:** realizado pelo mesmo método do fósforo total, porém usando amostra filtrada em papel Whatman 42 e não digerida.
- **Observação Microscópica:** verificação da existência de organismos filamentosos, pela observação dos lodos dos tanques de aeração através de microscópio binocular, marca Nikon modelo Alphaphot 2.
- **Oxigênio Dissolvido:** uso do aparelho oxímetro portátil YSI modelo 5100, calibrado a cada medição de acordo com as recomendações do fabricante;

- **pH:** utilização de um pHmetro, marca Orion 720A; o aparelho era calibrado diariamente com as soluções tampão de pH 7,0 e 4,0, de acordo com as recomendações do “Standard Methods”, 20ª edição, 1999;
- **Série Nitrogenada (NTK, NH₃, NO₂, NO₃):** Nitrogênio Total, usando o aparelho de digestão Buchi 416 e destilação Kjeldahl e Nitrogênio Amoniacal através do aparelho de destilação Kjeldahl Buchi 316; Nitrito através do método espectrofotométrico e Nitrato utilizando o potenciômetro Orion 720A com eletrodo de íon seletivo calibrado com soluções padrão de 1, 10 e 100 mg/L;
- **Sólidos Sedimentáveis em 30 minutos:** Sedimentação dos lodos dos tanques de aeração em provetas graduadas de 1000 mL.
- **Sólidos em Suspensão Totais:** realizado de acordo com o “Standard Methods”, 20ª edição, 1999, fazendo-se a filtração no conjunto Millipore, usando como meio filtrante membrana de fibra de vidro Whatman GF/C e secando o resíduo a 105°C , em estufa, até peso constante;
- **Sólidos em Suspensão Voláteis:** determinados através da calcinação, em forno mufla da membrana com resíduo resultante da análise de sólidos em suspensão totais;
- **Temperatura:** utilização do aparelho oxímetro portátil YSI modelo 5100 ;

5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas três fases de operação dos sistemas da ETE Piloto, o objetivo principal foi verificar a ação do produto “Dosfolat XS”, no aumento da eficiência de tratamento, na redução da produção de lodo ativado, na nitrificação e no controle dos organismos filamentosos. Com esse intuito, foram comparados os dados de DBO, DQO, SST, SSV, da série nitrogenada e fósforo obtidos nas amostras do afluente, dos reatores biológicos e dos efluentes dos sistemas I, com adição de Dosfolat, e II, sem essa adição, segundo a programação previamente estabelecida e descrita na tabela 4.3.

Como houve a necessidade de comparar os dois sistemas operando em paralelo, procurou-se manter, em ambos, condições iguais. Estas condições foram descritas no item 4.3.3, para as três fases do experimento. Os dois sistemas eram controlados de tal forma que, no caso de falta de esgoto afluente ou quebra da bomba do poço do CRUSP, através de um controle de nível no tanque de equalização, as bombas de alimentação dos dois sistemas da ETE Piloto param simultaneamente. No caso de parada de uma bomba de retorno de lodo, a bomba de retorno do outro sistema era desligada, e também a alimentação dos dois sistemas, evitando condições diferentes.

Os sistemas I e II acham-se descritos no item 4.2 e respectivos sub-ítems.

5.1 – Operação na Fase 1

5.1.1 – Considerações Operacionais

A operação contínua, nesta fase teve uma duração de 107 dias, de 20 de agosto a 04 de dezembro de 2003.

Nesta fase do experimento foi utilizado, como inóculo, o lodo ativado de descarte da ETE Barueri. No dia 20 de agosto, quando as nos concentrações de sólidos em suspensão totais e voláteis, nos dois reatores biológicos, ficaram em torno de 3300 e 3000 mg/L, respectivamente, foi iniciada a dosagem de choque (0,5 mg do produto por litro de esgoto afluyente) de Dosfolat, somente no TA1, durante 19 dias. No dia 8 de setembro iniciou-se a dosagem normal (0,1 mg de Dosfolat por litro de esgoto afluyente) no TA1, que durou até o final desta fase do experimento. Tendo em vista que a vazão de alimentação de esgoto decantado, em cada sistema, era de 5 m³/dia, as dosagens diárias de choque e normal foram da ordem de 2,5g e 0,5g de Dosfolat, respectivamente.

Mesmo com todo controle já mencionado, nem sempre as condições estabelecidas no item 4.3.3 puderam ser mantidas. Distúrbios inesperados, mostrados na Tabela AN 1.17 (Anexo 1), acontecidos simultaneamente ou de forma intercalada nos dois sistemas, causaram alterações de algumas condições desejadas, tais como:

- Entupimentos nos respiros das tubulações de saída dos dois tanques de aeração para os respectivos decantadores e formação de espuma nesses tanques, provocaram pequenas perdas de sólidos por extravasamento dos tanques de aeração.
- Quebras eventuais das bombas de retorno de lodo ou pane na parte elétrica.
- Quebras ou entupimento da bomba do poço do CRUSP.

5.1.2 – Apresentação dos Resultados

Os resultados a que se chegou estão apresentados como tabelas, no Anexo 1, contendo os resultados de medições, análises de laboratório, e dados processados; e como figuras, adiante incluídas, relacionando os parâmetros e dados de interesse.

As tabelas apresentadas no Anexo 1 referem-se a:

- Tabela AN 1.1 – Mostra a variação dos sólidos em suspensão totais nos dois sistemas medidos, no laboratório, a partir de amostras coletadas no afluente, efluentes e tanques de aeração;
- Tabela AN 1.2 – Mostra a variação dos sólidos em suspensão voláteis nos dois sistemas obtidos, no laboratório, a partir das análises de sólidos em suspensão totais;
- Tabela AN 1.3 – Mostra o comportamento da sedimentabilidade dos lodos dos tanques de aeração, medidas em campo pelo método da proveta de 1000 mL em 30 minutos, ao longo da fase 1 do experimento;
- Tabela AN 1.4 – Mostra o comportamento do índice volumétrico dos lodos dos tanques de aeração dos dois sistemas, calculados a partir dos sólidos em suspensão totais e sólidos sedimentáveis segundo a fórmula mostrada no item 4.3.2 (eq. 4.3);
- Tabela AN 1.5 – Mostra a variação do pH do afluente, efluentes e tanques de aeração ao longo da fase 1 do experimento;
- Tabela AN 1.6 – Resultados de alcalinidade no afluente, tanques de aeração e efluentes na fase 1;
- Tabela AN 1.7 – Mostra os resultados de DBO Total no afluente, e efluentes e DBO Solúvel nos efluentes, obtidos no laboratório;
- Tabela AN 1.8 – Mostra e possibilita a comparação das evoluções da remoção de DBO nos dois sistemas, calculadas a partir da DBO Total do afluente e das DBO Solúveis dos Efluentes;
- Tabela AN 1.9 - Mostra os resultados de DQO Total no afluente, e efluentes e DQO Solúvel nos efluentes, obtidos no laboratório;
- Tabela AN 1.10 - Mostra e possibilita a comparação das evoluções da remoção de DQO nos dois sistemas, calculadas a partir da DQO Total do afluente e das DQO Solúveis dos Efluentes;
- Tabela AN 1.11 – Revela a condição de operação em termos de concentração de oxigênio dissolvido e medida de temperatura dos tanques de aeração;
- Tabelas AN 1.12, AN 1.13 e AN 1.14 – Mostram os dados da série nitrogenada, NTK, NH_3 , NO_2 e NO_3 , respectivamente, dos dois sistemas na fase 1;

- Tabela AN 1.15 - Mostram os valores obtidos de fósforo total no afluente e conteúdos dos tanques de aeração e fósforo solúvel nos efluentes dos Sistemas I e II.
- Tabela AN 1.16 – Mostra os valores obtidos no teste de depleção de oxigênio realizado com os lodos dos tanques TA1 e TA2.
- Tabela AN 1.17 – Ocorrências principais durante a fase 1 do experimento.

5.1.3 – Discussão dos Resultados

Como nesse experimento, o objetivo é comparar a eficiência de tratamento, a produção de sólidos e a nitrificação nos dois sistemas, Sistema I com adição de Dosfolat e Sistema II sem essa adição, pode ser visto tanto na tabela 5.1, 5.2 e 5.3, quanto nas figuras 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 as variações de DBO, DQO, SST, SSV, NTK, NO₂, NO₃ e Fósforo.

Tabela 5.1 – Valores Médios de DBO, DQO, SST e SSV no Afluente e Efluentes

Parâmetro	Afluente	Efluente Sistema I	Efluente Sistema II	Eficiência de Remoção (%) Sistema I (*)	Eficiência de Remoção (%) Sistema II (*)
DBO (mg O₂/L)	337 ± 154	78 ± 30	130 ± 108	89,5 ± 9,4	90 ± 6,7
DQO (mg O₂/L)	778 ± 407	282 ± 246	353 ± 261	84,9 ± 8,6	84,6 ± 8,1
SST (mg/L) (**)	196 ± 171	143 ± 178	153 ± 161	-	-
SSV (mg/L) (**)	175 ± 146	136 ± 162	147 ± 147	-	-

(*) As eficiências de remoção foram calculadas usando as frações solúveis dos efluentes – DBO_s e DQO_s (Tabelas AN 1.7 e AN 1.8)

(**) Os desvios padrões foram maiores que as médias nos efluentes devido às grandes variações de perda de sólidos nos dois sistemas (tabelas AN 1.1 e AN 1.2)

Tabela 5.2 – Valores Médios de NTK, NH₃, NO₂, NO₃ e Fósforo na Fase 1

Parâmetro	Afluente	TA1	TA2	Efluente Sistema I	Efluente Sistema II	Eficiência de Remoção (%) Sistema I	Eficiência de Remoção (%) Sistema II
NTK (mg N/L)	112,2 ± 59,6	208,5 ± 53,9	186,7 ± 80,9	31,2 ± 14,9	35 ± 16,4	60,1 ± 32,1	56,2 ± 34,1
NH ₃ (mg N/L)	48,27 ± 9,43	-	-	24,3 ± 12,3	24,6 ± 13,3	46,7 ± 26,9	45,2 ± 29,9
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	195 ± 22	199 ± 34	201 ± 29	186 ± 14	193 ± 14	-	-
NO ₂ (mg N/L)	-	-	-	0,23 ± 0,32	0,04 ± 0,02	-	-
NO ₃ (mg N/L)	-	-	-	0,53 ± 0,28	0,61 ± 0,10	-	-
Fósforo (mg P/L)	0,52	1,43	1,58	0,32	0,34	38,5	34,6

Tabela 5.3 – Valores Médios de SST, SSV, Idade do Lodo e Produção de SSV

Parâmetro	TA1 (Sistema I)	TA2 (Sistema II)
SST (mg/L)	1489 ± 801	1644 ± 808
SSV (mg/L)	1343 ± 725	1477 ± 728
Idade do Lodo (d)	2,3 ± 1,5	2,4 ± 1,4
Produção de SSV durante a Fase 1 (kg)	71,92 (*)	76,77 (*)

(*) Calculados através da seguinte equação: $P_T = V \cdot C_M + P_M \cdot \Delta t - V \cdot C_i$ onde:

P_T = Produção de SSV durante a fase do experimento (kg)

V = Volume do tanque de aeração (m³) = 0,85 m³

C_M = Concentração média de SSV (kg/m³)

P_M = Produção média de SSV (kg/d) (tabela AN 1.2)

Δt = Tempo de dosagem do produto Dosfolat (d) = 94 dias

C_i = Concentração de SSV no tanque de aeração no primeiro dia da fase do experimento (kg/m³) (tabela AN 1.2)

O cálculo da produção de lodo não levou em consideração a contribuição de SSV do afluente, pois é o mesmo que alimenta os dois sistemas, e não conta para fim de comparação entre os sistemas I e II.

Nesta etapa do experimento, tentou-se manter a idade do lodo em 4 dias, porém pela perda excessiva de sólidos pelos efluentes dos dois sistemas, a idade do lodo média nos dois sistemas ficou em torno de 2,4 dias.

Pode-se ver pela tabela 5.1 e figuras 5.2 e 5.3, que mesmo as eficiências sendo altas, os efluentes de ambos os sistemas estão com DBO Total e DQO Total elevadas. Esse fato deve-se à perda excessiva de sólidos pelos efluentes dos dois sistemas, o que é verificado pelos valores de sólidos em suspensão totais e voláteis nos efluentes mostrados na tabela 5.1 e figura 5.4, sendo que o Sistema II perdeu, em média, maior quantidade de sólidos.

Quanto à produção de sólidos, a tabela 5.3 mostra que o Sistema II produziu aproximadamente 7% a mais de sólidos voláteis do que o Sistema I (com Dosfolat). A figuras 5.6 mostra que a tendência de geração de sólidos no Sistema I é menor que no Sistema II, visto que, no Sistema I, a probabilidade de maior ocorrência foi de valores menores que 3000 mg/L, enquanto que no Sistema II foi de valores menores que 3500 mg/L. Os dados obtidos e o gráfico da figura 5.7 mostram que o Sistema II apresentou SSV médio de 1456 mg/L, com valores de até 2400 mg/L em 80% do tempo, enquanto no Sistema I, estes valores foram, respectivamente, de apenas 1317 mg/L e 2167 mg/L. Os valores médios de SST e SSV nos efluentes, referidos na tabela 5.1, mostram que o Sistema I perdeu menos sólidos que o Sistema II, confirmando a menor geração de lodo. Vale salientar que como as eficiências médias de remoção de DBO e DQO dos dois sistemas estão muito próximas, o que pode revelar maior atividade biológica no Sistema I (com adição de Dosfolat).

Quanto à redução de nitrogênio total, houve maior eficiência de remoção no Sistema I (tabela 5.2). Quanto à nitrificação, os valores obtidos e mostrados nas tabelas AN 1.6, AN 1.12, AN 1.13, AN 1.14 e 5.2, mostram que houve, em ambos os sistemas, pequenas variações de alcalinidade no sentido da amonificação, e mínima nitrificação que não deve ser considerada. Como no experimento, não houve neutralização pela adição de agente alcalinizante, se houvesse nitrificação, os valores de pH tenderiam a abaixar, o que não ocorreu. Os valores de pH variaram entre 6,32 e 7,18 no TA1 e entre 6,26 e 7,04 no TA2 com valores médios de 6,89 e 6,81 para os Sistemas I e II, respectivamente (tabela AN 1.5).

Quanto ao fósforo, não houve uma diferença de remoção significativa. Apenas 38% e 35% de remoção nos Sistemas I e II, respectivamente.

A concentração de oxigênio dissolvido nos dois sistemas, como indicado na tabela AN 1.11, foi variável, e de difícil controle devido às variações de vazão características de um compressor de ar. Embora isto acontecendo, a aeração foi sempre suficiente para suprir as necessidades de consumo e agitação do lodo nos tanques de aeração, atingindo as médias de 2,36 e 2,49 para os sistemas I e II, respectivamente.

A tabela 5.4 a seguir mostra os resultados médios obtidos para taxas de depleção de oxigênio dissolvido (OUR ou “Oxygen Uptake Rate”) em lodos coletados de cada tanque de aeração, assim como os valores médios de SOUR (“Specific Oxygen Uptake Rate”), relativos à divisão dos valores de OUR pelos respectivos teores médios de SSV.

Tabela 5.4 - Valores médios de OUR e SOUR obtidos na fase 1

Tanque de Aeração	OUR (mg O₂/L·min)	SOUR (mg O₂/min·mg SSV)
TA1	0,33	$2,5 \cdot 10^{-4}$
TA2	0,37	$2,5 \cdot 10^{-4}$

O valor médio da taxa de depleção de oxigênio (OUR) foi 12% menor no TA1 (com Dosfolat). Por outro lado, os valores da taxa específica (SOUR) para os tanques TA1 e TA2 foram praticamente iguais, indicando mesma atividade da microbiota nos dois sistemas.

A figura 5.10 mostra todas as curvas de depleção obtidas na fase 1. Nota-se a consistência de resultados para ambos os lodos (TA1 e TA2).

Uma característica a ser considerada é o Índice Volumétrico de Lodo, que revela facilidades ou dificuldades operacionais e tendência à formação do intumescimento do lodo. Os dados de IVL da tabela AN 1.4, comparados com os baixos valores de SST nos tanques de aeração (tabela AN 1.1) para idades do lodo entre 2 e 4 dias (tabela 3.1 do item 3.1.5) e corroborados com os sólidos perdidos nos efluentes (tabela AN 1.1), indicam o intumescimento dos lodos nos dois sistemas.

Os valores médios de IVL no TA1 são maiores que no TA2, porém devido aos valores atípicos dos dias compreendidos entre 20/10 e 29/10/2003. Nesses dias houve muita perda de sólidos no efluente do TA1 (tabelas AN 1.1 e AN 1.2). As figuras 5.8 e 5.9 mostram as variações e as frequências de ocorrências dos valores calculados de IVL que a sedimentação do lodo no Sistema II, mesmo com o intumescimento dos lodos, foi melhor do que no Sistema I. A instalação das zonas seletoras nos tanques de aeração não produziu efeito positivo sobre a sedimentação dos lodos dos dois sistemas.

5.1.4 – Acompanhamento Microbiológico

O acompanhamento microbiológico nesta fase restringiu-se à observação através de microscópio binocular, somente para verificação da formação dos flocos e da existência de organismos filamentosos. A figura 5.1 mostra a existência de filamentos nos lodos dos tanques TA1 e TA2, embora que em maior quantidade no tanque de aeração do Sistema II, o intumescimento do lodo fica evidenciado nos dois sistemas de tratamento.

Figura 5.1 – Fotografias tiradas com microscópio binocular, dos Lodos do:
(a) Sistema I com Dosfolat; (b) Sistema II

Figura 5.2 – Variação de DBO Total e Solúvel e Eficiência de Remoção na Fase 1

Figura 5.3 – Variação de DQO Total e Solúvel e Eficiência de Remoção na Fase 1

Figura 5.4 - Variação de SST e SSV no Afluente e Efluentes na Fase 1

Sólidos em Suspensão Totais nos Tanques de Aeração (Fase 1)

Sólidos em Suspensão Voláteis nos Tanques de Aeração (Fase 1)

Figura 5.5 - Variação de SST e SSV nos Tanques de Aeração na Fase 1

Figura 5.6 – Frequência dos Valores de SSV nos Tanques de Aeração

Figura 5.7 – Probabilidade de Ocorrência dos Valores de SSV nos Tanques de Aeração na Fase 1

Figura 5.8 - Frequência dos Valores de IVL nos Tanques de Aeração na Fase 1

Figura 5.9 – Valores de IVL Obtidos na Fase 1

Figura 5.10 – Teste de Depleção de Oxigênio com os Lodos dos Tanques de Aeração na Fase 1

5.2 – Operação na Fase 2

5.2.1 – Considerações Operacionais

Nesta etapa do experimento, foi utilizado, como inóculo, o lodo ativado de recirculação da ETE ABC.

Esta fase teve uma duração de 115 dias, de 17 de dezembro de 2003 a 10 de março de 2004, porém a dosagem de choque de Dosfolat (0,5 mg do produto por litro de esgoto afluyente), somente no sistema I, começou no dia 23 de dezembro de 2003, quando os lodos dos dois reatores biológicos ficaram com concentrações de sólidos em suspensão totais e voláteis da ordem de 5200 e 3900 mg/L, respectivamente. A dosagem de choque

de Dosfolat durou 16 dias, a partir de que foi iniciada a dosagem normal (0,1 mg de Dosfolat por litro de esgoto afluente) no TA1, que durou até o final desta fase. Tendo em vista que a vazão de alimentação de esgoto decantado, em cada sistema, era a mesma que na fase 1 do experimento, isto é, 5 m³/dia, as dosagens diárias de choque e normal foram de 2,5g e 0,5g de Dosfolat, respectivamente.

As ocorrências principais desta etapa estão relatadas na tabela AN 2.16 onde pode se verificar a parada de alimentação devida ao acúmulo de sujeira na caixa de gordura que prendeu a bóia de nível, provocando a parada da bomba do sistema de tratamento preliminar.

5.2.2 – Apresentação dos Resultados

Os resultados a que se chegou estão apresentados como tabelas, no Anexo 2, contendo os resultados de medições, análises de laboratório, e dados processados; e como figuras, adiante incluídas, relacionando os parâmetros e dados de interesse.

As tabelas apresentadas no Anexo 2 referem-se a:

- Tabela AN 2.1 – Mostra a variação dos sólidos em suspensão totais nos dois sistemas medidos, no laboratório, a partir de amostras coletadas no afluente, efluentes e tanques de aeração;
- Tabela AN 2.2 – Mostra a variação dos sólidos em suspensão voláteis nos dois sistemas obtidos, no laboratório, a partir das análises de sólidos em suspensão totais;
- Tabela AN 2.3 – Mostra o comportamento da sedimentabilidade dos lodos dos tanques de aeração, medidas em campo pelo método da proveta de 1000 mL em 30 minutos, ao longo da fase 2 do experimento;
- Tabela AN 2.4 – Mostra o comportamento do índice volumétrico dos lodos dos tanques de aeração dos dois sistemas, calculados a partir dos sólidos em suspensão totais e sólidos sedimentáveis segundo a fórmula mostrada no item 4.3.2 (eq. 4.3);

- Tabela AN 2.5 – Mostra a variação do pH do afluente, efluentes e tanques de aeração ao longo da fase 2 do experimento;
- Tabela AN 2.6 – Resultados de alcalinidade no afluente, tanques de aeração e efluentes, mostrando, juntamente com os dados de pH, a ocorrência de nitrificação nos sistemas da ETE Piloto na fase 2;
- Tabela AN 2.7 – Mostra os resultados de DBO Total no afluente, e efluentes e DBO Solúvel nos efluentes, obtidos no laboratório;
- Tabela AN 2.8 – Mostra e possibilita a comparação das evoluções da remoção de DBO nos dois sistemas, calculadas a partir da DBO Total do afluente e das DBO Solúveis dos Efluentes;
- Tabela AN 2.9 - Mostra os resultados de DQO Total no afluente, e efluentes e DQO Solúvel nos efluentes, obtidos no laboratório;
- Tabela AN 2.10 - Mostra e possibilita a comparação das evoluções da remoção de DQO nos dois sistemas, calculadas a partir da DQO Total do afluente e das DQO Solúveis dos Efluentes;
- Tabela AN 2.11 – Revela a condição de operação em termos de concentração de oxigênio dissolvido e medida de temperatura dos tanques de aeração;
- Tabelas AN 2.12, AN 2.13 e AN 2.14 – Mostram os dados da série nitrogenada, NTK, NH_3 , NO_2 e NO_3 , respectivamente, dos dois sistemas na fase 2;
- Tabela AN 2.15 - Mostra os valores obtidos de fósforo total no afluente e conteúdos dos tanques de aeração e fósforo solúvel nos efluentes dos Sistemas I e II.
- Tabela AN 2.16 – Ocorrências principais durante a fase 2 do experimento.

5.2.3 – Discussão dos Resultados

Como nesse experimento, o objetivo é comparar a eficiência de tratamento, a produção de sólidos e a nitrificação nos dois sistemas, Sistema I com adição de Dosfolat e Sistema II sem essa adição, pode ser visto tanto na tabela 5.5, 5.6 e 5.7, quanto nas figuras 5.14, 5.15, 5.16 e 5.17 as variações de DBO, DQO, SST, SSV, NTK, NO₂, NO₃ e Fósforo.

Tabela 5.5 – Valores Médios de DBO, DQO, SST e SSV no Afluente e Efluentes

Parâmetro	Afluente	Efluente Sistema I	Efluente Sistema II	Eficiência de Remoção (%) Sistema I (*)	Eficiência de Remoção (%) Sistema II (*)
DBO (mg O ₂ /L)	177 ± 54	15 ± 8	63 ± 41	99,0 ± 1,0	98,1 ± 2,1
DQO (mg O ₂ /L)	416 ± 232	75 ± 55	187 ± 197	91,6 ± 4,8	89,6 ± 5,4
SST (mg/L) (**)	173 ± 139	44 ± 56	131 ± 164	-	-
SSV (mg/L) (**)	144 ± 110	38 ± 46	112 ± 138	-	-

(*) As eficiências de remoção foram calculadas usando as frações solúveis dos efluentes – DBO_s e DQO_s

(**) Os desvios padrões foram maiores que as médias nos efluentes devido às grandes variações de perda de sólidos nos dois sistemas (tabelas AN 2.1 e AN 2.2)

Tabela 5.6 – Valores Médios de NTK, NH₃, NO₂, NO₃ e Fósforo na Fase 2

Parâmetro	Afluente	TA1	TA2	Efluente Sistema I	Efluente Sistema II	Eficiência de Remoção (%) Sistema I	Eficiência de Remoção (%) Sistema II
NTK (mg N/L)	60,1 ± 13,4	408,8	391,4	32,3 ± 4,7	37,2 ± 10,9	43,5 ± 19,5	35,3 ± 25,4
NH ₃ (mg N/L)	52,08 ± 2,91	-	-	20,16 ± 4,98	27,25 ± 4,13	61,5 ± 8,4	47,4 ± 10,0
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	191 ± 30	170 ± 58	204 ± 44	126 ± 46	166 ± 35	-	-
NO ₂ (mg N/L)	-	-	-	0,45 ± 0,16	0,06 ± 0,06	-	-
NO ₃ (mg N/L)	-	-	-	2,96 ± 1,3	0,78 ± 0,56	-	-
Fósforo (mg P/L)	0,7 ± 0,3	6,7 ± 0,1	6,8 ± 2,9	0,4 ± 0,1	0,3 ± 0,1	34,5 ± 30,6	43,1 ± 38,5

Tabela 5.7 – Valores Médios de SST, SSV, Idade do Lodo e Produção de SSV

Parâmetro	TA1 (Sistema I)	TA2 (Sistema II)
SST (mg/L)	4051 ± 905	2954 ± 1473
SSV (mg/L)	3314 ± 717	2415 ± 1160
Idade do Lodo Média Efetiva (d)	7,5 ± 1,5	5,4 ± 3,4
Produção de SSV durante a Fase 2 (kg)	31,11 (*)	53,21 (*)

(*) Calculados através da seguinte equação: $P_T = V \cdot C_M + P_M \cdot \Delta t - V \cdot C_i$ onde:

P_T = Produção de SSV durante a fase do experimento (kg)

V = Volume do tanque de aeração (m^3) = 0,85 m^3

C_M = Concentração média de SSV (kg/m^3)

P_M = Produção média de SSV (kg/d) (tabela AN 2.2)

Δt = Tempo de dosagem do produto Dosfolat (d) = 79 dias

C_i = Concentração de SSV no tanque de aeração no primeiro dia da fase do experimento (kg/m^3) (tabela AN 2.2)

O cálculo da produção de lodo não levou em consideração a contribuição de SSV do afluente, pois é o mesmo que alimenta os dois sistemas, e não conta para fim de comparação entre os sistemas I e II.

Nesta etapa do experimento, tentou-se manter a idade do lodo em 8 dias, porém pela perda excessiva de sólidos pelo efluente do Sistema II, a idade do lodo média nos dois sistemas ficou em torno de 7,5 e 5,5 dias nos Sistemas I e II, respectivamente.

Nota-se, pela tabela 5.5 e figuras 5.14 e 5.15, que as eficiências de remoção foram altas, porém em termos de DBO e DQO o Sistema I, com Dosfolat XS, foi mais eficiente que o Sistema II. Pode-se notar, também, que o efluente do Sistema I teve valores de DBO e DQO Totais menores que o do Sistema II. Esse fato deve-se à perda de sólidos pelo efluente do Sistema II, o que foi verificado pelos valores de sólidos em suspensão totais e voláteis no efluente desse sistema mostrados na tabela 5.5 e figura 5.16.

Quanto à produção de sólidos, a tabela 5.7 mostra que o Sistema II (sem Dosfolat) produziu aproximadamente 71% a mais de sólidos voláteis do que o Sistema I. Pela mesma tabela 5.7, a perda de sólidos totais e voláteis no efluente do Sistema II foi, respectivamente, 198 e 195% maior que no efluente do Sistema I. As figuras 5.18 e 5.19 mostram que a tendência de geração de sólidos no Sistema II foi menor que no Sistema I, porém essa impressão de menor produção de lodo no Sistema II foi devida às baixas

sedimentação e compactação do lodo no decantador secundário desse sistema, provocadas pelo intumescimento do lodo ocorrido e confirmado pelos valores de IVL (tabela AN 2.4 e figura 5.21). A figura 5.20 também mostra a frequência de ocorrência de valores menores de IVL para o Sistema I. Nesse caso, pode-se dizer que o Dosfolat XS contribuiu, significativamente, para o controle do intumescimento do lodo no Sistema I.

Quanto à redução de nitrogênio total e nitrificação, os valores obtidos e mostrados nas tabelas 5.6, AN 2.6, AN 2.12, AN 2.13 e AN 2.14, mostram que houve, em ambos os sistemas, pequenas variações de alcalinidade no sentido da amonificação, e pequena nitrificação com tendência maior para o Sistema I, com Dosfolat. Esse fato é confirmado pelos valores de pH que variaram entre 5,72 e 7,22 no TA1 e entre 6,56 e 7,18 no TA2 (tabela AN 2.5).

Nas tabelas AN 2.15 e 5.6 revelam que no Sistema II houve maior remoção do nutriente fósforo do que no Sistema I, isto é, 43% e 35%, respectivamente.

A concentração de oxigênio dissolvido nos dois sistemas, como indicado na tabela AN 2.11, foi variável, e de difícil controle devido às variações de vazão do compressor de ar. Embora isto acontecendo, a aeração foi sempre suficiente para suprir as necessidades de consumo e agitação do lodo nos tanques de aeração, atingindo as médias de 3,27 e 3,97 para os sistemas I e II, respectivamente.

Quanto à sedimentabilidade do lodo, os valores de IVL mostrados na tabela AN 2.4 e suas frequências e variações reveladas pelas figuras 5.20 e 5.21 indicam melhores condições de operação e controle de intumescimento filamentoso no Sistema I, que mostrou características de “bulking” somente nos últimos sete dias desta etapa, enquanto que o Sistema II, do dia 08/01 a 06/02/2004, apresentou valores altos de IVL que variaram entre 313 e 839 mL/g. Na figura 5.11, podem ser vistas as condições de sedimentação do lodo nos dois sistemas da ETE Piloto.

Figura 5.11 – ETE Piloto mostrando os níveis do lodo nos decantadores secundários na Fase 2. As setas indicam os níveis no Dec1 (esquerda) e Dec2 (direita).

5.2.4 – Acompanhamento Microbiológico

O acompanhamento microbiológico nesta fase restringiu-se à observação através de microscópio binocular, somente para verificação da formação dos flocos e da existência de organismos filamentosos. As figuras 5.12 e 5.13 mostram a existência de filamentos nos lodos dos tanques TA1 e TA2, respectivamente. No tanque de aeração do Sistema I, com Dosfolat os filamentos ficaram restritos aos flocos bem formados (vide figura 3.8 – item 3.4.1), enquanto que no tanque do Sistema II, os flocos estão mal constituídos e separados por grande quantidade de organismos filamentosos, indicando o intumescimento do lodo (vide figura 3.9 – item 3.4.1). Como as condições ambientais e de operação dos dois sistemas foram iguais, pode-se concluir que o produto Dosfolat XS, adicionado ao Sistema I, contribuiu para o controle do intumescimento do lodo.

Figura 5.12 – Fotografias do Lodo do Tanque de Aeração do Sistema I tiradas em 02/01/04 e 04/02/04 com microscópio binocular durante a Fase 2.

Figura 5.13 – Fotografias do Lodo do Tanque de Aeração do Sistema II tiradas em 02/01/04 e 04/02/04 com microscópio binocular durante a Fase 2.

Figura 5.14 – Variação de DBO Total e Solúvel e Eficiência de Remoção na Fase 2

Figura 5.15 – Variação de DQO Total e Solúvel e Eficiência de Remoção na Fase 2

Figura 5.16 - Variação de SST e SSV no Afluente e Efluentes na Fase 2

Figura 5.17 - Variação de SST e SSV nos Tanques de Aeração na Fase 2

Figura 5.18 – Frequência dos Valores de SSV nos Tanques de Aeração

Figura 5.19 – Probabilidade de Ocorrência dos Valores de SSV nos Tanques de Aeração na Fase 2

Figura 5.20 - Frequência dos Valores de IVL nos Tanques de Aeração na Fase 2

Figura 5.21 – Valores de IVL Obtidos na Fase 2

5.3 – Operação na Fase 3

5.3.1 – Considerações Operacionais

A operação contínua, nesta fase teve uma duração de 185 dias, de 29 de março a 29 de setembro de 2004.

Nesta etapa do experimento, foi utilizado, como inóculo, o lodo ativado de recirculação da ETE ABC. A dosagem de choque de Dosfolat (0,5 mg do produto por litro de esgoto afluente), somente no sistema I, começou no dia 19 de maio de 2004, quando os lodos dos dois reatores biológicos ficaram com concentrações de sólidos em suspensão totais e

voláteis da ordem de 2300 e 1900 mg/L, respectivamente. A dosagem de choque de Dosfolat durou 16 dias, a partir de que se iniciou a dosagem normal (0,1 mg de Dosfolat por litro de esgoto afluente) no TA1, que durou até o final desta fase do experimento. Tendo em vista que a vazão de alimentação de esgoto em cada sistema, era de 2 m³/dia, as dosagens diárias de choque e normal foram de 1,0g e 0,2g de Dosfolat, respectivamente.

Mesmo com todo controle já mencionado, nem sempre as condições estabelecidas no item 4.3.3 puderam ser mantidas. Distúrbios inesperados, mostrados na Tabela AN 3.18 (Anexo 3), acontecidos simultaneamente ou de forma intercalada nos dois sistemas, causaram alterações de algumas condições desejadas. Ocorreram problemas tais como:

- Quebras ou entupimento da bomba do poço do CRUSP;
- Paradas por falta de energia elétrica no CTH.

5.3.2 – Apresentação dos Resultados

Os resultados a que se chegou estão apresentados como tabelas, no Anexo 3, contendo os resultados de medições, análises de laboratório, e dados processados; e como figuras, adiante incluídas, relacionando os parâmetros e dados de interesse.

As tabelas apresentadas no Anexo 3 referem-se a:

- Tabela AN 3.1 – Mostra a variação dos sólidos em suspensão totais nos dois sistemas medidos, no laboratório, a partir de amostras coletadas no afluente, efluentes e tanques de aeração;
- Tabela AN 3.2 – Mostra a variação dos sólidos em suspensão voláteis nos dois sistemas obtidos, no laboratório, a partir das análises de sólidos em suspensão totais;
- Tabela AN 3.3 – Mostra o comportamento da sedimentabilidade dos lodos dos tanques de aeração, medidas em campo pelo método da proveta de 1000 mL em 30 minutos, ao longo da fase 3 do experimento;

- Tabela AN 3.4 – Mostra o comportamento do índice volumétrico dos lodos dos tanques de aeração dos dois sistemas, calculados a partir dos sólidos em suspensão totais e sólidos sedimentáveis segundo a fórmula mostrada no item 4.3.2 (eq. 4.3);
- Tabela AN 3.5 – Mostra a variação do pH do afluente, efluentes e tanques de aeração ao longo da fase 3 do experimento;
- Tabela AN 3.6 – Resultados de alcalinidade no afluente, tanques de aeração e efluentes, mostrando, juntamente com os dados de pH, a ocorrência de nitrificação nos sistemas da ETE Piloto na fase 3;
- Tabela AN 3.7 – Mostra os resultados de DBO Total no afluente, e efluentes e DBO Solúvel nos efluentes, obtidos no laboratório;
- Tabela AN 3.8 – Mostra e possibilita a comparação das evoluções da remoção de DBO nos dois sistemas, calculadas a partir da DBO Total do afluente e das DBO Solúveis dos Efluentes;
- Tabela AN 3.9 - Mostra os resultados de DQO Total no afluente, e efluentes e DQO Solúvel nos efluentes, obtidos no laboratório;
- Tabela AN 3.10 - Mostra e possibilita a comparação das evoluções da remoção de DQO nos dois sistemas, calculadas a partir da DQO Total do afluente e das DQO Solúveis dos Efluentes;
- Tabela AN 3.11 – Revela a condição de operação em termos de concentração de oxigênio dissolvido e medida de temperatura dos tanques de aeração;
- Tabelas AN 3.12, AN 3.13 e AN 3.14 – Mostram os dados da série nitrogenada, NTK, NH_3 , NO_2 e NO_3 , respectivamente, dos dois sistemas na fase 3;
- Tabela AN 3.15 - Mostra os valores obtidos de fósforo total no afluente e conteúdos dos tanques de aeração e fósforo solúvel nos efluentes dos Sistemas I e II.
- Tabela AN 3.16 – Mostra os valores de turbidez nos efluentes dos tanques de aeração dos Sistemas I e II.
- Tabela AN 3.17 – Mostra os valores de oxigênio dissolvido obtidos no teste de depleção realizado para a fase 3.
- Tabela AN 3.18 – Ocorrências principais durante a fase 3 do experimento.

5.3.3 – Discussão dos Resultados

Como nesse experimento, o objetivo é comparar a eficiência de tratamento, a produção de sólidos e a nitrificação nos dois sistemas, Sistema I com adição de Dosfolat e Sistema II sem essa adição, pode ser visto tanto nas tabelas 5.8, 5.9 e 5.10, quanto nas figuras 5.24, 5.25, 5.26 e 5.27 as variações de DBO, DQO, SST e SSV, NTK e NO_3 .

Tabela 5.8 – Valores Médios de DBO, DQO, SST e SSV no Afluente e Efluentes

Parâmetro	Afluente	Efluente Sistema I	Efluente Sistema II	Eficiência de Remoção (%) Sistema I (*)	Eficiência de Remoção (%) Sistema II (*)
DBO (mg O_2/L)	322 ± 156	35 ± 14	42 ± 18	93,3 ± 5,6	93,4 ± 4,6
DQO (mg O_2/L)	614 ± 307	72 ± 36	86 ± 68	92,5 ± 5,0	93,4 ± 4,1
SST (mg/L)	583 ± 490	30 ± 22	39 ± 27	-	-
SSV (mg/L)	504 ± 426	26 ± 19	34 ± 24	-	-

(*) As eficiências de remoção foram calculadas usando as frações solúveis dos efluentes – DBO_s e DQO_s

Tabela 5.9 – Valores Médios de NTK, NH_3 , NO_2 , NO_3 e Fósforo na Fase 3

Parâmetro	Afluente	TA1	TA2	Efluente Sistema I	Efluente Sistema II	Eficiência de Remoção (%) Sistema I	Eficiência de Remoção (%) Sistema II
NTK (mg N/L)	90,5 ± 27,5	59,4	117,9	26,8 ± 12,6	35,2 ± 25,6	70,4 ± 12,1	63,1 ± 24,4
NH_3 (mg N/L)	54,39 ± 10,4	-	-	22,93 ± 13,72	26,0 ± 14,3	58,0 ± 25,1	52,4 ± 27,6
Alcalinidade (mg CaCO_3/L)	298 ± 137	97 ± 82	146 ± 116	69 ± 65	98 ± 83	-	-
NO_2 (mg N/L)	-	-	-	0,04 ± 0,05	0,08 ± 0,10	-	-
NO_3 (mg N/L)	-	-	-	9,53 ± 10,42	8,59 ± 9,90	-	-
Fósforo (mg P/L)	2,68 ± 0,30	49,1	17,7	1,76 ± 0,64	1,54 ± 0,63	34,5 ± 20,3	43,4 ± 17,3

Tabela 5.10 – Valores Médios de SST, SSV, Idade do Lodo e Produção de SSV

Parâmetro	TA1 (Sistema I)	TA2 (Sistema II)
SST (mg/L)	4611 ± 1477	5319 ± 1597
SSV (mg/L)	4026 ± 1330	4649 ± 1373
Idade do Lodo (d)	27,8 ± 5,6	28,1 ± 5,3
Produção de SSV durante a Fase 3 (kg)	19,07 (*)	22,28 (*)

(*) Calculados através da seguinte equação: $P_T = V \cdot C_M + P_M \cdot \Delta t - V \cdot C_i$ onde:

P_T = Produção de SSV durante a fase do experimento (kg)

V = Volume do tanque de aeração (m^3) = 0,85 m^3

C_M = Concentração média de SSV (kg/m^3)

P_M = Produção média de SSV (kg/d) (tabela AN 3.2)

Δt = Tempo de dosagem do produto Dosfolat (d) = 133 dias

C_i = Concentração de SSV no tanque de aeração no primeiro dia da fase do experimento (kg/m^3) (tabela AN 3.2)

O cálculo da produção de lodo não levou em consideração a contribuição de SSV do afluente, pois é o mesmo que alimenta os dois sistemas, e não conta para fim de comparação entre os sistemas I e II.

Nessa fase do experimento pode-se ver pela tabela 5.8 e figuras 5.24 e 5.25, que as eficiências dos dois sistemas são altas, e muito próximas em termos de DBO e DQO. Pode-se notar, também, que o efluente do Sistema I tem valores de DBO e DQO Totais menores que o do Sistema II, o que indica maior perda de sólidos pelo efluente do Sistema II. Ainda que essa perda seja pequena, tal fato é confirmado, comparando-se os valores dos sólidos em suspensão totais e voláteis nos efluentes (tabelas 5.8, AN 3.1 e AN 3.2).

Quanto à produção de sólidos, a tabela 5.10 mostra que o Sistema II produziu aproximadamente 17% a mais de sólidos em suspensão voláteis do que o Sistema I (com Dosfolat). A variação desses valores pode ser vista na tabela AN 3.2 e na figura 5.27, onde se vê claramente que o conteúdo do TA1 possuía concentração de sólidos em suspensão totais e voláteis menor que o do TA2 na maior parte do tempo. Os dados obtidos e o gráfico da figura 5.29 mostram que o Sistema II apresentou SSV médio de 4649 mg/L, com valores de até 5000 mg/L em 58% do tempo, enquanto que no sistema I, para a mesma porcentagem de tempo, estes valores foram respectivamente de apenas 4026 mg/L e 4522 mg/L. Vale salientar que como as eficiências médias de remoção de

DBO e DQO dos dois sistemas estão muito próximas, para as mesmas características do esgoto afluyente, o Sistema I revelou maior atividade biológica.

Quanto à redução de nitrogênio total e nitrificação, os valores obtidos e mostrados na tabela AN 3.6 revelam que nos dias 26 de maio a 14 de julho houve um intenso decréscimo dos valores de alcalinidade nos tanques de aeração e nos efluentes dos dois sistemas, indicando intensa nitrificação, o que é confirmado pelos baixos valores de pH obtidos nesses dias e indicados na tabela AN 3.5. Levando-se em consideração os valores médios de alcalinidade do afluyente e dos efluentes da tabela AN 3.6, verifica-se que houve reduções médias de alcalinidade da ordem de 228 e 200 mg CaCO_3/L nos Sistemas I e II, respectivamente, o que equivale, segundo a relação estequiométrica de 7,14 mg $\text{CaCO}_3/\text{mg N}$ (item 3.5.1), a consumos de nitrogênio amoniacal da ordem de 31,9 e 28,0 mg N/L, respectivamente. Estes valores indicam que houve um pequeno acréscimo da nitrificação no Sistema I em relação ao Sistema II. Calculando-se os valores médios de redução de nitrogênio amoniacal utilizando os dados da tabela AN 3.13, chega-se a valores de 31,5 e 28,4 mg N/L para os sistemas I e II, respectivamente, confirmando os valores acima.

Em relação ao fósforo, os dados obtidos (tabelas 5.9 e AN 2.15) mostram uma maior remoção pelo Sistema II, isto é, 35% e 43% pra os Sistemas I e II, respectivamente.

A concentração de oxigênio dissolvido nos dois sistemas, como indicado na tabela AN 3.11, também foi variável, e de difícil controle devido às variações de vazão do compressor de ar. Embora isto acontecendo, a aeração foi sempre suficiente para suprir as necessidades de consumo e agitação do lodo nos tanques de aeração, atingindo as médias de 2,53 e 2,77 para os sistemas I e II, respectivamente.

A tabela 5.11 a seguir mostra os resultados médios obtidos para taxas de depleção de oxigênio dissolvido (OUR ou “Oxygen Uptake Rate”) em lodos coletados de cada

tanque de aeração, assim como os valores médios de SOUR (“Specific Oxygen Uptake Rate”), relativos à divisão dos valores de OUR pelos respectivos teores médios de SSV.

Tabela 5.11 - Valores médios de OUR e SOUR obtidos na fase 3

Tanque de Aeração	OUR (mg O₂/L·min)	SOUR (mg O₂/min·mg SSV)
TA1	0,98	$2,43 \cdot 10^{-4}$
TA2	0,69	$1,48 \cdot 10^{-4}$

O valor médio da taxa de depleção de oxigênio (OUR) foi 42% maior no TA1 (com Dosfolat), indicando maior consumo de oxigênio. Por outro lado, o valor da taxa específica (SOUR) para o TA1 foi cerca de 64% maior que o valor para o TA2, indicando maior atividade da microbiota no TA1 (com Dosfolat).

A figura 5.32 mostra todas as curvas de depleção obtidas na fase 3. Nota-se a consistência de resultados para ambos os lodos (TA1 e TA2).

Quanto à sedimentabilidade do lodo, os dados de IVL da tabela AN 3.4 comparados aos valores de SST e SD₃₀ das tabelas AN 3.1 e AN 3.3, indicam melhor sedimentação e compactação do lodo do Sistema II, porém os valores médios de SST nos efluentes mostram maior perda de sólidos no Sistema II, o que indica a formação de flocos pontuais, o que é confirmado pelo acompanhamento microbiológico.

As figuras 5.30 e 5.31 mostram as variações e as frequências de ocorrências dos valores calculados de IVL, confirmando que a sedimentação do lodo no Sistema II foi melhor do que no Sistema I.

5.3.4 – Acompanhamento Microbiológico

O acompanhamento microbiológico nesta fase restringiu-se à observação através de microscópio binocular, somente para verificação da formação dos flocos e da existência de organismos filamentosos. A figura 5.22 mostra a existência de flocos pontuais (figura 3.10 – item 3.4.1) em maior quantidade no Sistema II e a figura 5.23 mostram flocos melhor formados no lodo do tanque de aeração do Sistema I e a presença de *Opercularia coarctata*, o que indica boas condições de depuração (tabela 3.8, item 3.4.1). A tabela AN 3.16 confirma este fato, pois a turbidez do efluente do Sistema I foi inferior a do Sistema II. O produto Dosfolat, adicionado ao Sistema I, pareceu favorecer a melhor formação dos flocos. Não houve, em nenhum dos sistemas, indicação de intumescimento filamentoso.

Figura 5.22 – Fotografias tiradas no dia 16/07/04, com microscópio binocular, dos Lodos do: (a) Sistema I com Dosfolat; (b) Sistema II

Figura 5.23 – Fotografias tiradas no dia 15/09/04, com microscópio binocular, dos Lodos do: (a) Sistema I com Dosfolat; (b) Sistema II

Figura 5.24 – Variação de DBO Total e Solúvel e Eficiência de Remoção na Fase 3

Figura 5.25 – Variação de DQO Total e Solúvel e Eficiência de Remoção na Fase 3

Figura 5.26 - Variação de SST e SSV no Afluente e Efluentes na Fase 3

Figura 5.27 - Variação de SST e SSV nos Tanques de Aeração na Fase 3

Figura 5.28 – Frequência dos Valores de SSV nos Tanques de Aeração

Figura 5.29 – Probabilidade de Ocorrência dos Valores de SSV nos Tanques de Aeração na Fase 3

Figura 5.30 - Frequência dos Valores de IVL nos Tanques de Aeração na Fase 3

Figura 5.31 – Valores de IVL Obtidos na Fase 3

Figura 5.32 – Teste de Depleção de Oxigênio com os Lodos dos Tanques de Aeração na Fase 3

5.4 – Resumo das Três Fases do Experimento

A figura 5.33 mostra as remoções de DBO e DQO em relação às idades do lodo nas três fases do experimento, isto é: a primeira fase de operação em alta taxa (θ_c entre 2 e 3 dias), a fase dois em operação convencional (θ_c entre 5 e 8 dias) e a fase terceira em aeração prolongada (θ_c próxima de 30 dias).

Figura 5.33 – Relação entre as Eficiências de Remoção de DBO e DQO nas Três Fases e as Idades do Lodo

A tabela 5.12 mostra o resumo das três fases do experimento da ETE Piloto.

Tabela 5.12 - Resumo do Experimento

FASE	Eficiência de Remoção de DBO (%)		Eficiência de Remoção de DQO (%)		Eficiência de Remoção de NTK (%)		Eficiência de Remoção de NH ₃ (%)		Eficiência de Remoção de Fósforo (%)		A/M (kg DBO/kg SSV.d)		A/M (kg DQO/kg SSV.d)	
	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II
1	89,5 ± 9,4	90 ± 6,7	84,9 ± 8,6	84,6 ± 8,1	60,1 ± 32,1	56,2 ± 34,1	46,7 ± 26,9	45,2 ± 29,9	38,5	34,6	2,1 ± 1,17	1,87 ± 1,17	3,62 ± 1,41	3,7 ± 1,2
2	99,0 ± 1,0	98,1 ± 2,1	91,6 ± 4,8	89,6 ± 5,4	43,5 ± 19,5	35,3 ± 25,4	61,5 ± 8,4	47,4 ± 10,0	34,5 ± 30,6	43,1 ± 38,5	0,29 ± 0,08	0,69 ± 0,25	0,55 ± 0,59	0,77 ± 1,29
3	93,3 ± 5,6	93,4 ± 4,6	92,5 ± 5,0	93,4 ± 4,1	70,4 ± 12,1	63,1 ± 24,4	58,0 ± 25,1	52,4 ± 27,6	34,5 ± 20,3	43,4 ± 17,3	0,17 ± 0,06	0,15 ± 0,06	0,38 ± 0,17	0,33 ± 0,16
FASE	SST nos Tanques de Aeração (mg/L)		SSV nos Tanques de Aeração (mg/L)		SST nos Efluentes (mg/L)		SSV nos Efluentes (mg/L)		IVL (mg/L)		Produção de Lodo (kg de SSV)		Idade do Lodo (dias)	
	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II
1	1489 ± 801	1644 ± 808	1343 ± 725	1477 ± 728	143 ± 178	153 ± 161	136 ± 162	147 ± 147	870 ± 654	697 ± 376	71,92	76,77	2,3 ± 1,5	2,4 ± 1,4
2	4051 ± 905	2954 ± 1473	3314 ± 717	2415 ± 1160	44 ± 56	131 ± 164	38 ± 46	112 ± 138	200 ± 80	360 ± 227	31,11	53,21	7,5 ± 1,5	5,4 ± 3,4
3	4611 ± 1477	5519 ± 1597	4026 ± 1330	4649 ± 1373	30 ± 22	39 ± 27	26 ± 19	34 ± 24	195 ± 74	138 ± 46	19,07	22,28	27,8 ± 5,6	28,1 ± 5,3

Foram analisados estatisticamente, através do Teste de Sir R. A. Fisher, também denominado de Teste da Razão das Variâncias F, os valores obtidos de SSV e IVL, para verificar em cada fase, se a adição de Dosfolat XS, único fator que diferenciava os dois sistemas de tratamento, influenciou na geração de sólidos e na sedimentação do lodo. Este teste compara o valor F obtido através dos dados de SSV e IVL com o F crítico tabelado, que é o limite máximo de aceitação da hipótese de igualdade dos sistemas de dados, como é mostrado na tabela 5.13. Somente nas fases 1 e 3 pode-se verificar que houve influência do Dosfolat XS.

Tabela 5.13 - Teste F

Fase	Teste F de SSV dos Tanques de Aeração											
	Média		Variância		Nº de Dados		grau de liberdade		F	P(F<=f)	F Crítico	
	TA1	TA2	TA1	TA2	TA1	TA2	TA1	TA2	alfa			
1	1343	1477	524924	529978	28	28	27	27	0,05	0,99	0,490	0,52
1	1343	1477	524924	529978	28	28	27	27	0,10	0,99	0,490	0,61
1	1343	1477	524924	529978	28	28	27	27	0,20	0,99	0,490	0,72
1	1343	1477	524924	529978	28	28	27	27	0,30	0,99	0,490	0,82
2	3314	2415	514377	1344943	29	29	28	28	0,05	0,38	0,010	0,53
2	3314	2415	514377	1344943	29	29	28	28	0,10	0,38	0,007	0,61
2	3314	2415	514377	1344943	29	29	28	28	0,20	0,38	0,007	0,72
2	3314	2415	514377	1344943	29	29	28	28	0,30	0,38	0,007	0,82
3	4026	4649	1769386	1886414	24	24	23	23	0,05	0,94	0,440	0,50
3	4026	4649	1769386	1886414	24	24	23	23	0,10	0,94	0,440	0,58
3	4026	4649	1769386	1886414	24	24	23	23	0,20	0,94	0,440	0,70
3	4026	4649	1769386	1886414	24	24	23	23	0,30	0,94	0,440	0,80

Fase	Teste F de IVL dos Tanques de Aeração											
	Média		Variância		Nº de Dados		grau de liberdade		F	P(F<=f)	F Crítico	
	TA1	TA2	TA1	TA2	TA1	TA2	TA1	TA2	alfa			
1	870	697	427586	141466	22	22	21	21	0,05	3,02	0,01	2,08
1	870	697	427586	141466	22	22	21	21	0,10	3,02	0,01	1,77
1	870	697	427586	141466	22	22	21	21	0,20	3,02	0,01	1,45
1	870	697	427586	141466	22	22	21	21	0,30	3,02	0,01	1,26
2	200	360	6423	51349	28	28	27	27	0,05	0,13	0,00	0,52
2	200	360	6423	51349	28	28	27	27	0,10	0,13	0,00	0,61
2	200	360	6423	51349	28	28	27	27	0,20	0,13	0,00	0,72
2	200	360	6423	51349	28	28	27	27	0,30	0,13	0,00	0,81
3	195	138	5490	2105	21	21	20	20	0,05	2,61	0,02	2,12
3	195	138	5490	2105	21	21	20	20	0,10	2,61	0,02	1,79
3	195	138	5490	2105	21	21	20	20	0,20	2,61	0,02	1,46
3	195	138	5490	2105	21	21	20	20	0,30	2,61	0,02	1,27

6 – CONCLUSÕES

- A adição de Dosfolat XS provocou um decréscimo na produção de lodo de 7% para operação em alta taxa (θ_c entre 2 e 3 dias) e de 17% para faixa de aeração prolongada. Tais decréscimos foram confirmados pelo teste estatístico da razão das variâncias F.
- Quanto à sedimentabilidade do lodo, os dados de IVL obtidos demonstraram que o produto Dosfolat XS não produziu efeito nas operações em alta taxa e aeração prolongada.
- Na operação com taxa convencional (θ_c entre 5 e 8 dias) houve muitos problemas operacionais que resultaram em diferentes idades do lodo para os sistemas com e sem aplicação de Dosfolat XS, e as análises estatísticas dos resultados mostraram que não é possível qualquer conclusão quanto à produção e sedimentabilidade do lodo nessa etapa.
- Não ficou definitivamente constatada a eficiência do Dosfolat XS no controle do intumescimento do lodo, pois somente a operação na faixa convencional (θ_c entre 5 e 8 dias) forneceu dados que podem ratificar tal eficiência. Foi possível notar, pelos dados calculados das relações A/M, levando-se em consideração todas as etapas do experimento, que o intumescimento de lodo ocorreu quando os valores de A/M estiveram acima de 0,41 kg DBO/kg SSV·d. Durante a operação em alta taxa, houve crescimento excessivo de organismos filamentosos nos dois sistemas quando

os valores médios de A/M dos Sistemas com e sem aplicação de Dosfolat XS foram, respectivamente, de 2,10 e 1,87 kg DBO/kg SSV·d. Na fase seguinte, operação com taxa convencional, os valores de A/M variaram entre 0,22 e 0,41 kg DBO/kg SSV·d para o Sistema com Dosfolat, e entre 0,38 e 0,98 kg DBO/kg SSV·d para o Sistema sem Dosfolat, sendo que no Sistema com Dosfolat não houve crescimento descontrolado de filamentos. Na operação em aeração prolongada não houve crescimento de organismos filamentosos, e os valores de A/M variaram entre 0,07 e 0,26 kg DBO/kg SSV·d para o Sistema com Dosfolat e entre 0,06 e 0,24 kg DBO/kg SSV·d para o Sistema sem Dosfolat.

- Pode-se afirmar, pelos resultados obtidos, que a adição de Dosfolat XS não influenciou na eficiência de tratamento em termos de DBO ou DQO, pois os resultados, nas etapas da pesquisa, ficaram muito próximos.
- Nas operações com alta taxa e com taxa convencional não se observou nitrificação. Na operação em aeração prolongada, onde era esperada a nitrificação, a mesma não ocorreu de forma contínua, devido às grandes variações na alcalinidade que causaram quedas significativas no pH.
- A remoção de fósforo foi menor com a aplicação de Dosfolat XS, quando se observou menor produção de lodo. Isto ocorreu porque o fósforo é removido com o lodo.
- Pelos testes de depleção de oxigênio foi verificado que na operação em aeração prolongada, o consumo de oxigênio do sistema que recebeu a adição de Dosfolat XS

foi significativamente maior, indicando que a aplicação desse produto pode gerar maior consumo de oxigênio.

7 - LISTA DE REFERÊNCIAS

ABNT – **Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário**; NBR-570, 1989.

ALBERTSON, O.E. – **The Control of Bulking Sludges: from the Early Innovators to Current Practice**; Journal WPCF, Vol.59, No. 4, p.172-182, 1987

ALEM SOBRINHO, P. – **Biossólidos na Agricultura - Tratamento de Esgoto e Geração de Lodo**; ABES, cap. 2, p.7-40, 2002

ANDERL, A. – **A Vitamin for Biological Sewage Treatment Plants**; BioTechnologie Das Nachrichten-Magazin, vol. 5, 1987

ANDREOLI, C.V. et al – **Reciclagem de Biossólidos Transformando Problemas em Solução**; Curitiba, Sanepar, Finep, 2ª edição, 2001, p.14-47.

ARCEIVALA, S. J. – **Wastewater Treatment and Disposal**; Marcel Dekker Inc., 1981

BIOPRIME Environmental Technologies from Europe - **Tech Sheet Dosfolat XS**; Bioprime, Norwich, VT, USA, 2000

CAETANO, N. et al – BPR Guia dos Remédios. In: Vitaminas. **Ácido Fólico (Vitamina B9)**. São Paulo: 2003. Disponível em:
<http://www2.uol.com.br/remedios/vit_acidofolico.htm>. Acesso em: 10 ago. 2004.

CASEY, T.G. et al – **A Hypothesis for the Causes and Control of Anoxic-Aerobic (AA) Filament Bulking in Nutrient Removal Activated Sludge Systems**; Water Science Tecnology, Vol. 29, No.7, p.203-212, 1994

CHIESA, S.C. e IRVINE, R.L. – **Growth and Control of Filamentous Microbes in Activated Sludge: an Integrated Hypothesis**; Water Research, Vol. 19, No.4, p.471-479, 1985

CHUDоба, J. et al – **Control of Activated-Sludge Filamentous Bulking-I. Effect of Hydraulic Regime or Degree of Mixing in an Aeration Tank**; Water Research, Vol.7, p.1163-1182, 1973

CHUDоба, J. et al – **Control of Activated-Sludge Filamentous Bulking-II. Selection of Microorganisms by Means of a Selector**; Water Research, Vol.7, p.1389-1406, 1973

CHUDоба, J. et al – **Control of Activated-Sludge Filamentous Bulking-VI. Formulation of Basic Principles**; Water Research, Vol.19, No.8, p.1017-1022, 1985

DUBÉ, E. et al – **Applications of Folic Acid in Secondary Wastewater Treatment**; TAPPI Environmental Conf., 2002

ECKENFELDER, W.W. – **Filamentous Bulking Control of Industrial Wastewater Sludge**; Pollution Engineering, December, p.36-38, 1985

EKAMA, G.A. e MARAIS, G.v.R. – **The Implications of the IAWPRC Hydrolysis Hypothesis on Low F/M Bulking**; Water Science Technology, Vol. 18, p.11-19, 1986

EPA – **Process Control Manual for Aerobic Biological Wastewater Treatment Facilities**; Environmental Protection Agency – Municipal Operations Branch Office of Water Program Operations, Washington, USA, 1977

GERARDI, M.H. et al – **Wastewater Biology: The Life Processes – A Special Publication**; Water Environment Federation, 1994.

IMHOFF, K.R. – **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**; Edgar Blücher, cap. 2, p.128, 3ª reimpressão, 2002

JENKINS, D. et al – **Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming**; Lewis Publishers, 2ª edição, 1993

JORDÃO, E.P. – **Pesquisa Visando Melhorias Operacionais no Processo de Lodos Ativados**; São Paulo; Tese: Doutorado em Engenharia – Escola Politécnica, USP, 1998

LEMMER, H. et al – **Vitamin Addition in Biological Wastewater Treatment**; Water Science Technology, Vol. 37, No. 4-5, p.395-398, 1998.

LEHNINGER, A.L. – **Princípios de Bioquímica**; São Paulo, Sarvier Editora de Livros Médicos Ltda., 4ª edição, 1988.

LIMA, D.P. – Idem per Idem Farmácia de Manipulação e Homeopatia. In: _____. **Ácido Fólinico**. Juiz de Fora: 2003. Disponível em:
<http://www.idemperidem.com/textos/acido_folinico.htm>. Acesso em: 10 ago. 2004.

MOHR, H. – **Folic Acid – A Micro nutritive and Promoter of Growth for Bacteria and Fungus. A Review**; BioTechnologie Das Nachrichten-Magazin, vol. 10, 1987

MURRAY, R.K. et al – **Harper: Bioquímica**; São Paulo, Atheneu Editora, 8ª edição, 1998

PESSÔA, C.A., JORDÃO, E.P. – **Tratamento de Esgotos Domésticos**; ABES, 2ª edição, Vol. 1, 1982

QASIM, S.R. – Wastewater Treatment Plants – Planning, Design and Operation; CBS College Publishing, 1985

RICHARD, M. – Activated Sludge Microbiology; Water Pollution Control Federation, Série “The Bench Sheet”, 1989

SAMPAIO, A.O.; VILELA, J.C. – Utilização de Seletores para o Controle de Intumescimento Filamentoso em Processos de Lodos Ativados-Programa Experimental em Escala Real. In: 17º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, **Anais**, ABES, p.657-675, 1993

TSUTIYA, M.T. – Biossólidos na Agricultura – Alternativas de Disposição Final de Biossólidos; ABES, cap. 5, 133-180, 2002

VAZOLLER, R.F. et al – Microbiologia de Lodos Ativados; São Paulo, CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Série Manuais, 1989

van HAANDEL, A.; MARAIS, G. – O Comportamento do Sistema de Lodo Ativado; Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, epgraf, 1999

von SPERLING, M. – Lodos Ativados - Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2ª edição, Vol. 4, 2002

WANNER, J. – Activated Sludge Bulking and Foaming Control; Technomic Publishing Co., Lancaster, PA., 1ª edição, 1994

WANNER, JIRI – The Implementation of Bulking Control in the Design of Activated Sludge Systems; Water Science & Technology, Vol.9, No.7, p.193-202, 1994

WILLIAMS, W.J. et al – **Hematologia**; Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1976

ANEXO 1 – TABELAS DE RESULTADOS ANALÍTICOS DA FASE 1

LISTA DE TABELAS DO ANEXO 1

Tabela AN 1.1 – Sólidos em Suspensão Totais na Fase 1	138
Tabela AN 1.2 – Sólidos em Suspensão Voláteis na Fase 1	139
Tabela AN 1.3 – Sólidos Sedimentáveis de Proveta na Fase 1	140
Tabela AN 1.4 – Índice Volumétrico de Lodo na Fase 1	141
Tabela AN 1.5 – Potencial Hidrogeniônico na Fase 1	142
Tabela AN 1.6 – Alcalinidade Total na Fase 1	143
Tabela AN 1.7 – Demanda Bioquímica de Oxigênio Total e Solúvel na Fase 1	144
Tabela AN 1.8 – Eficiência na Remoção de DBO e Relação A/M na Fase 1	144
Tabela AN 1.9 – Demanda Química de Oxigênio Total e Solúvel na Fase 1	145
Tabela AN 1.10 – Eficiência na Remoção da DQO e Relação A/M na Fase 1	146
Tabela AN 1.11 – Oxigênio Dissolvido e Temperatura nos Tanques de Aeração na Fase 1	147
Tabela AN 1.12 – Nitrogênio Total Kjeldahl na Fase 1	148
Tabela AN 1.13 – Nitrogênio Amoniacal na Fase 1	148
Tabela AN 1.14 – Nitrito e Nitrato na Fase 1	148
Tabela AN 1.15 – Fósforo Total e Solúvel na Fase 1	149
Tabela AN 1.16 - Teste de Depleção de Oxigênio na Fase 1	149
Tabela AN 1.17 – Ocorrências na Fase 1	150

Tabela AN 1.1 – Sólidos em Suspensão Totais na Fase 1

DATA	SST (mg/L)				
	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
20/08/03	-	3280	3256	-	-
22/08/03	-	3276	3468	2	0
27/08/03	-	2464	2840	14	22
29/08/03	-	2556	3020	20	16
01/09/03	-	2148	2564	62	46
03/09/03	-	2160	2252	44	40
05/09/03	-	2156	2184	19	25
10/09/03	-	1560	1200	19	157
12/09/03	-	1616	1376	64	82
17/09/03	140	1108	768	62	250
18/09/03	100	1196	820	36	29
19/09/03	114	1676	1060	57	48
03/10/03	94	1720	1448	37	81
08/10/03	806	1824	1124	88	494
10/10/03	202	1736	1288	140	56
13/10/03	460	1092	1436	56	56
15/10/03	156	952	2052	840	124
17/10/03	98	880	2050	456	100
20/10/03	116	296	544	336	468
21/10/03	198	395	854	218	153
24/10/03	140	396	1552	252	164
29/10/03	144	388	1664	244	36
31/10/03	92	700	1940	76	104
05/11/03	224	1192	1208	88	204
07/11/03	256	1312	1020	100	472
12/11/03	136	1480	720	124	476
17/11/03	112	1200	876	156	384
21/11/03	128	924	1444	252	37
Média	196	1489	1644	143	153
Desvio Padrão	171	801	808	178	161
Mediana	140	1396	1440	76	82

Tabela AN 1.2 – Sólidos em Suspensão Voláteis e Idades do Lodo e Produção de Lodo na Fase 1

Data	Produção de Lodo (Kg/d) (*)		Idade do Lodo (d)		SSV (mg/L)				
	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
20/08/03	-	-	-	-	-	2988	2952	-	-
22/08/03	0,63	0,67	4,0	4,0	-	2968	3136	0	0
27/08/03	0,51	0,63	3,7	3,4	-	2212	2552	8	18
29/08/03	0,57	0,65	3,4	3,5	-	2280	2700	18	16
01/09/03	0,69	0,69	2,4	2,8	-	1920	2280	58	42
03/09/03	0,61	0,61	2,7	2,8	-	1940	2016	41	37
05/09/03	0,50	0,54	3,3	3,1	-	1940	1956	18	25
10/09/03	0,30	0,70	4,0	1,3	-	1396	1072	16	140
12/09/03	0,31	0,38	4,0	2,8	-	1468	1260	59	76
17/09/03	0,26	1,17	3,3	0,5	120	1008	704	52	234
18/09/03	0,23	0,16	4,0	4,0	92	1080	748	35	26
19/09/03	0,32	0,22	4,0	3,7	94	1512	960	52	44
03/10/03	0,34	0,40	4,0	2,8	88	1588	1316	37	79
08/10/03	0,41	2,25	3,4	0,4	694	1656	1020	82	450
10/10/03	0,66	0,28	2,0	3,5	180	1572	1164	132	56
13/10/03	0,26	0,27	3,2	4,0	388	980	1284	52	50
15/10/03	3,76	0,58	0,2	2,7	136	852	1820	752	116
17/10/03	2,18	0,50	0,3	3,2	94	780	1880	436	100
20/10/03	1,50	2,08	0,1	0,2	104	264	488	300	416
21/10/03	1,05	0,67	0,3	0,9	187	369	706	200	141
24/10/03	1,08	0,70	0,3	1,7	128	348	1388	216	140
29/10/03	1,08	0,31	0,3	4,0	124	348	1472	216	36
31/10/03	0,36	0,50	1,5	3,0	88	640	1752	72	100
05/11/03	0,44	1,02	2,1	0,9	228	1084	1088	88	204
07/11/03	0,50	2,20	2,0	0,4	236	1196	924	100	440
12/11/03	0,62	2,20	1,8	0,3	128	1332	656	124	440
17/11/03	0,74	1,74	1,2	0,4	100	1072	784	148	348
21/11/03	1,18	0,27	0,6	4,0	120	824	1276	236	37
Média	0,78	0,83	2,3	2,4	175	1343	1477	136	147
Desvio Padrão	0,74	0,66	1,5	1,4	146	725	728	162	147
Mediana	0,57	0,63	2,4	2,8	124	1264	1280	77	90

(*) – Calculadas através da equação 3.1 (item 3.1.3) – Nestes valores estão incluídos os descartes e a perda de lodo do efluente (em termos de SSV).

Tabela AN 1.3 – Sólidos Sedimentáveis em Proveta na Fase 1

Data	SD ₃₀ (mL/L)	
	TA1	TA2
22/08/03	820	800
29/08/03	310	370
03/09/03	290	270
05/09/03	660	470
08/09/03	920	830
10/09/03	950	950
12/09/03	980	980
17/09/03	980	980
18/09/03	980	980
19/09/03	980	990
26/09/03	1000	600
29/09/03	980	630
01/10/03	1000	1000
03/10/03	980	980
08/10/03	1000	1000
10/10/03	980	1000
13/10/03	900	970
17/10/03	930	980
20/10/03	720	820
24/10/03	900	980
29/10/03	890	720
31/10/03	860	920
05/11/03	970	630
07/11/03	980	750
12/11/03	990	900
17/11/03	960	600
19/11/03	910	850
Média	882	813
Desvio Padrão	187	210
Mediana	960	900

Tabela AN 1.4 – Índice Volumétrico de Lodo na Fase 1

Data	IVL (mL/g)	
	TA1	TA2
22/08/03	250	231
29/08/03	121	123
03/09/03	134	120
05/09/03	306	215
10/09/03	609	792
12/09/03	606	712
17/09/03	884	1276
18/09/03	819	1195
19/09/03	585	934
03/10/03	570	677
08/10/03	548	890
10/10/03	565	776
13/10/03	824	675
17/10/03	1057	478
20/10/03	2432	1507
24/10/03	2273	631
29/10/03	2294	433
31/10/03	1229	474
05/11/03	814	522
07/11/03	747	735
12/11/03	669	1250
17/11/03	800	685
Média	870	697
Desvio Padrão	654	376
Mediana	708	681

Tabela AN 1.5 – Potencial Hidrogeniônico na Fase 1

Data	pH				
	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
25/08/03	-	6,32	6,26	-	-
27/08/03	-	6,8	6,8	-	-
29/08/03	-	6,8	6,77	-	-
01/09/03	-	6,92	6,94	-	-
03/09/03	-	6,8	6,72	-	-
05/09/03	-	6,62	6,59	-	-
08/09/03	-	6,83	6,69	-	-
10/09/03	-	6,84	6,9	-	-
12/09/03	-	7,18	6,99	-	-
18/09/03	-	7,03	6,73	-	-
19/09/03	-	6,85	6,88	-	-
26/09/03	-	6,96	6,78	-	-
29/09/03	-	7,01	6,85	-	-
03/10/03	-	6,77	6,66	-	-
08/10/03	-	7,08	6,8	-	-
10/10/03	-	7,15	6,86	-	-
13/10/03	-	7,07	7,04	-	-
15/10/03	-	6,93	6,87	-	-
17/10/03	-	6,96	6,86	-	-
20/10/03	-	7,02	6,84	-	-
24/10/03	6,87	6,87	6,87	6,71	6,78
29/10/03	6,68	6,77	6,87	6,86	7,06
31/10/03	6,9	6,91	6,79	6,85	6,95
05/11/03	6,64	6,91	6,83	7,00	6,95
07/11/03	6,33	6,95	6,93	6,99	6,98
12/11/03	6,58	6,68	6,69	6,74	6,75
17/11/03	6,86	7,02	6,93	6,99	6,79
21/11/03	6,83	6,88	6,82	6,86	7,00
Média	6,71	6,89	6,81	6,88	6,91
Desvio Padrão	0,19	0,17	0,15	0,11	0,12
Mediana	6,76	6,91	6,84	6,86	6,95

Tabela AN 1.6 – Alcalinidade Total na Fase 1

Data	Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)				
	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
25/08/03	-	-	-	-	-
27/08/03	-	-	-	-	-
29/08/03	-	-	-	-	-
01/09/03	-	-	-	-	-
03/09/03	-	158	162	-	-
05/09/03	-	174	174	-	-
08/09/03	-	128	138	-	-
10/09/03	-	210	192	-	-
12/09/03	-	216	218	-	-
18/09/03	-	178	184	-	-
19/09/03	-	178	174	-	-
26/09/03	-	212	194	-	-
29/09/03	-	278	190	-	-
03/10/03	-	260	270	-	-
08/10/03	-	228	218	-	-
10/10/03	-	248	236	-	-
13/10/03	-	166	198	-	-
15/10/03	-	194	222	-	-
17/10/03	-	168	178	-	-
20/10/03	-	174	178	-	-
24/10/03	216	180	200	172	176
29/10/03	170	200	224	198	208
31/10/03	216	202	248	176	194
05/11/03	204	196	196	168	186
07/11/03	190	226	232	202	216
12/11/03	188	218	212	202	200
17/11/03	158	192	184	194	184
21/11/03	214	184	192	176	178
Média	195	199	201	186	193
Desvio Padrão	22	34	29	14	14
Mediana	197	195	195	185	190

Tabela AN 1.7 – Demanda Bioquímica de Oxigênio Total e Solúvel na Fase 1

Data	DBO (mg O ₂ /L)			DBO _s (mg O ₂ /L)	
	Afluente	Efluente Dec1	Efluente Dec2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
12/09/03	-	60	93	27	38
19/09/03	272	34	43	10	11
03/10/03	317	94	92	77	59
24/10/03	202	108	102	16	24
07/11/03	557	94	319	33	31
Média	337	78	130	33	33
Desvio Padrão	154	30	108	26	18
Mediana	295	94	93	27	31

Tabela AN 1.8 – Eficiência na Remoção de DBO e Relação A/M na Fase 1

Data	Sistema I		Sistema II	
	Eficiência de Remoção (%)	A/M (kg DBO/kg SSV·d)	Eficiência de Remoção (%)	A/M (kg DBO/kg SSV·d)
19/09/03	96,3	1,06	96,0	1,67
03/10/03	75,7	1,17	81,4	1,42
24/10/03	92,1	3,41	88,1	0,86
07/11/03	94,1	2,74	94,4	3,55
Média	89,5	2,10	90,0	1,87
Desvio Padrão	9,4	1,17	6,7	1,17
Mediana	93,1	1,96	91,3	1,54

Tabela AN 1.9 – Demanda Química de Oxigênio Total e Solúvel na Fase 1

Data	DQO (mg O ₂ /L)			DQO _s (mg O ₂ /L)	
	Afluente	Efluente Dec1	Efluente Dec2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
22/08/03	-	52	58	-	-
27/08/03	-	107	82	-	-
29/08/03	-	87	78	-	-
03/09/03	-	129	100	51	51
05/09/03	-	61	120	60	82
10/09/03	-	56	290	45	45
12/09/03	-	157	190	72	99
18/09/03	679	128	135	80	91
19/09/03	620	154	146	64	71
26/09/03	529	337	416	133	150
03/10/03	653	276	280	170	111
08/10/03	1835	261	824	104	91
10/10/03	863	353	212	147	149
13/10/03	1058	154	177	60	86
17/10/03	648	648	221	82	94
20/10/03	505	602	777	65	65
24/10/03	585	566	434	64	69
29/10/03	1607	1103	673	56	65
31/10/03	535	317	366	193	175
05/11/03	752	238	396	80	82
07/11/03	796	252	816	121	123
12/11/03	412	176	765	94	114
17/11/03	373	275	569	59	57
Média	778	282	353	90	94
Desvio Padrão	407	246	261	42	35
Mediana	651	238	280	76	89

Tabela AN 1.10 – Eficiência na Remoção da DQO e Relação A/M na Fase 1

Data	Sistema I		Sistema II	
	Eficiência de Remoção (%)	A/M (kg DQO/kg SSV·d)	Eficiência de Remoção (%)	A/M (kg DQO/kg SSV·d)
18/09/03	88,2	3,70	86,6	5,34
19/09/03	89,7	2,41	88,5	3,80
26/09/03	74,9	-	71,6	-
03/10/03	74,0	2,42	83,0	2,92
08/10/03	94,3	-	95,0	-
10/10/03	83,0	3,23	82,7	4,36
13/10/03	94,3	6,35	91,9	4,85
17/10/03	87,3	4,89	85,5	2,03
20/10/03	87,1	-	87,1	-
24/10/03	89,1	-	88,2	-
29/10/03	96,5	-	96,0	-
31/10/03	63,9	4,92	67,3	1,80
05/11/03	89,4	4,08	89,1	4,07
07/11/03	84,8	3,92	84,5	5,07
12/11/03	77,2	1,82	72,3	3,69
17/11/03	84,2	2,05	84,7	2,80
Média	84,9	3,62	84,6	3,70
Desvio Padrão	8,6	1,41	8,1	1,20
Mediana	87,2	3,70	86,0	3,80

Tabela AN 1.11 – Oxigênio Dissolvido e Temperatura nos Tanques de Aeração na Fase 1

Oxigênio Dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C)			
Data	Temperatura	TA1	TA2
20/08/03	20,0	0,50	0,50
21/08/03	20,0	1,10	1,15
22/08/03	19,5	3,60	3,94
25/08/03	20,6	2,00	2,30
29/08/03	16,9	3,80	2,12
01/09/03	18,7	1,10	1,10
03/09/03	17,7	3,80	4,60
05/09/03	19,2	1,70	2,60
08/09/03	20,5	3,98	4,30
10/09/03	21,3	1,45	1,96
12/09/03	18,7	1,46	1,67
17/09/03	20,1	2,09	1,79
18/09/03	18,3	2,35	3,48
19/09/03	18,6	6,90	6,20
25/09/03	22,5	1,85	2,05
26/09/03	21,4	2,10	2,30
29/09/03	21,1	6,56	6,25
01/10/03	22,6	1,60	1,54
03/10/03	22,0	1,70	1,40
08/10/03	24,6	0,20	0,20
10/10/03	22,8	0,90	1,10
13/10/03	20,0	2,00	0,50
15/10/03	19,3	1,38	0,71
17/10/03	19,7	6,00	4,90
20/10/03	22,0	2,65	3,20
05/11/03	20,1	1,33	1,02
07/11/03	22,5	0,80	1,80
10/11/04	23,0	2,70	3,60
12/11/03	25,0	0,71	2,00
17/11/03	23,9	3,70	5,50
19/11/04	24,4	1,00	1,30
Média	20,9	2,36	2,49
Desvio Padrão	2,1	1,71	1,69
Mediana	20,5	1,85	2,00

Tabela AN 1.12 – Nitrogênio Total Kjeldahl na Fase 1

NTK (mg N/L)					
Data	Afluente	Efluente Dec1	Efluente Dec2	TA1	TA2
25/08/03	147,8	12,9	12,9	264,9	277,8
08/09/03	177,0	28,0	36,4	203,3	159,0
18/09/03	53,8	35,2	38,1	157,4	123,2
15/10/03	70,0	48,7	52,6	-	-
Média	112,2	31,2	35,0	208,5	186,7
Desvio Padrão	59,6	14,9	16,4	53,9	80,9
Mediana	108,9	31,6	37,3	203,3	159,0

Tabela AN 1.13 – Nitrogênio Amoniacal na Fase 1

NH ₃ (mg N/L)			
Data	Afluente	Efluente Dec1	Efluente Dec2
25/08/03	62,72	5,60	2,80
08/09/03	40,88	19,60	21,28
18/09/03	39,76	26,32	30,80
01/10/03	45,92	35,28	34,72
15/10/03	52,08	34,72	33,60
Média	48,27	24,30	24,64
Desvio Padrão	9,43	12,30	13,31
Mediana	45,92	26,32	30,80

Tabela AN 1.14 – Nitrito e Nitrato na Fase 1

Data	NO ₂ (mg N/L)		NO ₃ (mg N/L)	
	Efluente Dec1	Efluente Dec2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
08/09/03	0,70	0,03	0,78	0,65
18/09/03	0,20	0,04	0,49	0,49
01/10/03	0,01	0,06	0,68	0,73
15/10/03	0,02	0,02	0,15	0,56
Média	0,23	0,04	0,53	0,61
Desvio Padrão	0,32	0,02	0,28	0,10
Mediana	0,11	0,04	0,59	0,61

Tabela AN 1.15 – Fósforo Total e Solúvel na Fase 1

DATA	Fósforo Total (mg P/L)			Fósforo Solúvel (mg P/L)	
	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec.1	Efluente Dec.2
05/11/03	0,52	1,43	1,58	0,32	0,34
Média	0,52	1,43	1,58	0,32	0,34
Desvio Padrão	-	-	-	-	-
Mediana	0,52	1,43	1,58	0,32	0,34

Tabela AN 1.16 – Teste de Depleção de Oxigênio na Fase 1

TA1				TA2			
Temperatura = 21,9 °C Rotação = 240 rpm Volume de Amostra = 8,5 L Vazão de Alimentação = 0,048 m3/d				Temperatura = 22,0 °C Rotação = 240 rpm Volume de Amostra = 8,5 L Vazão de Alimentação = 0,048 m3/d			
Tempo (min)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)			Tempo (min)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)		
	1° Teste	2° Teste	3° Teste		1° Teste	2° Teste	3° Teste
0	7,40	7,30	7,30	0	7,30	7,40	7,40
1	6,56	6,20	6,24	1	6,77	6,65	6,76
2	6,21	6,03	6,06	2	6,36	6,21	6,25
4	5,51	5,33	5,47	4	5,38	5,53	5,71
6	4,80	4,69	4,83	6	4,43	4,72	4,94
8	4,14	4,06	4,19	8	3,53	3,97	4,24
10	3,38	3,40	3,54	10	3,11	3,22	3,57
12	2,74	2,77	2,93	12	2,30	2,54	2,89
14	2,06	2,15	2,33	14	1,56	1,81	2,19
16	1,38	1,54	1,73	16	0,83	1,09	1,51
18	0,75	0,96	1,16				

Tabela AN 1.17 – Ocorrências na Fase 1

Data	Hora	Ocorrências
20/08/03	17:30	Início da dosagem de choque de Dosfolat.
25/08/03	11:30	Muita espuma no TA1
28/08/03		Sólidos extravasaram do TA1 devido à espuma
08/09/03	20:30	Problema de sedimentação no Dec2 e início da dosagem normal de Dosfolat
10/09/03	09:00	Proliferação de organismos filamentosos
12/09/03	20:00	Problema de sedimentação no dois decantadores. Os sistemas ficaram sem alimentação durante o final de semana.
17/09/03	09:00	Sem alimentação
18/09/03	19:20	Problema de sedimentação nos dois Decantadores.
19/09/03	08:40	Melhorou a sedimentação
25/09/03		Voltou a alimentação que parou desde 19/09/03. Problema de sedimentação nos dois Decantadores.
26/09/03	10:00	Continua o problema de sedimentação.
27/09/03	14:00	Continua o problema de sedimentação.
29/09/03	10:00	Boa sedimentação nos dois decantadores (melhor no Dec1).
06/10/03		Pararam os retornos de lodo (queima de fusível). Muita espuma nos dois tanques de aeração.
08/10/03	11:00	Problema de sedimentação somente no Dec2. Continua a espuma no TA2.
10/10/03	10:00	Problema de sedimentação no Dec2.
11/10/03		Melhor sedimentação no Dec1.
12/10/03		Boa sedimentação nos dois decantadores. Muita espuma no TA2 e nenhuma no TA1.
13/10/03	12:00	Continua a espuma no TA2.
14/10/03		Problema de sedimentação nos dois decantadores.
15/10/03	10:00	Problema de sedimentação no Dec1. Aumentadas as vazões de ar de 52 L/min para 118 L/min.
16/10/03		Problema de sedimentação no Dec1.
17/10/03	11:00	Problema de sedimentação nos dois decantadores. Diminuídas as vazões de ar para 95 L/min.
18/10/03		Continua o problema de sedimentação nos dois decantadores. Diminuídas as vazões de ar para 180 ft ³ /h. Havendo perda de sólidos pelos dois efluentes.
20/10/03	12:30	Continua o problema de sedimentação nos dois decantadores.
01/11/03	17:00	Boa sedimentação nos dois decantadores. Sem alimentação.
05/11/03	10:00	Voltou o problema de sedimentação nos dois decantadores.
07/11/03	12:30	Os dois tanques de aeração com espuma; Extravasou um pouco de lodo do TA1 devido à espuma.
10/11/03	11:30	Problema de sedimentação somente no Dec2.
12/11/03	11:15	Problema de sedimentação nos dois decantadores; os dois tanques de aeração com espuma.
17/11/03	09:15	Saindo sólidos no efluente do Dec2.
19/11/03	09:30	Foram colocadas as chicanas nos tanques de aeração. Espuma nos dois tanques e problema de sedimentação nos dois decantadores.

ANEXO 2 – TABELAS DE RESULTADOS ANALÍTICOS DA FASE 2

LISTA DE TABELAS DO ANEXO 2

Tabela AN 2.1 – Sólidos em Suspensão Totais na Fase 2	153
Tabela AN 2.2 – Sólidos em Suspensão Voláteis na Fase 2	154
Tabela AN 2.3 – Sólidos Sedimentáveis de Proveta na Fase 2	155
Tabela AN 2.4 – Índice Volumétrico de Lodo na Fase 2	156
Tabela AN 2.5 – Potencial Hidrogeniônico na Fase 2	157
Tabela AN 2.6 – Alcalinidade Total na Fase 2	158
Tabela AN 2.7 – Demanda Bioquímica de Oxigênio Total e Solúvel na Fase 2	159
Tabela AN 2.8 – Eficiência na Remoção de DBO e Relação A/M na Fase 2	159
Tabela AN 2.9 – Demanda Química de Oxigênio Total e Solúvel na Fase 2	160
Tabela AN 2.10 – Eficiência na Remoção da DQO e Relação A/M na Fase 2	161
Tabela AN 2.11 – Oxigênio Dissolvido e Temperatura nos Tanques de Aeração na Fase 2	162
Tabela AN 2.12 – Nitrogênio Total Kjeldahl na Fase 2	163
Tabela AN 2.13 – Nitrogênio Amoniacal na Fase 2	163
Tabela AN 2.14 – Nitrito e Nitrato na Fase 2	164
Tabela AN 2.15 – Fósforo Total e Solúvel na Fase 2	164
Tabela AN 2.16 – Ocorrências na Fase 2	165

Tabela AN 2.1 – Sólidos em Suspensão Totais na Fase 2

Data	SST (mg/L)				
	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
23/12/03	92	5170	5270	26	22
26/12/03	116	3550	3720	18	16
29/12/03	80	2990	3000	26	28
02/01/04	58	2970	3000	8	4
05/01/04	86	2815	2775	28	26
08/01/04	126	2960	2544	62	36
12/01/04	170	4270	1820	74	454
14/01/04	166	3930	1690	24	322
16/01/04	88	3360	1270	16	302
19/01/04	150	4360	930	14	332
21/01/04	240	5560	1270	32	18
23/01/04	142	4860	1060	8	134
26/01/04	194	5040	1010	166	152
29/01/04	94	4940	1150	70	272
30/01/04	82	4740	1190	24	494
02/02/04	96	5130	1920	8	470
04/02/04	160	5130	1820	70	66
06/02/04	172	4800	1990	8	46
13/02/04	168	4870	4550	6	20
16/02/04	156	4350	4100	8	30
18/02/04	92	4220	4240	52	60
20/02/04	118	4250	4720	25	56
25/02/04	72	4280	4180	21	12
27/02/04	106	4030	4590	22	9
02/03/04	320	3670	5490	10	20
03/03/04	730	3190	4600	186	6
05/03/04	434	3030	4030	9	5
08/03/04	124	2780	4090	223	381
10/03/04	378	2240	3660	18	20
Média	173	4051	2954	44	131
Desvio Padrão	139	905	1473	56	164
Mediana	126	4250	3000	24	36

Tabela AN 2.2 – Sólidos em Suspensão Voláteis e Idades do Lodo e Produção de Lodo na Fase 2

Data	Produção de Lodo (Kg/d) (*)		Idade do Lodo (d)		SSV (mg/L)				
	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
23/12/03	0,41	0,42	8,0	8,0	78	3890	3950	24	20
26/12/03	0,29	0,30	8,0	8,0	94	2740	2870	16	14
29/12/03	0,25	0,25	8,0	8,0	70	2380	2390	22	26
02/01/04	0,26	0,26	8,0	8,0	52	2430	2440	8	4
05/01/04	0,25	0,24	8,0	8,0	72	2310	2275	26	26
08/01/04	0,28	0,22	7,4	8,0	104	2424	2092	56	32
12/01/04	0,36	1,87	8,0	0,7	134	3370	1490	70	374
14/01/04	0,34	1,32	8,0	0,9	138	3210	1410	22	264
16/01/04	0,30	1,28	8,0	0,7	78	2790	1080	16	256
19/01/04	0,38	1,43	8,0	0,5	128	3570	810	14	286
21/01/04	0,49	0,12	8,0	8,0	186	4570	1100	30	18
23/01/04	0,42	0,58	8,0	1,3	118	3980	910	8	116
26/01/04	0,69	0,66	5,1	1,1	162	4150	880	138	132
29/01/04	0,43	1,17	8,0	0,7	80	4090	1000	60	234
30/01/04	0,42	2,10	8,0	0,4	82	3940	1040	24	420
02/02/04	0,44	1,92	8,0	0,7	80	4170	1650	8	384
04/02/04	0,44	0,25	8,0	5,2	124	4160	1520	62	50
06/02/04	0,42	0,19	8,0	7,5	140	3910	1670	12	38
13/02/04	0,42	0,39	8,0	8,0	142	3970	3710	6	18
16/02/04	0,38	0,35	8,0	8,0	140	3580	3340	8	29
18/02/04	0,37	0,36	8,0	8,0	86	3450	3430	48	54
20/02/04	0,38	0,41	8,0	8,0	106	3550	3850	21	48
25/02/04	0,37	0,35	8,0	8,0	62	3520	3330	18	10
27/02/04	0,35	0,39	8,0	8,0	91	3320	3670	19	9
02/03/04	0,33	0,48	8,0	8,0	274	3090	4500	10	20
03/03/04	0,81	0,40	2,8	8,0	584	2690	3780	162	6
05/03/04	0,27	0,35	8,0	8,0	350	2560	3310	8	5
08/03/04	0,90	1,73	2,2	1,7	107	2350	3410	180	346
10/03/04	0,21	0,33	8,0	8,0	304	1950	3140	16	12
Média	0,40	0,69	7,5	5,4	144	3314	2415	38	112
Desvio Padrão	0,16	0,61	1,5	3,4	110	717	1160	46	138
Mediana	0,38	0,39	8,0	8,0	107	3450	2390	21	32

(*) – Calculadas através da equação 3.1 (item 3.1.3) – Nestes valores estão incluídos os descartes e a perda de lodo do efluente (em termos de SSV).

Tabela AN 2.3 – Sólidos Sedimentáveis de Proveta na Fase 2

Data	SD ₃₀ (mL/L)	
	TA1	TA2
23/12/03	350	330
26/12/03	240	210
29/12/03	230	260
02/01/04	280	420
05/01/04	270	450
08/01/04	540	880
12/01/04	910	760
14/01/04	930	790
16/01/04	910	680
19/01/04	920	780
21/01/04	910	960
23/01/04	870	780
26/01/04	890	620
29/01/04	890	800
30/01/04	860	740
02/02/04	750	600
04/02/04	900	910
06/02/04	880	950
16/02/04	910	940
18/02/04	960	980
20/02/04	950	970
25/02/04	930	970
27/02/04	910	970
02/03/04	940	1000
03/03/04	840	960
05/03/04	930	970
08/03/04	930	960
10/03/04	940	980
Média	778	772
Desvio Padrão	252	240
Mediana	905	840

Tabela AN 2.4 – Índice Volumétrico de Lodo na Fase 2

Data	IVL (mL/g)	
	TA1	TA2
23/12/03	68	63
26/12/03	68	56
29/12/03	77	87
02/01/04	94	140
05/01/04	96	162
08/01/04	182	346
12/01/04	213	418
14/01/04	237	467
16/01/04	271	535
19/01/04	211	839
21/01/04	164	756
23/01/04	179	736
26/01/04	177	614
29/01/04	180	696
30/01/04	181	622
02/02/04	146	313
04/02/04	175	500
06/02/04	183	477
16/02/04	209	229
18/02/04	227	231
20/02/04	224	206
25/02/04	217	232
27/02/04	226	211
02/03/04	256	182
03/03/04	263	209
05/03/04	307	241
08/03/04	335	235
10/03/04	420	268
Média	200	360
Desvio Padrão	80	227
Mediana	196	255

Tabela AN 2.5 – Potencial Hidrogeniônico na Fase 2

Data	pH				
	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
23/12/03	6,58	6,65	6,58	6,62	6,61
29/12/03	6,94	6,81	7,00	6,60	6,97
02/01/04	6,89	5,72	6,57	5,52	6,61
05/01/04	7,12	7,05	7,13	6,89	7,08
08/01/04	7,05	7,15	7,11	7,28	7,28
12/01/04	6,87	7,11	6,94	7,00	6,81
14/01/04	6,92	7,09	6,89	7,23	6,87
16/01/04	6,75	7,03	6,83	7,14	6,76
19/01/04	6,74	6,84	6,90	6,96	6,88
21/01/04	7,01	6,95	6,95	6,89	7,13
23/01/04	7,01	7,03	7,12	7,02	7,09
26/01/04	7,02	7,01	7,18	6,86	7,07
29/01/04	6,80	7,02	6,96	7,07	7,02
30/01/04	6,80	6,94	6,90	7,02	6,80
02/02/04	6,75	7,22	7,00	7,05	6,78
04/02/04	7,09	7,00	6,90	6,88	6,97
06/02/04	6,99	6,94	6,79	7,04	6,93
13/02/04	6,76	7,13	7,00	7,35	7,34
18/02/04	7,05	6,63	6,78	6,93	7,19
20/02/04	6,58	6,45	6,63	6,89	6,93
25/02/04	6,89	6,49	6,78	6,65	7,12
27/02/04	6,72	6,74	6,68	7,14	7,26
02/03/04	6,83	6,88	6,79	7,00	7,28
03/03/04	6,77	6,91	6,93	6,95	7,20
05/03/04	6,88	6,89	6,94	7,03	7,16
10/03/04	6,63	6,52	6,56	6,81	6,89
Média	6,86	6,85	6,88	6,92	7,00
Desvio Padrão	0,15	0,31	0,17	0,34	0,20
Mediana	6,88	6,94	6,90	6,98	7,00

Tabela AN 2.6 – Alcalinidade Total na Fase 2

Data	Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)				
	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
23/12/03	130	124	144	74	78
29/12/03	152	88	176	60	134
02/01/04	134	14	80	6	54
05/01/04	192	136	206	96	160
08/01/04	208	238	230	184	212
12/01/04	178	242	216	184	202
14/01/04	212	248	220	200	178
16/01/04	130	174	164	146	148
19/01/04	188	174	184	112	174
21/01/04	228	194	204	114	180
23/01/04	208	204	210	122	192
26/01/04	206	182	196	86	172
29/01/04	190	232	204	176	172
30/01/04	196	230	216	166	196
02/02/04	186	204	198	160	168
04/02/04	224	200	220	128	176
06/02/04	200	210	202	152	162
13/02/04	186	234	300	170	210
18/02/04	218	144	242	92	180
20/02/04	174	138	214	104	156
25/02/04	176	80	186	60	144
27/02/04	190	170	242	124	172
02/03/04	242	180	248	158	174
03/03/04	220	136	244	116	150
05/03/04	228	164	234	138	174
10/03/04	220	160	222	150	188
Média	193	173	208	126	166
Desvio Padrão	30	56	40	46	35
Mediana	194	177	212	126	173

Tabela AN 2.7 – Demanda Bioquímica de Oxigênio Total e Solúvel na Fase 2

Data	DBO (mg O ₂ /L)			DBO _s (mg O ₂ /L)	
	Afluente	Efluente Dec1	Efluente Dec2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
16/01/04	121	20	123	3	6
23/01/04	152	6	56	1	2
04/02/04	188	22	36	1	2
20/02/04	247	10	37	1	1
Média	177	15	63	2	3
Desvio Padrão	54	8	41	1	2
Mediana	170	15	47	1	2

Tabela AN 2.8 – Eficiência na Remoção de DBO e Relação A/M na Fase 2

Data	Sistema I		Sistema II	
	Eficiência de Remoção (%)	A/M (kg DBO/kg SSV·d)	Eficiência de Remoção (%)	A/M (kg DBO/kg SSV·d)
16/01/04	97,5	0,26	95,0	0,66
23/01/04	99,3	0,22	98,7	0,98
04/02/04	99,5	0,27	98,9	0,73
20/02/04	99,6	0,41	99,6	0,38
Média	99,0	0,29	98,1	0,69
Desvio Padrão	1,0	0,08	2,1	0,25
Mediana	99,4	0,26	98,8	0,69

Tabela AN 2.9 – Demanda Química de Oxigênio Total e Solúvel na Fase 2

Data	DQO (mg O ₂ /L)			DQO _s (mg O ₂ /L)	
	Afluente	Efluente Dec1	Efluente Dec2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
23/12/03	358	83	83	31	35
26/12/03	148	45	26	30	16
02/01/04	128	22	22	15	18
08/01/04	333	108	68	32	38
12/01/04	328	145	145	45	57
14/01/04	400	65	476	43	55
16/01/04	350	58	485	30	35
19/01/04	359	54	350	35	51
21/01/04	495	58	41	26	39
23/01/04	356	48	228	33	46
26/01/04	426	238	277	30	38
29/01/04	333	89	343	72	95
30/01/04	308	54	663	26	38
02/02/04	301	44	612	23	36
04/02/04	375	112	110	29	41
06/02/04	346	30	69	21	30
13/02/04	510	30	55	21	30
18/02/04	311	75	97	21	27
20/02/04	413	47	113	22	29
25/02/04	216	42	34	15	20
27/02/04	417	50	36	24	25
02/03/04	767	44	83	20	27
03/03/04	1269	215	33	21	23
05/03/04	738	34	34	22	23
Média	416	75	187	29	36
Desvio Padrão	232	55	197	12	17
Mediana	357	54	90	26	35

Tabela AN 2.10 – Eficiência na Remoção da DQO e Relação A/M na Fase 2

Data	Sistema I		Sistema II	
	Eficiência de Remoção (%)	A/M (kg DQO/kg SSV·d)	Eficiência de Remoção (%)	A/M (kg DQO/kg SSV·d)
23/12/03	91,3	0,32	90,2	0,30
26/12/04	79,7	0,31	89,2	0,31
02/01/04	88,3	0,81	85,9	0,94
08/01/04	90,4	0,57	88,6	1,29
12/01/04	86,3	0,73	82,6	1,67
14/01/04	89,3	0,74	86,3	1,91
16/01/04	91,4	0,59	90,0	2,61
19/01/04	90,3	0,64	85,8	2,65
21/01/04	94,7	0,53	92,1	2,30
23/01/04	90,7	0,60	87,1	2,85
26/01/04	93,0	0,48	91,1	1,96
29/01/04	78,4	0,46	71,5	1,74
30/01/04	91,6	0,42	87,7	1,07
02/02/04	92,4	0,53	88,0	1,45
04/02/04	92,3	0,52	89,1	1,22
06/02/04	93,9	0,76	91,3	0,81
13/02/04	95,9	0,53	94,1	0,53
18/02/04	93,2	0,68	91,3	0,63
20/02/04	94,7	0,36	93,0	0,38
25/02/04	93,1	0,74	90,7	0,67
27/02/04	94,2	1,46	94,0	1,00
02/03/04	97,4	2,77	96,5	1,97
03/03/04	98,3	1,70	98,2	1,31
05/03/04	97,0	0,75	96,9	1,37
Média	91,6	0,55	89,6	0,77
Desvio Padrão	4,8	0,59	5,4	1,29
Mediana	92,3	0,32	90,1	0,30

Tabela AN 2.11 – Oxigênio Dissolvido e Temperatura nos Tanques de Aeração na Fase 2

Oxigênio Dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C)			
Data	Temperatura	TA1	TA2
23/12/03	24,3	3,24	4,33
26/12/03	20,3	6,27	6,27
29/12/03	24,6	2,70	2,30
02/01/04	21,5	4,18	4,20
05/01/04	22,7	2,64	1,90
08/01/04	23,0	2,14	1,74
12/01/04	24,1	1,60	2,50
14/01/04	23,7	3,10	5,35
16/01/04	23,8	7,70	5,89
19/01/04	22,2	4,35	7,20
21/01/04	23,2	4,80	7,00
23/01/04	22,9	4,74	5,24
26/01/04	23,6	5,20	5,15
29/01/04	23,1	3,00	5,85
30/01/04	23,8	3,45	5,70
02/02/04	24,6	2,52	4,33
04/02/04	24,3	1,25	2,70
06/02/04	25,1	1,25	2,70
20/02/04	24,8	0,60	0,60
02/03/04	-	0,70	0,20
03/03/04	25,4	3,30	2,90
08/03/04	23,5	3,20	3,25
Média	23,5	3,27	3,97
Desvio Padrão	1,2	1,78	2,01
Mediana	23,7	3,15	4,27

Tabela AN 2.12 – Nitrogênio Total Kjeldahl na Fase 2

NTK (mg N/L)					
Data	Afluentes	Efluente Dec1	Efluente Dec2	TA1	TA2
16/02/04	69,4	26,9	46,5	408,8	391,4
27/02/04	66,1	35,3	25,2	-	-
08/03/04	44,8	34,7	39,8	-	-
Média	60,1	32,3	37,2	408,8	391,4
Desvio Padrão	13,4	4,7	10,9	-	-
Mediana	66,1	34,7	39,8	408,8	391,4

Tabela AN 2.13 – Nitrogênio Amoniacal na Fase 2

NH ₃ (mg N/L)			
Data	Afluentes	Efluente Dec1	Efluente Dec2
16/02/04	55,44	24,08	24,08
27/02/04	50,40	21,84	31,92
08/03/04	50,40	14,56	25,76
Média	52,08	20,16	27,25
Desvio Padrão	2,91	4,98	4,13
Mediana	50,40	21,84	25,76

Tabela AN 2.14 – Nitrito e Nitrato na Fase 2

Data	NO ₂ (mg N/L)		NO ₃ (mg N/L)	
	Efluente Dec1	Efluente Dec2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
16/02/04	0,62	0,01	2,66	0,63
27/02/04	0,31	0,12	4,38	0,31
08/03/04	0,41	0,06	1,83	1,40
Média	0,45	0,06	2,96	0,78
Desvio Padrão	0,16	0,06	1,30	0,56
Mediana	0,41	0,06	2,66	0,63

Tabela AN 2.15 – Fósforo Total e Solúvel na Fase 2

Data	Fósforo Total (mg P/L)			Fósforo Solúvel (mg P/L)	
	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
29/12/03	0,40	4,50	4,78	0,38	0,38
16/02/04	1,06	8,98	8,90	0,36	0,19
08/03/04	0,71	-	-	0,48	0,41
Média	0,72	6,74	6,84	0,41	0,33
Desvio Padrão	0,33	3,17	2,91	0,06	0,12
Mediana	0,71	6,74	6,84	0,38	0,38

Tabela AN 2.16 – Ocorrências na Fase 2

Data	Hora	Ocorrências
05/12/03	-	Esvaziamento e limpeza de todos os dois sistemas para nova carga de lodo ativado.
17/12/03	16:00	Colocação de nova carga de lodo ativado, advindo da ETE ABC. Vazão de alimentação igual a 5 m ³ /d para os dois sistemas.
23/12/03	10:00	Início da dosagem de choque de Dosfolat (18:50h).
29/12/03	09:00	Formação de espuma no TA2
02/01/04	08:30	Constatada a presença de organismos filamentosos somente no TA2.
05/01/04	10:00	Um pouco de espuma no TA2.
08/01/04	08:30	Início da dosagem normal de Dosfotat
10/01/04	13:30	Problema de sedimentação no Dec2.
12/01/04	10:30	Problema de sedimentação no Dec2.
14/01/04	10:00	Problema de sedimentação no Dec2.
16/01/04	10:00	Problema de sedimentação no Dec2.
19/01/04	10:30	Problema de sedimentação no Dec2.
21/01/04	10:30	Problema de sedimentação no Dec2.
23/01/04	10:30	Problema de sedimentação no Dec2.
26/01/04	11:30	Problema de sedimentação no Dec2.
29/01/04	09:30	Problema de sedimentação no Dec2.
	17:00	Parou a alimentação por 3 ou 4 horas, melhorando a sedimentação no Dec2.
30/01/04	11:15	Voltou o problema de sedimentação no Dec2.
02/02/04	11:30	Problema de sedimentação no Dec2 continua.
04/02/04	10:00	Problema de sedimentação no Dec2.
06/02/04	11:30	Problema de sedimentação no Dec2.
13/02/04	-	Sedimentação boa nos dois decantadores.
14/02/04	16:00	Sedimentação boa nos dois decantadores.
16/02/04	10:30	Sedimentação boa nos dois decantadores.
18/02/04	09:50	Sedimentação boa nos dois decantadores.
20/02/04	11:00	Sedimentação boa nos dois decantadores.
25/02/04	10:30	Sedimentação boa nos dois decantadores.
27/02/04	11:00	Sedimentação boa nos dois decantadores.
02/03/04	11:00	Sedimentação boa nos dois decantadores.
03/03/04	11:30	Desnitrificação no Dec1. Aumento de filamentosas no TA1.
	19:00	Problema de sedimentação no Dec1.
08/03/04	10:00	Saindo sólidos no efluente do Dec1.
10/03/04	11:00	Problema de sedimentação nos dois Decantadores.

ANEXO 3 – TABELAS DE RESULTADOS ANALÍTICOS DA FASE 3

LISTA DE TABELAS DO ANEXO 3

Tabela AN 3.1 – Sólidos em Suspensão Totais na Fase 3	168
Tabela AN 3.2 – Sólidos em Suspensão Voláteis na Fase 3	169
Tabela AN 3.3 – Sólidos Sedimentáveis de Proveta na Fase 3	170
Tabela AN 3.4 – Índice Volumétrico de Lodo na Fase 3	171
Tabela AN 3.5 – Potencial Hidrogeniônico na Fase 3	172
Tabela AN 3.6 – Alcalinidade Total na Fase 3	173
Tabela AN 3.7 – Demanda Bioquímica de Oxigênio Total e Solúvel na Fase 3	174
Tabela AN 3.8 – Eficiência na Remoção de DBO e Relação A/M na Fase 3	174
Tabela AN 3.9 – Demanda Química de Oxigênio Total e Solúvel na Fase 3	175
Tabela AN 3.10 – Eficiência na Remoção da DQO e Relação A/M na Fase 3	176
Tabela AN 3.11 – Oxigênio Dissolvido e Temperatura nos Tanques de Aeração na Fase 3	177
Tabela AN 3.12 – Nitrogênio Total Kjeldahl na Fase 3	178
Tabela AN 3.13 – Nitrogênio Amoniacal na Fase 3	178
Tabela AN 3.14 – Nitrito e Nitrato na Fase 3	179
Tabela AN 3.15 – Fósforo Total e Solúvel na Fase 3	179
Tabela AN 3.16 – Turbidez nos Efluentes na Fase 3	180
Tabela AN 3.17 - Depleção de Oxigênio na Fase 3	180
Tabela AN 3.18 – Ocorrências na Fase 3	181

Tabela AN 3.1 - Sólidos em Suspensão Totais na Fase 3

Data	SST (mg/L)				
	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
19/05/04	168	2370	2310	34	38
26/05/04	128	3004	4656	32	18
28/05/04	86	3828	5528	26	16
04/06/04	140	3096	3524	60	42
09/06/04	100	3752	4350	23	15
18/06/04	116	3636	3424	25	20
23/06/04	352	3078	4954	44	124
25/06/04	90	2960	3976	88	56
07/07/04	572	3356	4260	93	96
23/07/04	380	4552	4356	27	56
27/07/04	788	3607	4334	30	52
28/07/04	380	4552	4360	27	57
18/08/04	965	4813	6873	12	21
20/08/04	660	5630	7930	30	47
23/08/04	1045	6493	7253	21	16
25/08/04	1100	6820	7240	24	39
27/08/04	1110	6810	7260	25	38
31/08/04	2032	6930	7590	16	14
03/09/04	940	6560	6800	13	9
08/09/04	580	5290	5990	10	36
15/09/04	670	5450	6060	10	35
17/09/04	1200	6190	6710	12	13
24/09/04	139	5010	4690	33	39
29/09/04	257	2880	3230	16	28
Média	583	4611	5319	30	39
Desvio Padrão	490	1477	1597	22	27
Mediana	476	4552	4822	26	37

Tabela AN 3.2 – Sólidos em Suspensão Voláteis e Idades do Lodo e Produção de Lodo na Fase 3

Data	Produção de Lodo (Kg/d) (*)		Idade do Lodo (d)		SSV (mg/L)				
	Sistema I	Sistema II	Sistema I	Sistema II	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
19/05/04	0,16	0,18	10,3	9,0	148	1930	1910	32	36
26/05/04	0,08	0,12	30,0	30,0	112	2672	4108	30	16
28/05/04	0,10	0,14	30,0	30,0	76	3428	4928	24	14
04/06/04	0,08	0,09	30,0	30,0	124	2760	3140	18	40
09/06/04	0,09	0,11	30,0	30,0	88	3344	3884	20	14
18/06/04	0,09	0,09	30,0	30,0	98	3234	3044	22	16
23/06/04	0,08	0,21	25,8	17,6	284	2304	4314	38	104
25/06/04	0,13	0,10	16,3	30,0	58	2564	3496	67	39
07/07/04	0,19	0,18	14,0	18,0	572	3060	3896	93	92
23/07/04	0,11	0,11	30,0	30,0	328	4052	3768	25	52
27/07/04	0,08	0,11	30,0	30,0	672	2904	3904	27	48
28/07/04	0,11	0,11	30,0	30,0	328	4044	3768	25	53
18/08/04	0,12	0,17	30,0	30,0	835	4246	5900	11	18
20/08/04	0,14	0,20	30,0	30,0	500	4960	6950	25	37
23/08/04	0,16	0,18	30,0	30,0	895	5706	6253	18	14
25/08/04	0,17	0,18	30,0	30,0	1030	5990	6290	23	37
27/08/04	0,17	0,18	30,0	30,0	1040	6010	6320	21	37
31/08/04	0,17	0,19	30,0	30,0	1692	6140	6610	14	13
03/09/04	0,16	0,16	30,0	30,0	830	5760	5780	9	4
08/09/04	0,13	0,15	30,0	30,0	480	4540	5150	9	32
15/09/04	0,13	0,15	30,0	30,0	500	4500	5170	8	33
17/09/04	0,16	0,17	30,0	30,0	1060	5550	6020	10	10
24/09/04	0,12	0,12	30,0	30,0	121	4370	4120	29	34
29/09/04	0,07	0,08	30,0	30,0	220	2550	2850	15	26
Média	0,13	0,15	27,8	28,1	504	4026	4649	26	34
Desvio Padrão	0,04	0,04	5,6	5,3	426	1330	1373	19	24
Mediana	0,13	0,15	30,0	30,0	404	4048	4217	23	34

(*) – Calculadas através da equação 3.1 (item 3.1.3) – Nestes valores estão incluídos os descartes e a perda de lodo do efluente (em termos de SSV).

Tabela AN 3.3 – Sólidos Sedimentáveis de Proveta na Fase 3

Data	SD ₃₀ (mL/L)	
	TA1	TA2
19/05/04	260	200
23/05/04	340	320
26/05/04	990	970
28/05/04	990	980
04/06/04	950	890
09/06/04	980	900
18/06/04	930	480
25/06/04	960	500
07/07/04	980	400
23/07/04	900	200
28/07/04	930	500
18/08/04	725	910
20/08/04	900	910
23/08/04	870	940
25/08/04	900	920
31/08/04	930	890
03/09/04	850	920
08/09/04	810	900
15/09/04	905	910
17/09/04	900	905
24/09/04	750	750
29/09/04	310	300
Média	821	709
Desvio Padrão	222	281
Mediana	900	895

Tabela AN 3.4 – Índice Volumétrico de Lodo na Fase 3

Data	IVL (mL/g)	
	TA1	TA2
19/05/04	110	87
26/05/04	330	208
28/05/04	259	177
04/06/04	307	253
09/06/04	261	207
18/06/04	256	140
25/06/04	324	126
07/07/04	292	94
23/07/04	198	46
28/07/04	204	115
18/08/04	151	132
20/08/04	160	115
23/08/04	134	130
25/08/04	132	127
31/08/04	134	117
03/09/04	130	135
08/09/04	153	150
15/09/04	166	150
17/09/04	145	135
24/09/04	150	160
29/09/04	108	93
Média	195	138
Desvio Padrão	74	46
Mediana	160	132

Tabela AN 3.5 – Potencial Hidrogeniônico na Fase 3

Data	pH				
	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
19/05/04	6,66	6,16	6,62	6,67	7,00
26/05/04	7,34	5,10	6,20	6,84	7,00
28/05/04	7,45	4,00	3,98	5,64	4,05
04/06/04	7,39	4,62	4,81	5,62	4,67
09/06/04	7,45	4,43	4,65	5,37	5,49
18/06/04	7,42	4,88	4,90	4,37	4,71
23/06/04	7,00	4,50	4,90	4,00	4,00
25/06/04	7,32	5,85	5,55	5,75	4,30
30/06/04	7,20	5,70	5,40	5,80	4,90
07/07/04	7,44	5,03	5,39	4,56	4,46
14/07/04	6,61	5,14	6,39	4,62	6,95
21/07/04	7,72	6,78	6,79	7,07	7,13
23/07/04	7,23	6,31	7,05	6,63	7,42
27/07/04	6,85	5,88	7,12	5,77	7,47
28/07/04	7,20	6,30	7,00	6,50	7,40
03/08/04	6,31	6,67	7,01	6,48	7,25
04/08/04	7,25	7,19	7,26	7,19	7,24
10/08/04	7,19	7,05	7,11	7,29	7,30
13/08/04	6,90	6,40	6,60	6,60	6,80
18/08/04	6,96	7,26	7,10	7,35	7,29
20/08/04	6,70	6,40	6,50	6,70	6,80
23/08/04	7,01	6,98	6,89	7,36	7,08
25/08/04	6,90	6,60	6,40	6,80	6,90
27/08/04	7,00	6,50	6,60	6,70	6,90
03/09/04	6,80	6,60	6,50	6,80	7,00
08/09/04	7,00	6,80	6,60	6,50	6,90
15/09/04	7,20	7,00	6,30	6,20	7,00
17/09/04	6,80	6,30	5,50	7,00	6,30
24/09/04	7,20	6,22	6,02	5,13	5,97
29/09/04	6,87	5,94	5,91	5,26	4,70
Média	7,08	6,02	6,17	6,15	6,28
Desvio Padrão	0,31	0,91	0,88	0,95	1,19
Mediana	7,10	6,30	6,45	6,50	6,90

Tabela AN 3.6 – Alcalinidade Total na Fase 3

Data	Alcalinidade Total (mg CaCO ₃ /L)				
	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
19/05/04	216	50	124	46	96
26/05/04	200	6	58	44	90
28/05/04	205	0	0	6	0
04/06/04	410	2	4	10	4
09/06/04	162	0	2	8	2
18/06/04	216	4	4	0	2
23/06/04	216	8	8	0	0
25/06/04	219	28	23	9	0
30/06/04	200	30	21	8	1
07/07/04	243	8	20	0	0
14/07/04	300	14	14	0	0
21/07/04	330	138	180	74	110
23/07/04	150	60	246	48	190
27/07/04	198	30	308	8	242
28/07/04	140	160	240	52	180
03/08/04	217	106	174	51	145
04/08/04	206	180	196	146	194
10/08/04	282	240	330	170	206
13/08/04	514	172	276	112	148
18/08/04	207	237	275	188	205
20/08/04	522	160	264	110	162
23/08/04	260	250	199	153	104
25/08/04	498	156	250	120	156
27/08/04	500	146	242	120	150
03/09/04	460	140	256	142	160
08/09/04	496	150	242	156	176
15/09/04	464	140	262	164	158
17/09/04	554	176	54	114	38
24/09/04	141	66	55	4	11
29/09/04	204	45	42	4	3
Média	298	97	146	69	98
Desvio Padrão	137	82	116	65	83
Mediana	218	86	177	50	107

Tabela AN 3.7 – Demanda Bioquímica de Oxigênio Total e Solúvel na Fase 3

Data	DBO (mg O ₂ /L)			DBO _s (mg O ₂ /L)	
	Afluente	Efluente Dec1	Efluente Dec2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
28/05/04	228	38	9	4	4
09/06/04	102	28	31	15	12
18/06/04	160	54	58	30	28
30/06/04	185	60	65	21	10
23/07/04	380	45	58	13	25
04/08/04	576	42	38	14	12
13/08/04	230	20	65	12	15
20/08/04	300	21	42	13	24
27/08/04	400	38	29	19	19
08/09/04	500	21	28	19	17
17/09/04	480	21	38	15	21
Média	322	35	42	16	17
Desvio Padrão	156	14	18	7	7
Mediana	300	38	38	15	17

Tabela AN 3.8 – Eficiência na Remoção de DBO e Relação A/M na Fase 3

Data	Sistema I		Sistema II	
	Eficiência de Remoção (%)	A/M (kg DBO/kg SSV·d)	Eficiência de Remoção (%)	A/M (kg DBO/kg SSV·d)
28/05/04	98,2	0,16	98,2	0,11
09/06/04	85,3	0,07	88,2	0,06
18/06/04	81,3	0,12	82,5	0,12
30/06/04	88,6	-	94,6	-
23/07/04	96,6	0,22	93,4	0,24
04/08/04	97,6	-	97,9	-
13/08/04	94,8	-	93,5	-
20/08/04	95,7	0,14	92,0	0,10
27/08/04	95,3	0,16	95,3	0,15
08/09/04	96,2	0,26	96,6	0,23
17/09/04	96,9	0,20	95,6	0,19
Média	93,3	0,17	93,4	0,15
Desvio Padrão	5,6	0,06	4,6	0,06
Mediana	95,7	0,16	94,6	0,14

Tabela AN 3.9 – Demanda Química de Oxigênio Total e Solúvel na Fase 3

Data	DQO (mg O ₂ /L)			DQO _s (mg O ₂ /L)	
	Afluente	Efluente Dec1	Efluente Dec2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
19/05/04	594	66	77	30	28
26/05/04	352	115	32	40	31
28/05/04	255	71	43	42	13
04/06/04	286	65	81	24	32
09/06/04	192	46	42	32	16
18/06/04	300	64	60	62	56
23/06/04	571	171	376	26	5
25/06/04	340	144	120	47	37
30/06/04	400	132	128	45	16
07/07/04	580	36	40	27	30
21/07/04	536	80	96	52	76
23/07/04	500	57	127	47	51
28/07/04	700	60	132	42	50
04/08/04	980	124	128	65	67
13/08/04	540	44	82	27	38
18/08/04	600	50	78	25	40
20/08/04	650	58	80	26	39
25/08/04	630	55	75	24	38
27/08/04	700	60	49	28	25
03/09/04	1257	51	45	28	21
08/09/04	1360	42	39	27	25
15/09/04	1120	40	41	28	22
17/09/04	950	42	63	21	38
24/09/04	490	61	60	32	28
29/09/04	470	58	49	31	25
Média	614	72	86	35	34
Desvio Padrão	307	36	68	12	17
Mediana	571	60	75	30	31

Tabela AN 3.10 – Eficiência na Remoção da DQO e Relação A/M na Fase 3

Data	Sistema I		Sistema II	
	Eficiência de Remoção (%)	A/M (kg DQO/kg SSV·d)	Eficiência de Remoção (%)	A/M (kg DQO/kg SSV·d)
19/05/04	94,9	0,72	95,3	0,73
26/05/04	88,6	0,31	91,2	0,20
28/05/04	83,5	0,18	94,9	0,12
04/06/04	91,6	0,24	88,8	0,21
09/06/04	83,3	0,14	91,7	0,12
18/06/04	79,3	0,22	81,3	0,23
23/06/04	95,4	0,58	99,1	0,31
25/06/04	86,2	0,31	89,1	0,23
30/06/04	88,8	-	96,0	-
07/07/04	95,3	0,45	94,8	0,35
21/07/04	90,3	-	85,8	-
23/07/04	90,6	0,29	89,8	0,31
28/07/04	94,0	0,41	92,9	0,44
04/08/04	93,4	-	93,2	-
13/08/04	95,0	-	93,0	-
18/08/04	95,8	0,33	93,3	0,24
20/08/04	96,0	0,31	94,0	0,22
25/08/04	96,2	0,25	94,0	0,24
27/08/04	96,0	0,27	96,4	0,26
03/09/04	97,8	0,51	98,3	0,51
08/09/04	98,0	0,70	98,2	0,62
15/09/04	97,5	0,59	98,0	0,51
17/09/04	97,8	0,40	96,0	0,37
24/09/04	93,5	0,26	94,3	0,28
29/09/04	93,4	0,43	94,7	0,39
Média	92,5	0,38	93,4	0,33
Desvio Padrão	5,0	0,17	4,1	0,16
Mediana	94,0	0,31	94,0	0,28

Tabela AN 3.11 – Oxigênio Dissolvido e Temperatura nos Tanques de Aeração na Fase 3

Oxigênio Dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C)			
Data	Temperatura	TA1	TA2
19/05/04	24,7	2,22	4,80
23/05/04	24,0	1,17	1,56
26/05/04	19,6	4,70	3,60
28/05/04	18,0	7,00	8,18
04/06/04	15,0	7,50	7,80
09/06/04	15,0	8,70	7,20
18/06/04	16,0	2,40	1,39
23/06/04	16,0	1,18	3,70
25/06/04	17,0	2,50	4,10
30/06/04	16,0	2,12	3,00
04/07/04	19,8	1,90	2,60
07/07/04	19,7	2,50	2,70
16/07/04	19,0	1,20	1,10
21/07/04	15,0	1,00	1,30
23/07/04	12,0	1,10	1,00
28/07/04	14,0	3,00	1,90
09/08/04	20,3	0,93	0,91
11/08/04	18,0	5,41	4,62
12/08/04	-	2,88	2,91
13/08/04	15,0	6,00	5,80
18/08/04	16,2	0,70	0,80
20/08/04	19,0	0,45	0,30
23/08/04	16,8	0,30	0,28
25/08/04	20,0	5,10	4,90
31/08/04	-	0,28	0,30
03/09/04	20,0	0,36	0,40
08/09/04	22,0	1,30	0,63
14/09/04	21,0	2,40	2,55
15/09/04	22,4	0,17	0,17
17/09/04	21,0	3,40	3,55
21/09/04	24,0	2,10	3,34
24/09/04	24,0	1,10	3,53
29/09/04	24,5	0,54	0,62
Média	18,9	2,53	2,77
Desvio Padrão	3,4	2,27	2,24
Mediana	19,0	2,10	2,60

Tabela AN 3.12 – Nitrogênio Total Kjeldahl na Fase 3

NTK (mg N/L)					
Data	Afluente	Efluente Dec1	Efluente Dec2	TA1	TA2
27/07/04	96,9	19,6	92,4	-	-
03/08/04	123,8	19,4	35,9	59,4	117,9
10/08/04	119,3	35,9	49,9	-	-
18/08/04	99,0	40,0	42,0	-	-
23/08/04	108,1	32,5	22,4	-	-
25/08/04	72,3	33,6	29,1	-	-
31/08/04	92,4	41,4	28,6	-	-
24/09/04	39,2	9,5	5,1	-	-
29/09/04	63,3	9,0	11,8	-	-
Média	90,5	26,8	35,2	59,4	117,9
Desvio Padrão	27,5	12,6	25,6		
Mediana	96,9	32,5	29,1	59,4	117,9

Tabela AN 3.13 – Nitrogênio Amoniacal na Fase 3

NH ₃ (mg N/L)			
Data	Afluente	Efluente Dec1	Efluente Dec2
27/07/04	43,70	13,40	39,20
03/08/04	66,10	15,10	34,10
10/08/04	66,10	34,10	43,40
18/08/04	50,40	38,00	40,00
23/08/04	62,70	24,50	17,90
25/08/04	54,90	31,40	22,40
31/08/04	51,50	39,80	25,20
24/09/04	35,30	6,20	3,40
29/09/04	58,80	3,90	8,40
Média	54,39	22,93	26,00
Desvio Padrão	10,40	13,72	14,31
Mediana	54,90	24,50	25,20

Tabela AN 3.14 – Nitrito e Nitrato na Fase 3

Data	NO ₂ (mg N/L)		NO ₃ (mg N/L)	
	Efluente Dec1	Efluente Dec2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
03/08/04	0,11	0,23	19,10	9,40
10/08/04	0,01	0,02	10,30	6,36
18/08/04	0,01	0,02	0,00	0,00
23/08/04	0,03	0,03	0,57	0,53
25/08/04	-	-	1,24	6,33
31/08/04	-	-	0,00	0,11
24/09/04	0,01	0,02	23,00	18,00
29/09/04	0,03	0,03	22,00	28,00
Média	0,04	0,08	9,53	8,59
Desvio Padrão	0,05	0,10	10,42	9,90
Mediana	0,02	0,03	5,77	6,35

Tabela AN 3.15 – Fósforo Total e Solúvel na Fase 3

Data	Fósforo Total (mg P/L)			Fósforo Solúvel (mg P/L)	
	Afluente	TA1	TA2	Efluente Dec1	Efluente Dec2
10/08/04	2,40	49,10	17,70	1,80	1,30
24/08/04	3,00	-	-	2,38	2,25
29/09/04	2,63	-	-	1,11	1,07
Média	2,68	49,10	17,70	1,76	1,54
Desvio Padrão	0,30	-	-	0,64	0,63
Mediana	2,63	49,10	17,70	1,80	1,30

Tabela AN 3.16 – Turbidez nos Efluentes na Fase 3

Data	Turbidez (uT)	
	Efluente Dec1	Efluente Dec2
24/08/04	26	45
14/09/04	14	22
24/09/04	31	34
29/09/04	22	21
Média	23	31
Desvio Padrão	7	11
Mediana	24	28

Tabela 3.17 – Depleção de Oxigênio na Fase 3

TA1				TA2			
Temperatura = 22,4°C Rotação = 150 rpm Volume de Amostra = 8,5 L Vazão de Alimentação = 0,02 m³/d				Temperatura = 22,4°C Rotação = 150 rpm Volume de Amostra = 8,5 L Vazão de Alimentação = 0,02 m³/d			
Tempo (min)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)			Tempo (min)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)		
	1º Teste	2º Teste	3º Teste		1º Teste	2º Teste	3º Teste
0	7,20	7,10	7,20	0	7,30	7,14	7,30
1	6,09	6,02	6,19	1	6,77	6,63	6,54
2	5,11	4,85	5,52	2	5,96	5,87	5,90
3	4,06	3,94	4,20	3	5,25	5,11	5,25
4	3,02	2,99	3,18	4	4,69	4,27	4,59
5	1,95	2,07	2,30	5	4,07	3,49	3,90
6	1,04	1,15	1,37	6	3,42	2,68	3,23
7	0,16	0,33	0,49	7	2,68	1,91	2,55
				8	2,03	1,13	1,88
				9	1,30	0,38	1,22
				10	0,62		0,61
				11	0,07		0,05

Tabela AN 3.18 – Ocorrências na Fase 3

Data	Hora	Ocorrências
29/03/04	16:00	Inoculação com novo lodo da ETE ABC
05/04/04	10:00	Vazão de alimentação de 2 m ³ /d, com recirculação de 150% para os dois sistemas
14/04/04	09:30	Muita espuma nos Tanques de Aeração (mais no TA2)
19/05/04	13:00	Início da dosagem de choque de Dosfolat
28/05/04	09:00	Parada na Alimentação dos Sistemas. Formação de espuma
02/06/04	16:00	Voltou a alimentação.
04/06/04	09:30	Início da dosagem contínua de Dosfolat.
16/06/04	-	Quebrou o moto-redutor do raspador do Dec2.
27/06/04	-	Raspador do Dec2 voltou a funcionar.
04/07/04	10:00	Continua a espuma
16/07/04	09:00	Continua a espuma
23/07/04	07:00	Diminuiu espuma nos dois tanques. Aparentemente Dec1 melhor que o Dec2.
03/08/04	-	Houve falta de energia elétrica. Formação de espuma nos Tanques de Aeração.
04/08/04	09:00	TA1 e TA2 com espuma devido às paradas das bombas de retorno
	16:00	As bombas de retorno voltaram a funcionar
11/08/04	09:00	TA1 com bastante espuma na câmara seletora
06/09/04	-	Escuma no TA2
12/09/04	12:00	Faltou Energia Elétrica

ANEXO 4 – TABELAS DE DADOS DA ETE JARDIM DAS FLORES

LISTA DE TABELAS DO ANEXO 4

Tabela I	184
Controle Mensal de Tratamento de Esgoto – Janeiro/2002	186
Controle Mensal de Tratamento de Esgoto – Fevereiro/2002.....	187
Controle Mensal de Tratamento de Esgoto – Março/2002.....	188
Controle Mensal de Tratamento de Esgoto – Abril/2002.....	189
Controle Mensal de Tratamento de Esgoto – Maio/2002.....	190
Controle Mensal de Tratamento de Esgoto – Junho/2002	191
Controle Mensal de Tratamento de Esgoto – Julho/2002.....	192
Controle Mensal de Tratamento de Esgoto – Agosto/2002	193
Controle Mensal de Tratamento de Esgoto – Setembro/2002	194
Controle Mensal de Tratamento de Esgoto – Outubro/2002	195
Controle Mensal de Tratamento de Esgoto – Novembro/2002	196
Controle Mensal de Tratamento de Esgoto – Dezembro/2002	197

Tabela I - Apresenta os resultados obtidos com a aplicação do *Dosfolat* no período de 25/04/02 a 13/11/02

Data	DBO ent.	DBO saída	DQO ent.	DQO saída	SST 3	SST 4	DBO red.	DQO red.	RS 60	Ger.Te
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%	%	ml/l	kg/d (b.s)
25/04/02	355	87	579	209	4254	91	75,5	63,9	960	16,8
30/4/2002	487	22	820	135	4600	45	95,5	83,5	980	23,0
2/5/2002	404	13	649	18	5185	45	96,8	97,2	960	19,1
6/5/2002	404	13	549	46	4910	160	96,8	91,6	960	19,1
8/5/2002	621	94	344	25	5285	110	84,9	92,7	960	29,4
10/5/2002	621	94	579	149	4520	105	84,9	74,3	930	29,4
13/5/2002	621	94	666	139	4860	64	84,9	79,1	970	29,4
15/5/2002	473	35	711	120	6190	90	92,6	83,1	980	22,4
17/5/2002	473	35	815	151		24	92,6	81,5	980	22,4
20/5/2002	473	35	625	111	6690	104	92,6	82,2	970	22,4
22/5/2002	473	35	702	117	5525	160	92,6	83,3	970	22,4
24/5/2002	473	35	614	163	4490	112	92,6	73,5	980	22,4
27/5/2002	473	35	661	52	4730	62	92,6	92,1	980	22,4
29/5/2002	706	103	1023	272	4375	145	85,4	73,4	970	33,4
3/6/2002	706	103	560	65	4415	20	85,4	88,4	970	33,4
5/6/2002	510	26	687	88	4520	45	94,9	87,2	950	24,1
7/6/2002	510	26	514	99	6345	25	94,9	80,7	950	24,1
11/6/2002	510	26	1091	194	6620	56	94,9	82,2	950	24,1
12/6/2002	528	29	1038	160	5050		94,5	84,6	950	25,0
14/6/2002	528	29	1022	147	4795	36	94,5	85,6	950	25,0
17/6/2002	528	29	804	65	4590	18	94,5	91,9	950	25,0
21/6/2002	528	29	1445	147	4605	25	94,5	89,8	950	25,0
24/6/2002	528	29	1136	132	5280	70	94,5	88,4	960	25,0
25/6/2002	392	56	1042	378	5300	60	85,7	63,7	960	18,5
26/6/2002	392	56	988	196	5415	20	85,7	80,2	970	18,5
4/7/2002	392	56	1382	214	8795	40	85,7	84,5	970	18,5
5/7/2002	1276	85	1377	172	6885	40	93,3	87,5	980	60,4
10/7/2002	1276	85	1416	242	6765	70	93,3	82,9	980	60,4
12/7/2002	469	24	1152	185	6410	28	94,9	83,9	970	22,2
15/7/2002	469	24	1217	251	6555	60	94,9	79,4	980	22,2
17/7/2002	469	24	1386	235	7250	16	94,9	83,0	980	22,2
19/7/2002	391	22	839	71	6780	40	94,4	91,5	980	18,5
22/7/2002	391	22	1042	165	7740	64	94,4	84,2	980	18,5
24/7/2002	391	22	1335	266	8045	74	94,4	80,1	980	18,5
26/7/2002	456	40	1279	204	7440	66	91,2	84,1	960	21,6
29/7/2002	456	40	1160	236	7445	64	91,2	79,7	960	21,6
31/7/2002	456	40	1502	258	7500	34	91,2	82,8	960	21,6
5/8/2002	638	44	1273	228	6375	74	93,1	82,1	960	30,2
8/8/2002	638	44	1670	394	7383	70	93,1	76,4	970	30,2
12/8/2002	638	44	1141	307	7045	76	93,1	73,1	970	30,2
14/8/2002	779	87	1417	286	7615	58	88,8	79,8	970	36,8
16/8/2002	779	87	1914	297	7060	86	88,8	84,5	970	36,8
19/8/2002	779	87	1452	390	6415	105	88,8	73,1	980	36,8
21/8/2002	569	76	1350	368	7325	96	86,6	72,7	980	26,9
23/8/2002	569	76	1865	351	7355	12	86,6	81,2	970	26,9
26/8/2002	569	76	1738	356	7705	100	86,6	79,5	980	26,9
28/8/2002	472	41	969	479	8405	120	91,3	50,6	980	22,3
30/8/2002	472	41	1233	370	8190	154	91,3	70,0	980	22,3
2/9/2002	472	41	1068	343	7395	118	91,3	67,9	980	22,3
4/9/2002	495	119	1021	250	7125	106	76,0	75,5	980	23,4
6/9/2002	495	119	904	250	6865	88	76,0	72,3	980	23,4
9/9/2002	495	119	1119	276	7405	120	76,0	75,3	980	23,4

Sabesp

Tabela I - Continuação

Data	DBO ent.	DBO saída	DQO ent.	DQO saída	SST 3	SST 4	DBO red.	DQO red.	RS 60	Ger.Te
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%	%	ml/l	kg/d (b.s)
11/9/2002	470	27	1218	327	8125	76	94,3	73,2	980	22,2
13/9/2002	470	27	1209	341	7960	90	94,3	71,8	980	22,2
16/9/2002	470	27	1119	287	7565	68	94,3	74,4	980	22,2
18/9/2002	398	35	1190	680	4845	28	91,2	42,9	970	18,8
20/9/2002	398	35	1079	230	7588	26	91,2	78,7	970	18,8
23/9/2002	398	35	1232	289	4082	90	91,2	76,5	970	18,8
25/9/2002	994	61	1583	175	4930	52	93,9	88,9	970	47,0
27/9/2002	994	61	901	191	5095	100	93,9	78,8	970	47,0
1/10/2002	994	61	1269	253	6965	72	93,9	80,1	980	47,0
3/10/2002	1030	26	2510	328	7165	104	97,5	86,9	980	48,7
7/10/2002	1030	26	1124	274	7255	70	97,5	75,6	980	48,7
9/10/2002	1030	26	1077	337	7465	70	97,5	68,7	980	48,7
11/10/2002	604	43	1174	272	5645	66	92,9	76,8	980	28,6
15/10/2002	604	43	1044	317	7515	56	92,9	69,6	980	28,6
16/10/2002	604	43	1031	217	7665	155	92,9	79,0	980	28,6
17/10/2002	456	55	883	291	7905	86	87,9	67,0	980	21,6
21/10/2002	456	55	991	258	7060	64	87,9	74,0	980	21,6
23/10/2002	456	55	973	294	7185	80	87,9	69,8	980	21,6
25/10/2002	456	55	1146	283	7000	106	87,9	75,3	980	21,6
28/10/2002	456	55	943	382	5525	138	87,9	59,5	980	21,6
31/10/2002	456	55	830	232			87,9	72,0	980	21,6
1/11/2002	456	55	959	349	6460	128	87,9	63,6	980	21,6
4/11/2002	532	28	1124	232	6905	98	94,7	79,4	980	25,2
6/11/2002	532	28	939	175	6505	56	94,7	81,4	980	25,2
11/11/2002	532	28	916	233	5830	42	94,7	74,6	980	25,2
13/11/2002	532	28	978	174			94,7	82,2	980	25,2
Média	567,6	49,1	1081,1	233,9	6400,8	74,6	91,0	78,4	971,8	26,9
Máximo	1276,0	119,0	2510,0	680,0	8795,0	160,0	97,5	97,2	980,0	60,4
Mínimo	355,0	13,0	344,0	18,0	4082,0	12,0	75,5	42,9	930,0	16,8

Legenda:

DBO-DQO ent = medidas pontuais do afluente da ETE

DBO-DQO saída = medidas pontuais do efluente final da ETE

SST3 = sólidos suspensos totais no tanque de aeração

SST4= sólidos suspensos totais no efluente final

RS60 = sólidos sedimentáveis – 60 minutos

Ger Te = geração de lodo teórica , base seca

OBS:

Os dados se referem a análises pontuais feitas as 12:00 h de cada dia

BRASIL

CONTROLE MENSAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO

ANEXO - E

<

CONTROLE MENSAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO ANEXO - E																					
VOLUME (M³)				PARÂMETROS OPERACIONAIS										SÓLIDOS SED. ml / l.							
DIA	TOTAL TRATADO	SÓLIDOS RETIDOS	DESC. LEITO DE SECAGEM	LODO	INFLUENTE	TQ. AE	pH		DIGESTOR	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DIGESTOR	RECIRCULAÇÃO (M3)		
1	144	0,002	13,5	1,6	6,6	6,5	6,5	6,5	3,4	6,6	6,6	1,2	1,2	880	0	0	60,48	0	0		
2	144	0,002			6,5	6,6	6,6	6,6	4,6	6,6	6,6	1,2	1,6	920	0	0	55,44	5,04	0		
3	216	0,002			6,7	6,6	6,6	6,6	4,5	6,5	6,5	1,2	1,4	920	0	0	60,48	0	0		
4	144	0,001	18,5	1,8	6,6	6,6	6,5	6,5	6,3	6,6	6,6	1,4	1,5	900	0	0	60,48	0	0		
5	216	0,001			6,5	6,6	6,6	6,6	5,6	6,6	6,6	1,2	1,6	900	0	0	55,44	5,04	0		
6	144	0,002			6,6	6,6	6,7	6,8	5,7	6,8	6,8	1,2	1,6	900	0	0	60,48	0	0		
7	144	0,001			6,5	6,6	6,5	6,6	4,9	6,6	6,6	1,4	1,6	850	0	0	60,48	0	0		
8	144	0,002			6,5	6,6	6,6	6,6	5,7	6,6	6,6	1,4	1,8	850	0	0	60,48	0	0		
9	216	0,002			6,6	6,6	6,6	6,6	5,6	6,6	6,6	1,4	1,8	850	0	0	60,48	7	0		
10	360	0,001			6,5	6,8	6,6	6,6	5,5	6,6	6,6	1,4	1,6	850	0	0	60,48	0	0		
11	144	0,001			6,6	6,6	6,6	6,6	5,3	6,6	6,6	1,2	1,8	850	0	0	60,48	0	0		
12	144	0,002			6,6	6,6	6,6	6,7	4,5	6,6	6,6	1,4	1,6	860	0	0	60,48	0	0		
13	216	0,001	13,5	1,6	6,5	6,6	6,6	6,7	4,6	6,6	6,6	1,4	1,6	850	0	0	55,44	5,04	0		
14	288	0,002			6,8	6,6	6,6	6,6	3,9	6,6	6,6	1,4	1,4	860	0	0	60,48	0	0		
15	216	0,001			6,6	6,6	6,6	6,6	3,6	6,6	6,6	1,4	1,3	850	0	0	60,48	0	0		
16	144	0,001			6,6	6,6	6,6	6,6	3,4	6,6	6,6	1,6	1,3	850	0	0	60,48	0	0		
17	144	0,002			6,5	6,6	6,5	6,5	3,3	6,5	6,5	1,6	1,4	850	0	0	60,48	0	0		
18	216	0,001			6,5	6,6	6,6	6,6	3,2	6,6	6,6	1,6	1,2	800	0	0	60,48	0	0		
19	216	0,002			6,5	6,5	6,6	6,6	2,6	6,6	6,6	1,6	1,4	800	0	0	60,48	0	0		
20	144	0,001	18,5	1,2	6,5	6,6	6,6	6,6	4,7	6,6	6,6	1,6	1,4	850	0	0	60,48	0	0		
21	144	0,001			6,5	6,6	6,5	6,5	4,6	6,6	6,6	1,6	1,6	850	0	0	55,44	5,04	0		
22	144	0,001			6,6	6,5	6,6	6,6	3,5	6,6	6,6	1,6	1,8	850	0	0	60,48	0	0		
23	360	0,001			6,5	6,5	6,5	6,5	3,5	6,6	6,6	1,8	1,4	850	0	0	60,48	0	0		
24	144	0,002			6,6	6,6	6,6	6,6	4,2	6,6	6,6	1,8	1,2	840	0	0	60,48	0	0		
25	144	0,001			6,5	6,6	6,5	6,5	5,5	6,7	6,6	1,6	1,2	820	0	0	60,48	0	0		
26	144	0,002	13,5	1,3	6,6	6,7	6,6	6,6	4,6	6,6	6,6	1,4	1,4	820	0	0	55,44	5,04	0		
27	216	0,001			6,5	6,6	6,5	6,5	4,5	6,7	6,6	1,6	1,2	820	0	0	60,48	0	0		
28	216	0,001			6,5	6,6	6,6	6,6	4,5	6,6	6,6	1,6	1,2	820	0	0	60,48	0	0		
29																					
30																					
31																					
TOTAL	5256	0,04	77,5	7,5	6,56	6,60	6,58	6,58	4,49	6,61	6,61	1,46	1,47	854	0	0	1668,24	32,2	0		
MÉDIA	168,24	0,001			6,56	6,60	6,58	6,58	4,49	6,61	6,61	1,46	1,29	854	0	0	59,58				
VIAZO MÉDIA TRATADA L/S					2,17	VOLUME TOTAL DO LODO DESIDRATADO M3					7,5	MÉDIA DE FUNCIONAMENTO DA PLANTA DE ENERGIA					OCCORRÊNCIAS ELETROMECÂNICAS				
																	MÊS/ANO				
																	FEV. / 02				
FEITO POR :					VISTO :					SETOR DE PRODUÇÃO SÃO SOJÉ DOS CAMPOS					ETE - JD. DAS FLORES						

baso

CONTROLE MENSAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO

ANEXO - E

DIA	VOLUME (M³)				PARÂMETROS OPERACIONAIS										SÓLIDOS SED. ml / l.				RECIRCULAÇÃO (M3)	
	TOTAL TRATADO	SÓLIDOS RETIDOS	DESC. LEITO DE SECAGEM	LODO DESIDRAT.	pH		DIGESTOR	EFLUENTE	OXIGÊNIO DISSOLVIDO mg/l.		TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DIGESTOR		
					TQ. AE	DEC.			TQ. AE	DEC.									TQ. AE	DEC.
1	172	0,002			6,6	6,5	6,5	3,4	6,6	1,2	1,2	1,2	1,2	900	0	0	60,48	0		
2	172	0,002			6,5	6,6	6,6	4,6	6,6	1,2	1,6	1,4	1,2	920	0	0	60,48	0		
3	144	0,002			6,7	6,6	6,6	4,5	6,5	1,2	1,4	1,2	1,2	920	0	0	60,48	0		
4	72	0,001			6,6	6,6	6,6	6,3	6,6	1,4	1,5	1,2	1,2	950	0	0	60,48	0		
5	72	0,001			6,5	6,6	6,6	5,6	6,6	1,2	1,6	1,2	1,2	980	0	0	60,48	0		
6	72	0,002			6,6	6,6	6,7	5,7	6,8	1,2	1,6	1,2	1,2	980	0	0	60,48	0		
7	72	0,001		0,6	6,5	6,6	6,5	4,9	6,6	1,4	1,6	1,4	1,2	950	0	0	60,48	0		
8	72	0,002	32		6,5	6,6	6,6	5,7	6,6	1,4	1,8	1,4	1,2	900	0	0	50,4	10,08		
9	72	0,002			6,6	6,6	6,6	5,6	6,6	1,4	1,8	1,4	1,2	900	0	0	60,48	0		
10	72	0,001			6,5	6,6	6,6	5,5	6,6	1,4	1,6	1,2	1,2	880	0	0	60,48	0		
11	144	0,001			6,6	6,6	6,6	5,3	6,6	1,2	1,8	1,4	1,2	880	0	0	60,48	0		
12	144	0,002			6,6	6,6	6,7	4,5	6,6	1,4	1,6	1,4	1,2	850	0	0	60,48	0		
13	216	0,001			6,5	6,6	6,7	4,6	6,6	1,4	1,6	1,2	1,2	850	0	0	60,48	0		
14	72	0,002			6,8	6,6	6,6	3,9	6,6	1,4	1,4	1,2	1,2	860	0	0	60,48	0		
15	216	0,001			6,6	6,6	6,6	3,6	6,6	1,4	1,3	1,2	1,2	850	0	0	60,48	0		
16	72	0,001			6,6	6,6	6,6	3,4	6,6	1,6	1,3	1,2	1,2	900	0	0	60,48	0		
17	144	0,002			6,5	6,6	6,5	3,3	6,5	1,6	1,4	1,2	1,2	900	0	0	60,48	0		
18	144	0,001			6,5	6,6	6,6	3,2	6,6	1,6	1,2	1,2	1,2	900	0	0	60,48	0		
19	72	0,002		0,6	6,5	6,5	6,6	2,6	6,6	1,6	1,4	1,2	1,2	900	0	0	60,48	0		
20	144	0,001	32		6,5	6,6	6,6	4,7	6,6	1,6	1,4	1,2	1,2	880	0	0	47,88	12,6		
21	144	0,001			6,5	6,6	6,5	4,6	6,6	1,6	1,6	1,2	1,2	880	0	0	60,48	0		
22	144	0,001			6,6	6,5	6,6	3,5	6,6	1,6	1,8	1,2	1,2	850	0	0	60,48	0		
23	144	0,001			6,5	6,5	6,5	3,5	6,6	1,8	1,4	1,2	1,2	850	0	0	60,48	0		
24	360	0,002			6,6	6,6	6,6	4,2	6,6	1,8	1,2	1,2	1,2	850	0	0	60,48	0		
25	216	0,001			6,5	6,6	6,7	5,5	6,7	1,6	1,2	1,2	1,2	850	0	0	60,48	0		
26	216	0,002			6,6	6,7	6,6	4,6	6,6	1,4	1,4	1,2	1,2	880	0	0	60,48	0		
27	288	0,001			6,5	6,6	6,5	4,5	6,7	1,6	1,2	1,2	1,2	880	0	0	60,48	0		
28	216	0,001			6,5	6,6	6,6	4,5	6,6	1,6	1,2	1,2	1,2	900	0	0	60,48	0		
29	144	0,001			6,4	6,5	6,6	4	6,6	1,4	1,2	1,2	1,2	900	0	0	60,48	0		
30	216	0,002			6,5	6,6	6,7	3,8	6,6	1,2	1,4	1,2	1,2	900	0	0	60,48	0		
31	216	0,001			6,5	6,6	6,7	3,7	6,7	1,2	1,2	1,2	1,2	900	0	0	60,48	0		
TOTAL	4664	0,044	64	1,2				4,43	6,61	1,44	1,45	1,23		893	0	0	1852,2	22,68		
MÉDIA	150,5	0,001															59,75			
VOLUME MÉDIA TRATADA L / S					VOLUME MÉDIO RECIRC. M3					MÉDIA DE FUNCIONAMENTO DA FALTA DE ENERGIA					OCCORRÊNCIAS ELETROMECÂNICAS					
1,74					1,2					740 h					MÊS/ANO					
					1852,2										Mar. / 02					
FEITO POR :					VISTO :					SETOR DE PRODUÇÃO SÃO SOJÉ DOS CAMPOS					ETE - JD. DAS FLORES					

CONTROLE MENSAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO ANEXO - E																			
DIA	VOLUME (M³)				pH	DIGESTOR	EFLUENTE	OXIGÊNIO DISSOLVIDO mg/l				SÓLIDOS SED. ml /l				RECIRCULAÇÃO (M3)			
	TOTAL TRATADO	SÓLIDOS RETIDOS	DESC. LEITO DE SECAGEM	LODO DESIDRAT.				INFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DIGESTOR
1	144	0,002			6,3	6,4	6,5	6,5	6,5			1,8	3,2		0	0	60,48	0	
2	216	0,002	32	0,6	6,4	6,5	6,6	6,4	6,6			2,2	3,6		0	0	28,48	32	
3	216	0,002			6,3	6,4	6,6	6,3	6,5			2	2,8		0	0	60,48	0	
4	216	0,001			7,5	6,5	6,5	5,9	6,6			1,8	1,8		0	0	60,48	0	
5	144	0,001			6,4	6,6	6,6	5,8	6,5			2,2	4,2		0	0	60,48	0	
6	216	0,002			6,3	6,5	6,5	5,7	6,5			2,4	2,8		0	0	60,48	0	
7	144	0,001			6,4	6,6	6,6	4,9	6,4			3	2,6		0	0	60,48	0	
8	144	0,002			6,5	6,5	6,5	4,6	6,5			2,6	2,2		0	0	60,48	0	
9	144	0,002			6,4	6,4	6,5	4,7	6,6			2,2	3,4		0	0	60,48	0	
10	216	0,001			6,5	6,5	6,6	4,6	6,5			2,8	2,8		0	0	60,48	0	
11	216	0,001			6,4	6,6	6,7	4,5	6,4			3,6	2,6		0	0	60,48	0	
12	288	0,002			6,5	6,7	6,6	4,6	6,5			2,4	2,4		0	0	60,48	0	
13	216	0,001			6,4	6,6	6,5	4,3	6,4			1,6	2		0	0	60,48	0	
14	216	0,002			6,5	6,7	6,5	4,2	6,5			1,2	1,6		0	0	60,48	0	
15	144	0,001			6,4	6,6	6,6	4,3	6,5			2	3		0	0	60,48	0	
16	216	0,001	32	0,5	6,5	6,7	6,7	6,7	6,6			2,6	3,6		0	0	28,48	32	
17	216	0,002			6,4	6,5	6,5	6,7	6,7			2,4	2,4		0	0	60,48	0	
18	216	0,001			7,4	6,8	6,6	6,3	6,8			1,2	2,4		0	0	60,48	0	
19	216	0,002			6,5	6,7	6,8	6,4	6,7			1,4	2,2		0	0	60,48	0	
20	144	0,001			6,4	6,6	6,7	6,5	6,6			1,2	2,3		0	0	60,48	0	
21	144	0,001			6,5	6,7	6,6	6,4	6,5			2,4	2,4		0	0	60,48	0	
22	144	0,001			6,6	6,8	6,5	5,3	6,8			2,2	3,2		0	0	60,48	0	
23	216	0,001			6,4	6,8	6,8	5,1	6,8			2,4	1,8		0	0	60,48	0	
24	144	0,002			6,3	6,7	6,8	4,8	6,7			2,8	2,4		0	0	60,48	0	
25	216	0,001			6,5	6,8	6,7	4,7	6,6			2,2	3,2		0	0	60,48	0	
26	144	0,002			6,4	6,7	6,6	4,6	6,7			2,4	2,8		0	0	60,48	0	
27	216	0,001			6,5	6,9	6,8	4,6	6,7			1,2	3,6		0	0	60,48	0	
28	144	0,001			6,5	6,9	6,9	4,7	6,9			1,4	1,8		0	0	60,48	0	
29	144	0,001			6,5	6,9	6,9	4,7	6,9			1	2		0	0	60,48	0	
30	216	0,002	32	0,7	6,4	6,8	6,8	6,6	6,7			2,2	2,2		0	0	28,48	32	
31																			
TOTAL	5616	0,043	96	1,8	6,50	6,65	6,64	5,38	6,61	#DIV/0!	2,09	2,64	964	0	0	0	1718,4	96	
MÉDIA	187,2	0,001															57,28		
VIAZAO MÉDIA TRATADA L/S					VOLUME MÉDIO RECIRC. M3					MÉDIA DE FUNCIONAMENTO DA FALTA DE ENERGIA					OCORRÊNCIAS ELETROMECÂNICAS				
2,17					1718,4					0					0				
FEITO POR :					VISTO :					SETOR DE PRODUÇÃO SÃO SOJÉ DOS CAMPOS					ETE - JD. DAS FLORES				

CONTROLE MENSAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO																			
ANEXO - E																			
DIA	VOLUME (M³)				pH				OXIGÊNIO DISSOLVIDO mg/l.				SÓLIDOS SED. ml/l.				RECIRCULAÇÃO (M3)		
	TOTAL	SÓLIDOS	DESC. LEITO	LODO	INFLUENTE	TQ. AE	DEC.	DIGESTOR	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DIGESTOR	TQ. AE	DIGESTOR
	TRATADO	RETIDOS	DE SECAGEM	DESIDRAT.															
1	144	0,002			6,6	6,8	6,7	6,5	6,6	1,4	1,8	1,8	960	0	0	60,48	0		
2	216	0,002			6,5	6,9	6,6	6,4	6,6	1,8	2,2	2,2	960	0	0	151,2	0		
3	216	0,002			6,5	6,8	6,6	6,3	6,6	1,6	2,2	2,2	960	0	0	151,2	0		
4	144	0,001			6,6	6,7	6,6	5,9	6,6	1,8	2,2	2,2	950	0	0	151,2	0		
5	216	0,001			6,7	6,6	6,6	5,8	6,6	2,2	1,8	1,8	960	0	0	151,2	0		
6	144	0,002			6,6	6,7	6,5	5,7	6,5	2,4	1,6	1,6	960	0	0	151,2	0		
7	216	0,001			6,6	6,6	6,6	4,9	6,6	1,8	1,8	1,8	960	0	0	151,2	0		
8	144	0,002			6,6	6,7	6,6	4,6	6,6	1,8	2,2	2,2	960	0	0	151,2	0		
9	144	0,002			6,6	6,5	6,6	4,7	6,6	2,2	2,4	2,4	970	0	0	151,2	0		
10	216	0,001			6,5	6,6	6,6	4,6	6,5	2,8	2,4	2,4	950	0	0	151,2	0		
11	144	0,001			6,5	6,7	6,7	4,5	6,6	3,6	2,6	2,6	970	0	0	151,2	0		
12	144	0,002			6,5	6,7	6,6	4,6	6,5	1,8	2,4	2,4	970	0	0	151,2	0		
13	144	0,001			6,6	6,8	6,5	4,3	6,6	1,6	2,2	2,2	980	0	0	151,2	0		
14	216	0,002			6,5	6,7	6,6	4,2	6,5	1,2	1,6	1,6	980	0	0	151,2	0		
15	216	0,001			6,4	6,8	6,6	4,3	6,5	1,8	1,6	1,6	970	0	0	151,2	0		
16	216	0,001	32	0,5	6,6	6,7	6,7	6,7	6,6	1,6	1,8	1,8	980	0	0	119,2	32		
17	144	0,002			6,4	6,6	6,6	6,7	6,7	2,4	2,2	2,2	970	0	0	151,2	0		
18	144	0,001			6,7	6,8	6,6	6,3	6,7	1,2	2,2	2,2	980	0	0	151,2	0		
19	144	0,002			6,5	6,7	6,8	6,4	6,7	1,4	1,8	1,8	980	0	0	151,2	0		
20	144	0,001			6,6	6,6	6,7	6,5	6,6	1,2	2,3	2,3	970	0	0	151,2	0		
21	216	0,001			6,5	6,7	6,6	6,4	6,6	1,8	1,6	1,6	980	0	0	151,2	0		
22	144	0,001			6,6	6,8	6,6	5,3	6,8	1,6	1,8	1,8	970	0	0	151,2	0		
23	216	0,001			6,5	6,8	6,8	5,1	6,8	1,8	1,8	1,8	970	0	0	151,2	0		
24	144	0,002			6,6	6,7	6,8	4,8	6,7	1,4	2,2	2,2	980	0	0	151,2	0		
25	216	0,001			6,7	6,8	6,7	4,7	6,7	2,2	2,2	2,2	980	0	0	151,2	0		
26	144	0,002			6,9	6,7	6,6	4,6	6,7	1,8	2,8	2,8	960	0	0	151,2	0		
27	144	0,001			6,9	6,6	6,7	4,6	6,8	1,2	1,8	1,8	970	0	0	151,2	0		
28	144	0,001			6,8	6,7	6,6	4,7	6,7	1,4	1,8	1,8	970	0	0	151,2	0		
29	144	0,001			6,7	6,8	6,7	4,7	6,7	1,6	1,6	1,6	960	0	0	151,2	0		
30	144	0,002			6,7	6,7	6,6	4,5	6,7	2,2	1,8	1,8	960	0	0	151,2	0		
31	144	0,001			6,9	6,6	6,7	4,6	6,8	1,2	1,8	1,8	970	0	0	151,2	0		
TOTAL	5256	0,044	32	0,5	6,61	6,71	6,64	5,29	6,64	#DIV/0!	1,80	2,02	968	0	0	4564,48	32		
MÉDIA	168,5	0,001			6,61	6,71	6,64	5,29	6,64							4564,48		147,24	
VAZÃO MÉDIA TRATADA L/S					VOLUME MÉDIO RECIRC. M3					MÉDIA DE FUNCIONAMENTO DA FALTA DE ENERGIA					OCORRÊNCIAS ELETROMECÂNICAS				
1,96					0,5					0					0				
FEITO POR :					VISTO :					SETOR DE PRODUÇÃO SÃO JOJÉ DOS CAMPOS					ETE - JD. DAS FLORES				

saaborp

CONTROLE MENSAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO

ANEXO - E

DIA	VOLUME (M³)				pH				OXIGÊNIO DISSOLVIDO mg/l				SÓLIDOS SED. ml /l				RECIRCULAÇÃO (M3)		
	TOTAL	SÓLIDOS	DESC. LEITO	LODO	INFLUENTE	TQ. AE	DEC.	DIGESTOR	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DIGESTOR		
	TRATADO	RETIDOS	DE SECAGEM	DESIDRAT.															
1	144	0.002			6.5	6.6	6.7	6.5	6.5		1.4	1.8	960	0	0	60.48	0		
2	216	0.002			6.6	6.7	6.6	6.4	6.6		1.6	1.8	970	0	0	151.2	0		
3	216	0.002			6.5	6.6	6.6	6.3	6.6		1.4	1.6	960	0	0	151.2	0		
4	144	0.001			6.6	6.7	6.6	6.2	6.6		1.6	1.8	960	0	0	151.2	0		
5	144	0.001			6.7	6.8	6.6	6.1	6.6		1.6	1.8	960	0	0	151.2	0		
6	144	0.002			6.5	6.7	6.5	6	6.5		1.8	1.6	970	0	0	151.2	0		
7	144	0.001			6.6	6.6	6.6	5.9	6.6		1.8	1.8	970	0	0	151.2	0		
8	144	0.002			6.6	6.7	6.6	5.6	6.6		1.8	2.2	960	0	0	151.2	0		
9	144	0.002			6.5	6.6	6.6	5.5	6.6		1.8	1.6	970	0	0	151.2	0		
10	216	0.001			6.5	6.6	6.6	5.5	6.5		1.6	1.8	960	0	0	151.2	0		
11	144	0.001			6.5	6.7	6.7	5.4	6.6		1.8	1.8	970	0	0	151.2	0		
12	144	0.002			6.5	6.7	6.6	5.4	6.6		1.6	2.2	980	0	0	151.2	0		
13	144	0.001		0.6	6.6	6.8	6.5	5.3	6.6		1.4	1.6	980	0	0	151.2	0		
14	216	0.002			6.5	6.7	6.6	5.2	6.6		1.2	1.4	970	0	0	151.2	0		
15	216	0.001			6.6	6.8	6.6	5.2	6.5		1.8	1.6	970	0	0	151.2	0		
16	216	0.001	32		6.6	6.7	6.7	4.9	6.6		1.6	1.8	970	0	0	119.2	32		
17	144	0.002			6.4	6.6	6.6	4.9	6.7		1.8	1.8	980	0	0	151.2	0		
18	144	0.001			6.5	6.8	6.6	4.8	6.7		1.2	2.2	960	0	0	151.2	0		
19	144	0.002			6.5	6.7	6.8	4.7	6.7		1.4	1.8	950	0	0	151.2	0		
20	144	0.001			6.6	6.6	6.7	4.6	6.6		1.4	1.8	950	0	0	151.2	0		
21	216	0.001			6.5	6.7	6.6	4.6	6.6		1.6	1.8	970	0	0	151.2	0		
22	144	0.001			6.5	6.8	6.6	4.6	6.6		1.6	1.8	960	0	0	151.2	0		
23	144	0.001			6.5	6.8	6.8	4.5	6.8		1.8	1.8	960	0	0	151.2	0		
24	144	0.002			6.6	6.7	6.8	4.5	6.6		1.4	2.2	970	0	0	151.2	0		
25	216	0.001			6.5	6.8	6.7	4.5	6.7		2.2	1.8	970	0	0	151.2	0		
26	144	0.002			6.6	6.7	6.6	4.6	6.7		1.8	2.2	970	0	0	151.2	0		
27	144	0.001			6.6	6.6	6.7	4.5	6.8		1.2	1.8	970	0	0	151.2	0		
28	144	0.001			6.7	6.7	6.6	4.4	6.7		1.4	1.8	970	0	0	151.2	0		
29	144	0.001			6.7	6.8	6.7	4.4	6.7		1.6	1.6	970	0	0	151.2	0		
30	144	0.002			6.6	6.7	6.6	4.5	6.6		1.4	1.8	980	0	0	151.2	0		
31																			
TOTAL	4896	0.043	32	0.6	6.56	6.69	6.64	5.18	6.62	#DIV/0!	1.59	1.81	967	0	0	4413.28	32		
MÉDIA	163.2	0.001														147.11			
VIAZAO MÉDIA TRATADA L/S					0.6	VOLUME MÉDIO RECIRC. M3				MÉDIA DE FUNCIONAMENTO DA FALTA DE ENERGIA				OCCORRÊNCIAS ELETROMECÂNICAS				MÊS/ANO	
1.89										0				0				Jun/02	
FEITO POR :					VISTO :					SETOR DE PRODUÇÃO SÃO SOJÉ DOS CAMPOS					ETE - JD. DAS FLORES				

CONTROLE MENSAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO ANEXO - E																			
DIA	VOLUME (M³)				pH				OXIGÊNIO DISSOLVIDO mg/l.				SÓLIDOS SED. ml / l.				RECIRCULAÇÃO (M³)		
	TOTAL TRATADO	SÓLIDOS RETIDOS	DESC. LEITO DE SECAGEM	LODO DESIDRAT.	INFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	DIGESTOR	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DIGESTOR	
1	216	0,002			6,9	7,1	7,2	4,7	7,1	1,6	1,3	960	0	0	0	0	60,48	0	
2	144	0,002			6,8	6,7	6,4	4,6	6,6	1,8	3,4	970	0	0	0	0	151,2	0	
3	144	0,002			6,7	6,6	6,5	4,5	6,5	4	3,2	960	0	0	0	0	151,2	0	
4	144	0,001			6,6	6,5	6,6	4,6	6,6	4,4	2,8	960	0	0	0	0	151,2	0	
5	144	0,001			6,5	6,5	6,6	4,6	6,7	1,6	1,8	960	0	0	0	0	151,2	0	
6	144	0,002			6,7	6,5	6,6	4,6	6,6	4	3,2	970	0	0	0	0	151,2	0	
7	144	0,001			6,8	6,6	6,4	4,5	6,7	4,4	2,8	970	0	0	0	0	151,2	0	
8	144	0,002			6,7	6,5	6,6	4,4	6,8	1,8	2,2	960	0	0	0	0	151,2	0	
9	144	0,002			6,6	6,6	6,7	4,4	6,8	4,4	4,8	970	0	0	0	0	151,2	0	
10	144	0,001			6,4	6,8	6,7	4,3	6,6	1,6	2,4	970	0	0	0	0	151,2	0	
11	144	0,001			6,5	6,7	6,6	4,5	6,5	1,8	1,8	970	0	0	0	0	151,2	0	
12	144	0,002			6,5	7	6,5	4,6	6,6	1,6	2,2	980	0	0	0	0	151,2	0	
13	216	0,001			6,6	6,8	6,5	4,5	7	1,4	1,6	980	0	0	0	0	151,2	0	
14	144	0,002			6,6	6,7	6,6	4,6	6,6	1,2	1,4	970	0	0	0	0	151,2	0	
15	216	0,001			6,6	6,8	6,6	4,5	6,5	1,8	1,6	970	0	0	0	0	151,2	0	
16	144	0,001			6,6	6,7	6,7	4,4	6,6	1,6	1,8	970	0	0	0	0	119,2	32	
17	144	0,001			6,4	6,6	6,6	4,3	6,7	1,8	1,8	980	0	0	0	0	151,2	0	
18	144	0,001			6,5	6,8	6,6	4,5	6,7	1,5	2,9	950	0	0	0	0	151,2	0	
19	144	0,002			6,5	6,7	6,8	3,6	6,7	2,4	2,8	950	0	0	0	0	151,2	0	
20	144	0,001			6,6	6,6	6,7	3,6	6,6	2	3,2	950	0	0	0	0	151,2	0	
21	144	0,001			6,5	6,7	6,6	3,7	6,6	1,9	3,1	970	0	0	0	0	151,2	0	
22	144	0,001			6,5	6,8	6,6	3,8	6,6	2	3	960	0	0	0	0	151,2	0	
23	216	0,001			6,5	6,8	6,8	3,7	6,8	2,2	2,8	960	0	0	0	0	151,2	0	
24	144	0,002			6,6	6,7	6,8	3,7	6,6	2,4	2,2	970	0	0	0	0	151,2	0	
25	144	0,001			6,5	6,8	6,7	3,6	6,7	2,2	2,8	970	0	0	0	0	151,2	0	
26	144	0,002			6,6	6,7	6,6	3,5	6,7	2,4	2,4	970	0	0	0	0	151,2	0	
27	216	0,001			6,6	6,6	6,7	3,6	6,8	3,6	2,6	970	0	0	0	0	151,2	0	
28	144	0,001			6,7	6,7	6,6	3,6	6,7	3,4	2,8	970	0	0	0	0	151,2	0	
29	144	0,001			6,7	6,8	6,7	3,6	6,7	3,4	2,6	970	0	0	0	0	151,2	0	
30	144	0,002			6,6	6,7	6,6	3,6	6,6	2,2	2,4	980	0	0	0	0	151,2	0	
31	144	0,001			6,4	6,6	6,5	3,5	6,6	2,4	2,2	960	0	0	0	0	151,2	0	
TOTAL	4824	0,043	0	0													4564,48	32	
MÉDIA	155,6	0,001			6,59	6,70	6,64	4,14	6,67	2,41	2,51	967	0	0	0	0	147,24		
VAZÃO MÉDIA TRATADA L/S					VOLUME MÉDIO RECIRC. M3					MÉDIA DE FUNCIONAMENTO DA BETA DE ENERGIA					OCORRÊNCIAS ELETROMECÂNICAS				
1,80					0					0					0				
FEITO POR :					VISTO :					SETOR DE PRODUÇÃO SÃO SOJÉ DOS CAMPOS					ETE - JD. DAS FLORES				
															MÊS/ANO jun/02				

CONTROLE MENSAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO																					
ANEXO - E																					
DIA	VOLUME (M³)				LODO	pH				OXIGÊNIO DISSOLVIDO, mg/l.				SÓLIDOS SED. ml /l.				RECIRCULAÇÃO (M3)			
	TOTAL TRATADO	SÓLIDOS Kg. dia	DESC. LEITO DE SECAGEM	DESIDRAT.		INFLUENTE	TQ. AE	DEC.	DIGESTOR	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DIGESTOR	TQ. AE	DIGESTOR	
1	216	3	32		6,5	6,7	6,6	3,6	6,8		2,2	2,4	960	0	0	151,2	0	151,2	0		
2	144	8			6,8	6,7	6,8	vazio	6,8		1,6	1,8	960	0	0	151,2	0	151,2	0		
3	288	5			6,7	6,6	6,7	vazio	6,7		2,2	2,8	960	0	0	151,2	0	151,2	0		
4	216	2			6,6	6,5	6,6	vazio	6,6		1,8	2	960	0	0	151,2	0	151,2	0		
5	216	1			6,5	6,5	6,7	vazio	6,7		3,2	2,8	960	0	0	151,2	0	151,2	0		
6	144	2			6,7	6,5	6,8	vazio	6,8		1,6	1,8	960	0	0	151,2	0	151,2	0		
7	144	1			6,8	6,6	6,6	vazio	6,7		2,2	2,4	960	0	0	151,2	0	151,2	0		
8	144	1			6,7	6,5	6,5	vazio	6,6		2,4	2,2	960	0	0	151,2	0	151,2	0		
9	216	2			6,6	6,6	6,6	vazio	6,7		2,8	2,6	960	0	0	151,2	0	151,2	0		
10	144	4			6,4	6,8	6,5	vazio	6,7		1	2,2	970	0	0	151,2	0	151,2	0		
11	144	2			6,5	6,7	6,7	vazio	6,7		3	2,4	970	0	0	151,2	0	151,2	0		
12	144	3			6,5	7	6,6	vazio	6,5		1,2	2,2	970	0	0	151,2	0	151,2	0		
13	144	2			6,6	6,8	6,5	vazio	6,7		2	3	970	0	0	151,2	0	151,2	0		
14	144	1,6			6,6	6,7	6,7	vazio	6,8		1	2,4	970	0	0	151,2	0	151,2	0		
15	144	3,7			6,6	6,8	6,6	vazio	6,7		2,4	2,6	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
16	144	1,6	32		6,6	6,7	6,7	6,5	6,8		2,2	1,8	970	0	0	119,2	32	151,2	0		
17	144	3,7			6,4	6,6	6,7	6,6	6,7		3	2	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
18	144	1,6			6,5	6,8	6,6	6,6	6,8		2,6	1,4	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
19	144	2,2			6,5	6,7	6,5	6,5	6,7		3	2,2	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
20	216	1,6		0,4	6,6	6,6	6,6	6,3	6,6		2,8	2	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
21	144	2,2			6,5	6,7	6,5	5,6	6,7		2	3	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
22	144	2,6			6,5	6,8	6,6	5,5	6,6		3,2	3,2	970	0	0	151,2	0	151,2	0		
23	216	1,9			6,5	6,8	6,4	4,6	6,6		1,2	1,6	970	0	0	151,2	0	151,2	0		
24	144	0,5			6,6	6,7	6,7	4,7	6,5		0,6	2	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
25	144	0,9			6,5	6,8	6,6	4,6	6,6		2,2	2,2	970	0	0	151,2	0	151,2	0		
26	144	0,6			6,6	6,7	6,7	4,5	6,7		2,4	3,4	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
27	216	1,1			6,6	6,6	6,6	5,5	6,6		2,2	4,2	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
28	144	1,4			6,7	6,7	6,7	5,6	6,7		0,6	1,4	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
29	144	1,5			6,7	6,8	6,8	5,2	6,6		3,6	2,4	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
30	144	1,9			6,6	6,7	6,6	5,5	6,7		3,6	3,4	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
31	144	1,6			6,4	6,6	6,5	5,4	6,8		3,4	3,4	980	0	0	151,2	0	151,2	0		
TOTAL	5112	68,2	64	0,4														4655,2	32		
MÉDIA	164,9	2,2			6,58	6,69	6,62	5,46	6,68	#DIV/0!	2,23	2,43	971	0	0	150,17					
VAZÃO MÉDIA TRATADA L/S					VOLUME MÉDIO RECIRC. M3					MÉDIA DE FUNCIONAMENTO DA PLANTA DE ENERGIA					OCORRÊNCIAS ELÉTRONICÁCIAS						
1,81					0,4					4655,2					0						
FEITO POR :					VISTO :					SETOR DE PRODUÇÃO SÃO JOJÉ DOS CAMPOS					ETE - JD. DAS FLORES						
															MÊS/ANO						
															ago/02						

sabesp

CONTROLE MENSAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO

ANEXO - E

DIA	VOLUME (M³)					pH										OXIGÊNIO DISSOLVIDO mg/l.				SÓLIDOS SED. ml / l.				RECIRCULAÇÃO (M3)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	TOTAL TRATADO	SÓLIDOS Kg. dia	DESC. LEITO DE SECAGEM	LODO	DESIDRAT.	INFLUENTE	TQ. AE	DEC.	pH	DIGESTOR	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	

CONTROLE MENSAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO																				
ANEXO - E																				
VOLUME (M³)					PARÂMETROS OPERACIONAIS										RECORCULAÇÃO (M3)					
DIA	TOTAL TRATADO	SÓLIDOS RETIDOS	DESC. LEITO DE SECAGEM	LODO DESIDRAT.	INFLUENTE	TQ. AE	DEC.	pH	DIGESTOR	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	TQ. AE	DEC.	DIGESTOR	
1	144				6,6	6,5	6,8	6,7		6,7	1,1	2,4	1,2	980	0	0	151,2	0		
2	144				6,7	6,6	6,7			6,8	1,2	2,4	3,8	980	0	0	151,2	0		
3	144	0,033			6,5	6,5	6,6			6,8	1,1	1,4	2,2	980	0	0	151,2	0		
4	172				6,5	6,5	6,6			6,7	1,2	3	3,2	980	0	0	151,2	0		
5	172				6,6	6,6	6,6			6,8	1,4	3,4	3	980	0	0	211,7	0		
6	144				6,6	6,6	6,6			6,6	1,2	3,2	2,6	980	0	0	211,7	0		
7	144				6,7	6,6	6,6			6,7	1,2	3,6	2,8	980	0	0	211,7	0		
8	144				6,5	6,6	6,5			6,7	1,1	1,8	3,2	980	0	0	231,8	0		
9	216				6,6	6,6	6,5			6,8	1,2	4,4	3,8	980	0	0	231,8	0		
10	144				6,5	6,6	6,6			6,9	1,1	4	3,4	980	0	0	231,8	0		
11	172	0,027			6,6	6,5	6,4			6,8	1,2	4,8	3,6	980	0	0	231,8	0		
12	216				6,6	6,5	6,6			6,9	1,2	1,6	2,2	980	0	0	231,8	0		
13	144				6,7	6,6	6,6			6,8	1,1	3,2	2,4	980	0	0	231,8	0		
14	144				6,9	6,7	6,7			6,8	1,2	4,4	3,2	980	0	0	231,8	0		
15	144				6,8	6,8	6,8			6,9	1,1	2,4	2,8	980	0	0	231,8	0		
16	144				6,8	6,6	6,6			6,7	1,2	2,2	3	980	0	0	231,8	0		
17	216	0,024			6,8	6,6	6,5			6,8	1,2	1,2	2,8	980	0	0	231,8	0		
18	216				6,5	6,7	6,7			6,7	1,1	4	3,2	980	0	0	231,8	0		
19	144				6,9	6,7	6,6			6,6	1,1	3,2	3,6	980	0	0	231,8	0		
20	144				6,8	6,6	6,8			6,7	1,4	2	3,4	980	0	0	231,8	0		
21	144	0,014			6,6	6,7	6,6			6,6	1,2	1,6	3	980	0	0	171,3	0		
22	144				6,7	6,6	6,6			6,6	1,2	3,4	4,4	980	0	0	171,3	0		
23	144				6,7	6,7	6,7			6,5	1,1	4,2	1,3	980	0	0	171,3	0		
24	144				6,9	6,7	6,6			6,6	1,2	4	4,4	980	0	0	171,3	0		
25	216	0,024			6,8	6,6	6,6			6,6	1,2	3,8	3,2	980	0	0	171,3	0		
26	216				6,9	6,7	6,6			6,5	1,4	4	2,2	980	0	0	171,3	0		
27	216				6,8	6,6	6,6			6,6	1,4	4,2	2,4	980	0	0	171,3	0		
28	144	0,023			6,5	6,7	6,7			6,7	1,2	4,4	2,6	980	0	0	171,3	0		
29	216				6,7	6,8	6,8			6,5	1,2	1,8	5,4	980	0	0	171,3	0		
30	216				6,7	6,6	6,6			6,5	1,2	2	4,8	980	0	0	171,3	0		
31																				
TOTAL	5052	0,145		0	6,68	6,62	6,63		#DIV/0!	6,68	1,20	3,07	3,10	980	0	0	5966,3	0		
MÉDIA	168,4	0,024																	198,88	
VAZÃO MÉDIA TRATADA L/S					0	VOLUME MÉDIO RECIRC. M3					MÉDIA DE FUNCIONAMENTO DA BOMBA DE ALTA DE ENERGIA					OCORRÊNCIAS ELETROMECÂNICAS				
1,96											720 H					0				
FEITO POR :					VISTO :					SETOR DE PRODUÇÃO SÃO SOJÉ DOS CAMPOS					ETE - JD. DAS FLORES					
															MÊS/ANO					
															nov/02					

CONTROLE MENSAL DE TRATAMENTO DE ESGOTO																				
ANEXO - E																				
VOLUME (M³)					PARÂMETROS OPERACIONAIS															
DIA	TOTAL TRATADO	SÓLIDOS RETIDOS	DESC. LEITO DE SECAGEM	LODO DESIDRAT.	INFLUENTE	TQ. AE	DEC.	pH	DIGESTOR	EFLUENTE	OXIGÊNIO DISSOLVIDO mg/l.	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	SÓLIDOS SED. ml /l.	TQ. AE	DEC.	EFLUENTE	RECIRCULAÇÃO (M3)	
1	72				7,1	7,3	7,3	2,7	7,3	1,4	0	3,4	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
2	144	0,033			7,4	7,2	7,1	2,4	7,2	2,2	0	2,4	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
3	144				7,2	7,2	7,1	2,5	7,1	3,2	0	3	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
4	144				7,1	7,2	7,1	2,4	7,1	4	0	2,4	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
5	144	0,015			7	7,2	7,2	2,3	7,2	1,4	0	2,6	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
6	144	0,02			7	7,2	7,3	2,7	7,2	3,6	0	2,6	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
7	144	0,015			7,1	7,2	7,2	2,5	7,2	2,4	0	3,2	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
8	72				7,2	7,3	7,3	2,7	7,2	4,2	0	3	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
9	72				7,8	7,2	7,1	2,5	7,2	1,6	0	3	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
10	144				7,3	7,2	7,1	2,5	7,1	4,2	0	3,6	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
11	72				7,1	7,1	7,1	2,4	7	0,8	0	3,3	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
12	72				7,2	7,1	7,1	2,3	7,1	2,2	0	2,4	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
13	144	0,073			7,1	7,1	7,1	2,4	7,2	2,3	0	2,5	980	0	0	171,3	0	0	171,3	0
14	72				7,1	7,1	7,1	2,3	7,1	2,4	0	3,4	980	0	0	715,9	0	0	715,9	0
15	72				7,2	7,2	7,1	2,4	7,1	2,2	0	2,3	980	0	0	715,9	0	0	715,9	0
16	144	0,03			7,1	7,1	7,2	2,6	7,2	3,6	0	2,4	980	0	0	715,9	0	0	715,9	0
17	72				7,2	7,1	7,1	2,5	7,1	4,2	0	3,2	980	0	0	715,9	0	0	715,9	0
18	72				7,1	7,1	7,1	2,6	7,1	4	0	3,2	980	0	0	715,9	0	0	715,9	0
19	144				7,1	7,1	7,2	2,6	7,1	3,4	0	4,6	980	0	0	715,9	0	0	715,9	0
20	144				7,2	7,1	7,1	2,5	7,2	2,6	0	3,4	980	0	0	715,9	0	0	715,9	0
21	72	0,031			7,1	7,2	7,1	2,6	7,1	3,2	0	2,6	980	0	0	715,9	0	0	715,9	0
22	144				7,1	7,2	7,2	2,6	7,1	3,6	0	3,8	980	0	0	715,9	0	0	715,9	0
23	72				7,1	7,1	7,1	2,5	7,1	3,2	0	4	980	0	0	715,9	0	0	715,9	0
24	144									0	0			0	0			0		0
25	144	0,04			7,2	7,3	7,2	2,7	7,3	0,4	0	1,2	980	0	0	231,8	0	0	231,8	0
26	72	0,042			7,4	7,3	7,2	2,6	7,2	1,6	0	2,2	980	0	0	231,8	0	0	231,8	0
27	144				7,3	7,4	7,3	2,6	7,4	3	0	4,2	980	0	0	231,8	0	0	231,8	0
28	216				7,3	7,6	7,4	2,5	7,4	0,5	0	1,5	980	0	0	231,8	0	0	231,8	0
29	216									0	0			0	0	0	0	0	0	0
30	144				7,2	7,5	7,4	2,5	7,5	3,4	0	1,8	980	0	0	231,8	0	0	231,8	0
31	144				7,2	7,5	7,5	2,4	7,5	2,8	0	3	980	0	0	231,8	0	0	231,8	0
TOTAL	3744	0,299	0	0	7,19	7,22	7,19	2,51	7,19	0,00	2,68	2,90	980	0	0	10776,7	0	0	371,61	0
MÉDIA	120,8	0,033																		
VAZÃO MÉDIA TRATADA L/S					VOLUME MÉDIO RECIRC. M3			MÉDIA DE FUNCIONAMENTO DA FALTA DE ENERGIA			OCORRÊNCIAS ELETROMECÂNICAS			MÊS/ANO			dez/02			
1,40					0			744 horas			0									
FEITO POR :					VISTO :					SETOR DE PRODUÇÃO SÃO JOJÉ DOS CAMPOS					ETE - JD. DAS FLORES					