UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

HELVÉCIO CARVALHO DE SENA

RECEBIMENTO DE LODO DE ETA EM ETE POR LODO ATIVADO
OPERANDO COM MÍDIA PLÁSTICA NO TANQUE DE AERAÇÃO
(MBBR)

São Paulo

2011

HELVÉCIO CARVALHO DE SENA

**RECEBIMENTO DE LODO DE ETA EM ETE POR LODO ATIVADO
OPERANDO COM MÍDIA PLÁSTICA NO TANQUE DE AERAÇÃO
(MBBR)**

Tese apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia.

Área de Concentração:

Engenharia Hidráulica e Sanitária

Orientador:

Prof. Dr. Roque Passos Piveli

São Paulo

2011

FICHA CATALOGRÁFICA

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, 23 de maio de 2011.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

Sena, Helvécio Carvalho

Recebimento de lodo de ETA em ETE por lodo ativado operando com mídia plástica no tanque de aeração (MBBR) / H.C. Sena. -- ed.rev. -- São Paulo, 2011.

373 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

1. Lodo (Tratamento) 2. Lodo ativado 3. Tanques de aeração I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária II. t.

A minha mãe a qual devo minha garra e perseverança.

Ao meu pai (in memoriam) com muita saudade.

Ao meu filho Rodrigo que os ares do Amazonas lhe proporcionem o aprendizado necessário para a vida! Que possa sentir o amor e orgulho que tenho.

Descrever é impossível!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha esposa Lúcia Maria de Campos Fragoso, pela paciência e compreensão de tantos momentos de ausência e muito obrigado pela brilhante revisão.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Roque Passos Piveli cuja personalidade é impar e inspiradora, além de um excelente profissional não perde de vista o bom humor e a simpatia.

Aos Prof. Dr. Pedro Além Sobrinho e Prof. Dr. Sidney Seckler Ferreira Filho, profissionais que transmitem seus conhecimentos em aulas importantíssimas, por serem consideradas “puxadas” dão a todos os alunos o conhecimento básico para galgar desafios.

A Prof. Dra. Dione pelo conhecimento transmitido de forma clara e objetiva, sendo sempre simpática e predisposta ajudar a todos.

A equipe do laboratório da ETE Barueri, que mesmo com a intensa rotina diária, não mediram esforços para atendimento das análises que dão base a esta tese, em nome do então Encarregado Francisco Novais congratulo a todos.

A equipe da operação da ETE Barueri, que durante 24 horas por dia fez os ajustes necessários na ETE Piloto, este trabalho foi fundamental nesta pesquisa. Em nome do então Encarregado Fábio Alceu Akiyama, agradeço a todos.

RESUMO

SENA, H.C. **RECEBIMENTO DE LODO DE ETA EM ETE POR LODO ATIVADO OPERANDO COM MÍDIA PLÁSTICA NO TANQUE DE AERAÇÃO (MBBR)**. 2011. 423 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

O tratamento do lodo gerado em estações de tratamento de água para abastecimento (ETAs) é uma questão a ser equacionada em todo o território nacional.

O tratamento desses lodos em estações de tratamento de esgoto (ETEs) é uma alternativa a ser estudada, pois pode levar a uma solução eficaz e de custos reduzidos se compararmos aos custos de implantação e operação de um sistema de tratamento de lodos nas próprias ETAs.

O recebimento de lodo de ETAs em ETEs é feito em algumas ETEs dos Estados Unidos, porém no Brasil ainda são escassos estudos específicos para sanar as questões técnicas envolvidas tanto na etapa aeróbia quanto na anaeróbia.

O sistema de tratamento de esgotos por lodos ativados utilizando mídia plástica como meio suporte ao crescimento microbológico é outro atrativo ao recebimento de lodo de ETA em uma ETE, visto que estudos demonstram que este tipo de variante é capaz de tratar maior carga orgânica, sem sofrer qualquer inibição de processo.

O presente estudo avaliou o recebimento de até 400 mg de SST de lodo de ETA por litro de esgoto em um sistema utilizando mídia plástica como meio suporte. O lodo de ETA utilizado foi proveniente de sistemas que utilizaram sais de Ferro e de Alumínio em seus processos.

Não foi observada qualquer inibição no processo aeróbio quanto à remoção de matéria orgânica ou nitrogenada com o recebimento de lodo de ETA em qualquer concentração e operando um sistema com mídia plástica.

A carga de $\text{DBO}_{5,20}$ aplicada ao reator biológico ficou entre 1,7 a 15,3 $\text{gDBO}_{5,20}/\text{m}^2/\text{dia}$, e a concentração média da $\text{DBO}_{5,20}$ no efluente final esteve em todo o período do experimento em 34 mg/L.

Com a utilização da mídia plástica o processo de nitrificação teve taxas de remoção passando de 0,9 gNKT/m²/dia para 1,7 gNKT/m²/dia, portanto aumento de 95%.

A avaliação do lodo gerado no decantador primário da ETE Piloto demonstra que houve alteração em sua composição, principalmente na relação de SV/ST e o aumento na concentração de metais, principalmente o elemento Ferro. Estas características podem levar à inibição o processo anaeróbio.

O teste de Atividade Metanogênica Específica (AME) realizada com dosagens de 0,4 g e 0,8 g de ST de lodo de ETA demonstra que há inibição da metanogênese para concentrações acima de 0,4 g de ST. A concentração na qual não se observou efeito negativo corresponde a 10% da quantidade mássica que o digestor anaeróbio foi alimentado.

Porém o teste de AME reproduz toxicidade aguda, não considerando a possível adaptação que pode ocorrer ou mesmo demonstrar que um esgoto que, em primeira análise é considerado biodegradável, tem na realidade toxicidade crônica.

A operação do sistema utilizando mídia plástica levou a uma redução na produção de lodo na ordem de 57%. Antes da maturação do biofilme a produção era de 0,19 g SSV/g DQO removida e passou para 0,09 g SSV/g DQO removida.

Palavras-chave: Lodo de ETA, Mídia Plástica, Tratamento de Lodo de ETA, Lodos Ativados, MBBR.

ABSTRACT

SENA, H.C. **RECEIVING WTP SLUDGES IN WWTP BY ACTIVATED SLUDGE OPERATING WITH PLASTIC MEDIUM IN THE AERATION TANK (MBBR)**. 2011. 423 f. TURNING PAPER – THESIS - (DOCTORATE) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

An issue to be taken into account, regarding the continental size of the country is the sludge treatment generated in water treatment plants (WTPs).

The treatment of the aforementioned sludge which is held in water treatment plant (WWTP) is a valid alternative considering its costs and efficacy as opposed to the budgetary considerations for the sludge treatment in the WTPs alone.

The reception of the sludge from WTP into WWTPs, is done by some North Americans WWTPs, in Brazil, nonetheless, such specific studies are of short supply to heal the technical questions regarding both the anaerobic and also the aerobic processes.

The activated sludge operational sewage system with plastic medium as means to aid the microbiologic development, also entices the reception of sludge from WTP into WWTPs, given the fact that some studies have demonstrated this variant type capable of treating a much bigger organic load not even suffering any inhibition over the process.

This current study evaluated the reception of a sum up to 400 mg (milligrams) of sludge TSS by sewage liter in a plastic medium as means to aid such process. The sludge from WTP used in here came from systems which utilized Iron and aluminum salt in their processes.

Any inhibition regarding the removal of organic or nitrogenated matter in the aerobic process operated with the plastic medium system with the reception of sludge from WTP was observed and/or noticed

The $BOD_{5,20}$ charge which was applied to the biological reactor ranked between 1,7 to 15,3 $gDBO_{5,20}/m^2/day$, and the $BOD_{5,20}$ average concentration into the final effluent was all the time the experiment was going on in 34 mg/L.

Regarding the usage of plastic medium over the nitrification process, removal which “jumped” from 0,9 $gNKT/m^2/day$ to 1,7 $gNKT/m^2/day$, thus an increase of 95%.

The evaluation of the sludge generated from the WWTP's primary settling tank demonstrates alteration in its composition, mainly related to VS/TS and the metal concentration augmentation, iron being the most present element in here.

Such characteristics may lead to an inhibition regarding the anaerobic process.

The specific methanogenic activity (SMA) taking into account the dosages: 0, 4 g and 0, 8 g of TS sludge from WTP shows methanogenesis inhibition for concentrations superior to 0, 4 g of TS.

10% of mass quantity is the amount which no negative effect was noticed when feeding the anaerobic digester.

The SMA test, however, reproduces acute toxicity, not taking into account the possible adaptation that may occur or even demonstrate that the sewage which at first instance could be considered biodegradable is in its real sense chronically toxic.

The activated sludge operating with plastic medium has lead the sludge production to reduction of around 57%, before the biofilm maturation the production was 0,19 g VSS/g COD removed and it was upgraded to 0,09 g VSS/g COD removed.

Key-Words: WTP Sludge, Plastic Medium , WTP Sludges in WWTP, Activated Sludge, MBBR.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. LODO GERADO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA	3
3.2. INFLUÊNCIA DA CONFIGURAÇÃO DA ETA NA GERAÇÃO DE LODOS	6
3.2.1. Caracterização de Lodo de ETA	13
3.3. SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS.....	16
3.3.1. Classificação dos Sistemas de Tratamento de Esgotos	16
3.3.2. Decantadores Primário e Secundário	17
3.3.3. Lodos Ativados	19
3.3.3.1. Descrição do Processo	20
3.3.3.1.1. Classificação	21
Quanto à Idade do Lodo	22
Quanto ao Fluxo	22
Quanto à Biomassa.....	22
• Lodo Ativado Convencional	22
• Lodos Ativados por Aeração Prolongada	23
• Lodo Ativado por Batelada	24
• Lodo Ativado com Leito Fixo	25
• Lodo Ativado com Leito Móvel	26
3.3.4. Reator Aeróbio de Leito Móvel - RALM	29
3.3.5. Sistema de Tratamento de Lodos Gerados em Estações de Tratamento de Esgotos.....	42
3.3.5.1. Adensadores de Lodos de ETEs.....	42
3.3.5.2. Digestão Anaeróbia de Lodos de ETEs.....	44
3.3.5.2.1. Influência de Fatores na Digestão Anaeróbia	50
3.3.5.3. Condicionamento de Lodos de ETEs.....	54
3.3.5.4. Desaguamento de Lodos Provenientes de Estações de Tratamento de Esgotos ou Estações de Tratamento de Água	55
3.4. DISPOSIÇÃO DE LODO GERADO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS	59
3.4.1. Equalização e Encaminhamento dos Lodos da ETA para a ETE	63
3.4.2. Efeito do Recebimento de Lodo de ETA sobre o Tratamento de Esgotos.....	64
3.4.2.1. Efeitos sobre a Decantação	66
3.4.2.2. Efeitos sobre a Remoção de Matéria Orgânica – $DBO_{5,20}$ e DQO	69
3.4.2.3. Efeitos sobre a Remoção de Fósforo	70
3.4.2.4. Efeitos no Processo de Desnitrificação Biológica	71
3.4.3. Possíveis Modificações da Qualidade do Lodo da ETE	72
3.4.3.1. Efeitos sobre a Produção e Desaguamento do Lodo	72
3.4.3.2. Efeitos sobre a Digestão Anaeróbia do Lodo	74
3.4.3.2.1. Atividade Metanogênica Específica - AME	76
4. MATERIAIS E MÉTODOS	78
4.1. ETE PILOTO.....	78
4.1.1. Detalhamento da ETE Piloto	79
4.1.2. Dimensionamento do Decantador Primário	82
4.1.3. Dimensionamento do Reator Biológico	82
4.1.4. Dimensionamento do Decantador Secundário	83
4.2. Metodologia.....	84

4.3.	AMOSTRAS DE LODO DAS ETAs ABV E GUARAU	86
4.4.	MONITORAMENTO	88
4.4.1.	PONTOS DE COLETA E ANÁLISES REALIZADAS NA ETE PILOTO	88
4.4.2.	METODOLOGIAS UTILIZADAS NA DETERMINAÇÃO ANALÍTICA	89
4.4.3.	ATIVIDADE METANOGÊNICA ESPECÍFICA - AME	90
4.4.3.1.	CONDIÇÕES CROMATOGRAFICAS – DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METANO	92
4.4.3.2.	RETA PADRÃO PARA O GÁS METANO	92
4.4.3.3.	METODOLOGIA PARA CÁLCULO DA ATIVIDADE METANOGÊNICA ESPECÍFICA	93
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	95
5.1.	CARACTERIZAÇÃO DO LODO DAS ETAs UTILIZADO NA PESQUISA	95
5.2.	CONDIÇÕES HIDRÁULICAS OPERACIONAIS ANTES E APÓS A ADIÇÃO DE LODO DE ETA	99
5.2.1.	Condições Hidráulicas no Decantador Primário	99
5.2.2.	Condições Hidráulicas no Reator Biológico	102
5.2.3.	Avaliação das Condições Hidráulicas	105
5.3.	AValiação DA DECANTAÇÃO PRIMÁRIA	105
5.3.1.	Operação do Decantador Primário	105
5.3.2.	Variáveis Monitoradas em Campo	105
5.3.2.1.	Parâmetro pH	105
5.3.2.2.	Parâmetro Sólidos Sedimentáveis	108
5.3.3.	Variáveis Monitoradas em Laboratório	112
5.3.3.1.	Parâmetros Sólidos Totais – ST e Sólidos Voláteis - SV	112
5.3.3.2.	Parâmetros Sólidos Suspensos Totais – SST e Sólidos Suspensos Voláteis – SSV e Sólidos Suspensos Fixos - SSF	121
5.3.3.3.	Parâmetros DQO e DBO _{5,20}	128
5.3.3.4.	Parâmetros Nitrogênio e Fósforo	136
5.3.4.	Avaliação do Lodo Primário	145
5.3.4.1.	Parâmetros DQO, ST, SV e SF	145
5.3.4.2.	Parâmetros Metais	151
5.4.	AValiação DO PROCESSO BIOLÓGICO	155
5.4.1.	Condições de Operação do Processo Biológico	155
5.4.1.1.	Concentração de Oxigênio Dissolvido	156
5.4.1.2.	Sólidos Sedimentáveis - SS	157
5.4.1.3.	Concentração de Sólidos Suspensos Totais e Voláteis – SST e SSV	159
5.4.1.4.	Índice Volumétrico do Lodo - IVL	170
5.4.1.5.	Tempo de Retenção Celular Aparente – $\theta_{c,apa}$	172
5.4.1.5.1.	Concentração de Sólidos Suspensos Totais e Voláteis no Efluente Final	173
5.4.1.5.2.	Tempo de Retenção Celular Aparente	175
5.4.1.6.	Relação Aparente entre Alimento/Microrganismos – A/M_{apa}	179
5.4.2.	Desempenho do Sistema Biológico	182
5.4.2.1.	Remoção de DQO	182
5.4.2.1.1.	DQO Total	182
5.4.2.1.2.	DQO Solúvel	187
5.4.2.1.3.	DQO Solúvel Biodegradável – DQO _{sb}	192
5.4.2.2.	Cargas Aplicadas e Removidas de DQO	195
5.4.2.2.1.	Carga de DQO Total	195
5.4.2.2.2.	Carga de DQO Solúvel	200
5.4.2.3.	Remoção de DBO _{5,20}	205
5.4.2.3.1.	DBO _{5,20} Total	205
5.4.2.3.2.	DBO _{5,20} Solúvel	212
5.4.2.4.	Cargas Aplicadas e Removidas de DBO _{5,20}	218
5.4.2.4.1.	Carga DBO _{5,20} Total	218

5.4.2.5.	Remoção de Nitrogênio.....	223
5.4.2.5.1.	Nitrogênio Kjeldahl Total - NKT	223
5.4.2.5.2.	Nitrogênio Amoniacal – NH ₃	228
5.4.2.5.2.1.	Condições para Nitrificação – pH e Alcalinidade Carbonato	233
5.4.2.6.	Cargas de Nitrogênio Aplicadas e Removidas	237
5.4.2.6.1.	Carga de Nitrogênio Kjeldahl Total	237
5.4.2.6.2.	Carga de Nitrogênio Amoniacal.....	246
5.4.2.7.	Remoção de Fósforo	255
5.4.2.7.1.	Fósforo Total	255
5.4.2.7.2.	Fósforo Solúvel.....	259
5.4.2.8.	Cargas de Fósforo Aplicadas e Removidas.....	263
5.4.2.8.1.	Carga de Fósforo Total	263
5.4.2.8.2.	Carga de Fósforo Solúvel.....	271
5.4.3.	Produção de Lodo – Sólidos Suspensos Voláteis - SSV	278
5.5.	AValiação da Atividade Metanogênica Específica – AME.....	280
5.5.1.	ATIVIDADE METANOGENICA ESPECIFICA PARA LODOS ADENSADO E FLOTADO – AMOSTRA BRANCO 281	
5.5.2.	ATIVIDADE METANOGENICA ESPECIFICA PARA ADIÇÃO DE 0,4 g DE ST DE LODO DA ETA ABV	286
5.5.3.	ATIVIDADE METANOGENICA ESPECIFICA PARA ADIÇÃO DE 0,8 g DE ST DE LODO DA ETA ABV	291
5.5.4.	Destruição de Voláteis durante a incubação das amostras utilizadas no teste AME.....	295
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	297
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	302
8.	ANEXOS	311
8.1.	ANEXO A - VAZÕES.....	311
8.2.	ANEXO B – SS, OD, pH, Temperatura	323
8.3.	ANEXO C – AFL. DEC. PRIMÁRIO – DQO, DBO _{5,20} , P, N_NH ₃ , NTK, SST, SSV, ST, SV.....	350
8.4.	ANEXO D – EFL. DEC. PRIMÁRIO – DQO, DQO _{SOL} , DBO _{5,20} , P, N_NH ₃ , NTK, SST, SSV, ST, SV.....	353
8.5.	ANEXO E – EFL. FINAL – DQO, DQO _{SOL} , DBO _{5,20} , DBO _{5,20_SOL} ; P, N_NH ₃ , NTK, SST, SSV, ST, SV, ALCBICA 356	
8.6.	ANEXO F – TANQUE DE AERAÇÃO – SST, SSV, ST, SV	359
8.7.	ANEXO G – LODO PRIMÁRIO – DQO, SST, SSV, ST, SV, SF	363
8.8.	ANEXO H – LODO PRIMÁRIO - METAIS	365
8.9.	ANEXO I – ATIVIDADE METANOGENICA ESPECIFICA – AME – BRANCO DA AMOSTRA.....	368
8.10.	ANEXO J – ATIVIDADE METANOGENICA ESPECIFICA – AME – 0,4 g ST DE LODO DE ETA	370
8.11.	ANEXO K– ATIVIDADE METANOGENICA ESPECIFICA – AME – 0,8 g ST DE LODO DE ETA	372

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curvas Resultantes das Energias Variando Concentração de Cargas na Camada Difusa (DI BERNARDO, 1993).....	5
Figura 2 – Pontos de Geração de Resíduos em ETAs	6
Figura 3 – Vista Aérea da ETA Guaraú	7
Figura 4 – Vista Aérea da ETA ABV	8
Figura 5 – Sistema de Aeração Mecânica Superficial da ETE Suzano (SENA, 1998).....	21
Figura 6 - Classificação dos Reatores Biológicos.	27
Figura 7 – Movimento das Peças Plásticas do MBBR. (a) movimento no reator oxidativo causado pelo sistema de aeração. (b) movimento no reator anóxico/anaeróbio feito mecanicamente (WESTRUM, 1995).....	28
Figura 8 - Relação entre a Carga de Nitrogênio Amoniacal e a Taxa de Nitrificação no Experimento Conduzido por Rusten et al. (1995).....	31
Figura 9 - Relação entre Taxa de Nitrificação e Concentração de Oxigênio Dissolvido em Sistema com MBBR em Escala Piloto (Rusten et al, 1995).....	32
Figura 10 – Elemento Plástico- ANOXKALDNES.....	33
Figura 11 – Elemento Plástico- AQWISE.....	33
Figura 12 – Elemento Plástico - USF Itália.	34
Figura 13 – Sistema de Retenção dos Suportes Plásticos – WESTRUM (1995)	34
Figura 14 – Experimento Feito na Indústria BATON ROUGE (RUSTEN et al. 1999).....	36
Figura 15 – Influência da Concentração de Oxigênio Dissolvido no Reator e a Taxa de Nitrificação (RUSTEN et al. 2000).....	40
Figura 16 – Diagrama de Reatores Aeróbios de Leito Móvel com tanques de pré-denitrificação. (RUSTEN et al. 1995).....	41
Figura 17 – Seqüências Metabólicas e Grupos Microbianos Envolvidos na Digestão Anaeróbia com Sulfetogênese (CHERNICHARO, 1997 apud SENA, 2001).....	45
Figura 18 – Filtro Prensa de Placas com Diafragma. (NETZSCH, 2000).....	58
Figura 19 – Esquema Geral do Filtro Prensa de Placas com Diafragma (NETZSCH, 2000).....	58
Figura 20 - Local de Montagem da ETE Piloto na ETE Barueri.....	78
Figura 21 – Representação Esquemática da ETE Piloto.....	80
Figura 22 - ETE Piloto.....	81
Figura 23 - Detalhamento da ETE Piloto	81
Figura 24 - Representação Esquemática do Decantador Primário da ETE Piloto.....	82
Figura 25 - Representação Esquemática do Reator Biológico da ETE Piloto	83
Figura 26 - Representação esquemática do decantador secundário da ETE Piloto.....	84
Figura 27 - Tanque de Armazenamento do Lodo de ETA	87
Figura 28 - Frascos de incubação para o teste de Atividade Metanogênica Específica	282

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Sedimentação e Formação de Sulfeto nos Tanques de Aeração da ETE Suzano (SENA, 1998).....	21
Gráfico 2 - – Disposição Final de Lodos de ETAs nos Estados Unidos (AWWARF, 1999 apud TSUTIYA e SAMPAIO, 2004).....	61
Gráfico 3 - Percentual de SSV em Relação ao SST nos Tanques de Aeração (SABESP, 2003).....	65
Gráfico 4 - Turbidez do Efluente Final (SABESP, 2003).....	66
Gráfico 5 - – Eficiência de Remoção da ETE Franca (SABESP, 2003)	66
Gráfico 6 - Índice Volumétrico do Lodo (IVL) para Lodo Ativado com Aeração Prolongada Recebendo Lodo de ETA (ASADA, 2007).....	67
Gráfico 7 - Concentração de Sólidos Suspensos Totais no Efluente final com Diferentes Dosagens de Lodo de ETA. (ASADA, 2007).....	68
Gráfico 8 - Eficiência de Remoção dos Decantadores Primários de Jan/2001 a Abri/2002 (SABESP, 2003).....	69
Gráfico 9 - Percentual de Sólidos Totais no Lodo Primário da ETE Franca (SABESP, 2003).	74
Gráfico 10 - Volume de Biossólidos Produzido na ETE Franca (m³/mês) (SABESP, 2003).	74
Gráfico 11 - Vazão Média Semanal Afluente ao Decantador Primário - Q (m³/d).....	101
Gráfico 12 - Gráfico Box plot para Análise da Variabilidade dos Dados do Tempo de Detenção Hidráulico (h) no Decantador Primário da ETE Piloto.	102
Gráfico 13 - Gráfico Box plot para Análise da Variabilidade dos Dados da Taxa de Escoamento Superficial (m³/m².d) no Decantador Primário da ETE Piloto.....	102
Gráfico 14 - Gráfico Box Plot para Análise da Variabilidade dos Dados do Tempo de Detenção Hidráulico (h) no Reator Biológico da ETE Piloto.....	104
Gráfico 15 - Dados da Vazão ao Reator Biológico - (m³/d).....	104
Gráfico 16 - Diagrama Box Plot para as Medições de pH no Afluente do Decantador Primário Operado com e sem Lodo de ETA.....	107
Gráfico 17- Diagrama Box Plot para as Medições de pH no Efluente do Decantador Primário Operado com e sem Lodo de ETA.....	107
Gráfico 18 – pH Médio no Afluente e Efluente à Decantação Primária com e sem Adição de Lodo de ETA.....	108
Gráfico 19- Concentração Média Semanal de Sólidos Sedimentáveis no Afluente ao Decantador Primário – com e sem Adição de Lodo de ETA.	110
Gráfico 20 - Concentração Média de Sólidos Sedimentáveis no Afluente ao Decantador Primário – com e sem Adição de Lodo de ETA.	110
Gráfico 21 - Diagrama Box Plot para a Remoção de Sólidos Sedimentáveis no Decantador Primário - com e sem Adição de Lodo de ETA	112
Gráfico 22 – Remoção Média Semanal de Sólidos Sedimentáveis no Decantador Primário - com e sem Adição de Lodo de ETA.....	112
Gráfico 23 - Série Temporal para Concentração de ST no Afluente e Efluente do Decantador Primário antes da Dosagem de Lodo de ETA.....	116
Gráfico 24 - Série Temporal para Concentração de SV no Afluente e Efluente do Decantador Primário antes da Dosagem de Lodo de ETA.....	116
Gráfico 25 - Distribuição de Frequência para a Remoção de ST com Dosagem de 30, 50 e 60 mg/L Lodo de ETA Comparada com a Remoção de ST antes da Dosagem de Lodo de ETA.....	117

Gráfico 26 - Distribuição de Frequência para a Remoção de ST com Dosagem de 100, 200 e 400 mg/L Lodo de ETA Comparada com a Remoção de ST antes da Dosagem de Lodo de ETA ..	118
Gráfico 27 - Correlação Linear entre Dosagem de Lodo de ETA e o Aumento na Remoção de ST na Decantação Primária	119
Gráfico 28 - Correlação Linear entre Dosagem de Lodo de ETA e o Aumento na Remoção de ST na Decantação Primária – sem os dados das dosagens de 100 e 200 mg de Lodo/L.....	119
Gráfico 29 - Correlação Linear entre Dosagem de Lodo de ETA e o Aumento na Remoção de SV na Decantação Primária	120
Gráfico 30 - Concentração de Sólido Fixos (SF) no Efluente da Decantação Primária - com e sem Lodo de ETA	120
Gráfico 31 – Remoção de Sólidos Suspensos Totais no Decantador Primário - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.....	125
Gráfico 32 – Remoção de Sólidos Suspensos Totais Voláteis no Decantador Primário - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.....	126
Gráfico 33 – Relação entre Dosagem de Lodo de ETA com a Remoção de Sólidos Suspensos Totais – SST no Decantador Primário Piloto – (com todos os dados, baixo fator de correlação)	127
Gráfico 34 - Relação entre Dosagem de Lodo de ETA com a Remoção de Sólidos Suspensos Totais – SST no Decantador Primário (sem os dados anômalos).	127
Gráfico 35 - Série Temporal para Concentração de DQO no Afluente e Efluente do Decantador Primário - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.....	130
Gráfico 36 - Série Temporal para Concentração de $\text{DBO}_{5, 20}$ no Afluente e Efluente do Decantador Primário - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.....	130
Gráfico 37 - Remoção de DQO no Decantador Primário - com e sem Dosagem de Lodo de ETA....	131
Gráfico 38 - Remoção de $\text{DBO}_{5, 20}$ no Decantador Primário - com e sem Dosagem de Lodo de ETA	131
Gráfico 39 – Correlação entre a Remoção de DQO com a Dosagem de Lodo de ETA – (Com dados de todas as etapas, baixa correlação).....	132
Gráfico 40 - Correlação entre a Remoção de DQO com a Dosagem de Lodo de ETA – (Sem os dados da etapa 60 mg/L, melhor índice de correlação).....	133
Gráfico 41 – Correlação entre a Remoção de $\text{DBO}_{5, 20}$ com a Dosagem de Lodo de ETA – (Com dados de todas as etapas, baixa correlação)	134
Gráfico 42 - Correlação entre a Remoção de $\text{DBO}_{5, 20}$ com a Dosagem de Lodo de ETA – (Sem os dados da etapa 60 mg/L, melhor índice de correlação)	134
Gráfico 43 - Gráfico com a Média e o Desvio Padrão da Concentração de DQO Solúvel no Efluente do Decantador Primário - com e sem Adição de Lodo de ETA	135
Gráfico 44 - Relação entre Dosagem de Lodo de ETA com a Concentração de DQO Solúvel no Efluente do Decantador Primário	136
Gráfico 45 – Concentração Média de Fósforo no Afluente e Efluente do Decantador Primário com e sem Dosagem de Lodo de ETA	139
Gráfico 46 – Remoção Média de Fósforo no Decantador Primário Piloto com e sem Dosagem de Lodo de ETA	139
Gráfico 47 - Relação entre Dosagem de Lodo de ETA com a Concentração de Fósforo Solúvel no Efluente do Decantador Primário	141
Gráfico 48 – Relação entre Fósforo Solúvel e Fósforo Total no Efluente do Decantador Primário	141
Gráfico 49 – Concentração Média de NKT no Afluente e Efluente do Decantador Primário com e sem Dosagem de Lodo de ETA.....	142

Gráfico 50 - Remoção Média de Nitrogênio Kjeldahl Total no Decantador Primário Piloto com e sem Dosagem de Lodo de ETA.....	143
Gráfico 51 – Concentração Média de NH_3 no Afluente e Efluente do Decantador Primário com e sem Dosagem de Lodo de ETA.....	143
Gráfico 52 - Remoção Média de Nitrogênio Amoniacal no Decantador Primário Piloto com e sem Dosagem de Lodo de ETA.....	144
Gráfico 53 - Série Temporal para a Concentração de DQO no Lodo Primário – com e sem Dosagem de Lodo de ETA.....	147
Gráfico 54 – Correlação entre Aumento da Concentração da DQO do Lodo Primário com o Aumento na Dosagem de Lodo de ETA.....	147
Gráfico 55 – Dados Temporais da Concentração de ST e SV no Lodo Primário, com e sem Adição de Lodo de ETA.....	149
Gráfico 56 – Correlação entre Aumento da Concentração da Concentração de ST do Lodo Primário com o Aumento na Dosagem de Lodo de ETA.....	149
Gráfico 57 - Dados Temporais da Percentagem de Sólidos Voláteis no Lodo Primário, com e sem Adição de Lodo de ETA.....	150
Gráfico 58 - Dados Médios da Concentração de ST, SV e Razão SV/ST no Lodo Primário, com e sem Adição de Lodo de ETA.....	151
Gráfico 59 - Dados Temporais para o Somatório de Metais Comparados com a Percentagem de Ferro no Lodo Primário.....	152
Gráfico 60 - Concentração Média de Ferro em cada Etapa do Experimento.....	155
Gráfico 61 - Concentração de OD no Reator Biológico ao Longo do Tempo.....	156
Gráfico 62 - Distribuição da Concentração de Oxigênio Dissolvido no Reator Biológico Durante Todas as Etapas do Experimento (com e sem dosagem de lodo de ETA).....	157
Gráfico 63 Dados Temporais da Concentração de Sólidos Sedimentáveis do Lodo Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA.....	158
Gráfico 64 - Diagrama Box Plot para a Concentração de Sólidos Sedimentáveis no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA.....	159
Gráfico 65 - Dados Temporais da Concentração de Sólidos Suspensos Totais do Lodo Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA.....	161
Gráfico 66 - Diagrama Box Plot para a Concentração de Sólidos Suspensos Totais no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA.....	162
Gráfico 67 - Distribuição de frequência da Concentração dos Sólidos Suspensos Totais no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA.....	163
Gráfico 68 - Distribuição de Frequência da Concentração dos Sólidos Suspensos Totais no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA.....	163
Gráfico 69 - Dados Temporais da Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis do Lodo Biológico, com e sem adição de Lodo de ETA.....	164
Gráfico 70 - Diagrama Box Plot para a Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA.....	165
Gráfico 71 - Distribuição de Frequência da Concentração dos Sólidos Suspensos Voláteis no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA.....	166
Gráfico 72 - Distribuição de Frequência da Concentração dos Sólidos Suspensos Voláteis no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA.....	166
Gráfico 73 - Dados Temporais para a Razão entre a Concentração de SSV e SST no Reator Biológico com e sem Adição de Lodo de ETA.....	167

Gráfico 74 - Distribuição de Frequência da Razão entre a Concentração dos Sólidos Suspensos Totais e Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis no Reator Biológico (SSV/SST) - com e sem Lodo de ETA	168
Gráfico 75 - Distribuição de Frequência da Razão entre a Concentração dos Sólidos Suspensos Totais e Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis no Reator Biológico (SSV/SST) - com e sem Lodo de ETA	169
Gráfico 76 – Correlação entre Dosagem de Lodo de ETA com a Diminuição na Percentagem de Sólidos Suspensos Voláteis do Lodo Biológico	169
Gráfico 77 – Dados Temporais para o Índice Volumétrico do Lodo – com e sem Lodo de ETA.....	170
Gráfico 78 - Diagrama Box Plot para o Índice Volumétrico do Lodo - com e sem Lodo de ETA.....	171
Gráfico 79 - Distribuição de Frequência do Índice Volumétrico do Lodo - com e sem Lodo de ETA..	172
Gráfico 80 - Distribuição de Frequência do Índice Volumétrico do Lodo - com e sem Lodo de ETA..	172
Gráfico 81 - Concentração de Sólidos Suspensos Totais e Voláteis no Efluente Final - com e sem Dosagem de Lodo de ETA	174
Gráfico 82 - Tempo de Retenção Celular Aparente - Sem Adição de Lodo de ETA.....	175
Gráfico 83 - Tempo de Retenção Celular Aparente - Dosagem de 30 mg/L de Lodo da ETA ABV ...	176
Gráfico 84 - Tempo de Retenção Celular Aparente - Dosagem de 50 mg/L de Lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 20 mg/L da ETA Guaraú).....	176
Gráfico 85 - Tempo de Retenção Celular Aparente - Dosagem de 60 mg/L de Lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 30 mg/L da ETA Guaraú).....	177
Gráfico 86 – Tempo de Retenção Celular Aparente - Dosagem de 100 mg/L de Lodo das ETAs (50 mg/L da ETA ABV + 50 mg/L da ETA Guaraú).....	177
Gráfico 87 - Tempo de Retenção Celular Aparente - Dosagem de 200 mg/L de Lodo das ETAs (100 mg/L da ETA ABV + 100 mg/L da ETA Guaraú).....	178
Gráfico 88 - Tempo de Retenção Celular Aparente - Dosagem de 400 mg/L de Lodo das ETAs (200 mg/L da ETA ABV + 200 mg/L da ETA Guaraú).....	178
Gráfico 89 - Distribuição de Frequência do Tempo de Retenção Celular Aparente – Fase sem Dosagem de Lodo de ETA e Etapas com Dosagens de 30 a 60 mg de Lodo.	179
Gráfico 90 - Distribuição de Frequência do Tempo de Retenção Celular Aparente – Dosagens de 100 a 400 mg SST de Lodo de ETA/L.....	179
Gráfico 91 – Dados Temporais para a Relação Aparente entre Alimento/Microrganismos	180
Gráfico 92 - Diagrama Box Plot para o a Relação Aparente entre Alimento/Microrganismos - com e sem Lodo de ETA	181
Gráfico 93 - Distribuição de Frequência da Relação Aparente entre Alimento/Microrganismos - com e sem Lodo de ETA	182
Gráfico 94 - Dados Temporais da Concentração de DQO Afluente ao Reator Biológico, com e sem adição de Lodo de ETA	183
Gráfico 95 - Dados Temporais da Concentração de DQO Efluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	184
Gráfico 96 - Gráfico da Concentração Média de DQO no Efluente do Reator Biológico em cada Etapa do Experimento	185
Gráfico 97 - Remoção de DQO no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA	186
Gráfico 98 – Distribuição Percentil da Remoção de DQO no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA	186
Gráfico 99 - Remoção Média de DQO no Reator Biológico em Cada Etapa do Experimento.	187

Gráfico 100 - Dados Temporais da Concentração de DQO Solúvel Afluentes ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA.....	188
Gráfico 101 – Diagrama Box Plot para a Concentração de DQO Solúvel Afluentes ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	189
Gráfico 102 - Dados Temporais da Concentração de DQO Solúvel Efluentes ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA.....	189
Gráfico 103 - Gráfico da Concentração Média de DQO Solúvel no Efluente do Reator Biológico em Cada Etapa do Experimento.	190
Gráfico 104 - Distribuição Percentil da Remoção de DQO Solúvel no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA	190
Gráfico 105 - Remoção de DQO Solúvel no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA	191
Gráfico 106 - Remoção Média de DQO Solúvel no Reator Biológico em Cada Etapa do Experimento	191
Gráfico 107 - Dados Temporais da Concentração de DQO Solúvel Biodegradável Afluentes ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	193
Gráfico 108 – Diagrama Box Plot para a Concentração de DQO Solúvel Biodegradável Afluentes ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA.....	194
Gráfico 109 - Gráfico da Concentração Média de DQO Solúvel Biodegradável no Afluentes ao Reator Biológico em Cada Etapa do Experimento.	194
Gráfico 110 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial da DQO.....	196
Gráfico 111 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de DQO (com e sem dosagem de lodo de ETA).....	196
Gráfico 112 – Correlação entre a Taxa de Aplicação Superficial e Taxa de Remoção de DQO	198
Gráfico 113 – Correlação entre a Taxa de Aplicação de DQO com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico	199
Gráfico 114 - Correlação entre a Taxa de Aplicação de DQO com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico e Tempo de Retenção Celular Aparente	199
Gráfico 115 - Síntese das Taxas de Aplicação e Remoção de DQO/m ² /dia e a Respectiva Percentagem de Remoção.	200
Gráfico 116 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial da DQOs no Reator Biológico.....	201
Gráfico 117 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de DQOs no Reator Biológico (com e sem dosagem de lodo de ETA)	201
Gráfico 118 – Correlação entre a Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de DQOs e Idade do Lodo Aparente	203
Gráfico 119 – Correlação entre a Taxa de Aplicação de DQOs com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico	204
Gráfico 120 - Correlação entre a Taxa de Aplicação de DQOs com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico e Tempo de Retenção Celular Aparente	204
Gráfico 121 - Síntese das Taxas de Aplicação e Remoção de DQOs/m ² /dia e a Respectiva Percentagem de Remoção.	205
Gráfico 122 - Dados Temporais da Concentração de DBO _{5,20} Afluentes ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	206
Gráfico 123 - Dados Temporais da Concentração de DBO _{5,20} Efluentes ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA.....	207
Gráfico 124 - Gráfico da Concentração Média de DBO _{5,20} no Efluente do Reator Biológico em cada Etapa do Experimento	208

Gráfico 125 - Remoção de $\text{DBO}_{5,20}$ no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA.....	209
Gráfico 126 - Remoção Média de $\text{DBO}_{5,20}$ no Reator Biológico em cada Etapa do Experimento	209
Gráfico 127 - Percentagem de Dados que Obtiveram Concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ Igual ou Inferior a 60 mg/L	210
Gráfico 128 - Percentagem de Dados que Obtiveram Remoção de $\text{DBO}_{5,20}$ Igual ou Superior a 80%	211
Gráfico 129 - Distribuição de Frequência para a Concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ no Efluente Final – com e sem Adição de Lodo de ETA.....	212
Gráfico 130 - Distribuição de Frequência para Eficiência de Remoção de $\text{DBO}_{5,20}$ no Reator Biológico – com e sem Lodo de ETA.....	212
Gráfico 131 - Dados Temporais da Concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ Solúvel no Efluente do Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	213
Gráfico 132 – Diagrama Box Plot para a Concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ Solúvel no Efluente do Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	214
Gráfico 133 - Gráfico da Concentração Média de $\text{DBO}_{5,20}$ Solúvel no Efluente do Reator Biológico em cada Etapa do Experimento.	215
Gráfico 134 – Relação entre a $\text{DBO}_{5,20}$ Solúvel e $\text{DBO}_{5,20}$ Total no Efluente Final do Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA	216
Gráfico 135 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial da $\text{DBO}_{5,20}$ (com e sem Dosagem de Lodo de ETA).....	219
Gráfico 136 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de $\text{DBO}_{5,20}$ (com e sem dosagem de lodo de ETA).....	219
Gráfico 137 - Correlação entre a Taxa de Aplicação Superficial e Taxa de Remoção de $\text{DBO}_{5,20}$ e o Tempo de Retenção Celular Aparente	221
Gráfico 138 - Correlação entre a Taxa de Aplicação de $\text{DBO}_{5,20}$ com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico e Tempo de Retenção Celular Aparente.....	221
Gráfico 139 - Distribuição de Frequência para Eficiência de Remoção de $\text{DBO}_{5,20}$ no Reator Biológico para Taxa de Aplicação Superficial entre 4 a 10 $\text{gDBO}_{5,20}/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$ – com e sem Lodo de ETA.	222
Gráfico 140 - Síntese das Taxas de aplicação e Remoção de $\text{DBO}_{5,20}/\text{m}^2/\text{dia}$ e a Respectiva Percentagem de Remoção.	223
Gráfico 141 - Dados Temporais da Concentração de NKT Afluente ao Reator Biológico, com e sem adição de Lodo de ETA	224
Gráfico 142 - Dados Temporais da Concentração de NKT Efluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	225
Gráfico 143 - Gráfico da Concentração Média de NKT no Efluente do Reator Biológico em cada Etapa do Experimento.	226
Gráfico 144 - Diagrama Box Plot para a Concentração de NKT no Efluente Final – com e sem Lodo de ETA.	226
Gráfico 145 - Remoção de NKT no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA	227
Gráfico 146 - Remoção Média de NKT no Reator Biológico em cada Etapa do Experimento	228
Gráfico 147 - Dados Temporais da Concentração de NH_3 Afluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	229
Gráfico 148 - Dados Temporais da Concentração de NH_3 Efluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	230
Gráfico 149 - Gráfico da Concentração Média de NH_3 no Efluente do Reator Biológico em cada Etapa do Experimento.	230

Gráfico 150 - Diagrama Box Plot para a Concentração de NH_3 no Efluente Final – com e sem Lodo de ETA.....	231
Gráfico 151 - Remoção de NH_3 no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA	231
Gráfico 152 - Percentagem de Dados que Obtiveram Concentração de NH_3 Igual ou Inferior a 20 mg/L	232
Gráfico 153 - Dados Temporais do pH Afluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	234
Gráfico 154 - Dados Temporais do pH Efluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	235
Gráfico 155 - Dados Temporais da Concentração de Alcalinidade no Esgoto Afluente e Efluente do Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA.....	236
Gráfico 156 - Dados Temporais do Consumo de Carbonato de Cálcio/Quantidade de NH_3 Oxidado no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA.....	237
Gráfico 157 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial de NKT.....	238
Gráfico 158 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de NKT - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.	238
Gráfico 159 - Dados Temporais Semanais para a Carga Removida Superficial de NKT	239
Gráfico 160 – Correlação Entre a Taxa de Aplicação Superficial e Taxa de Remoção de NKT e a Influência do Tempo de Retenção Celular Aparente.....	241
Gráfico 161 – Correlação entre a Taxa de Aplicação de NKT com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico	242
Gráfico 162 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de NKT, Tempo de Retenção Celular Aparente e Tempo de Maturação do Biofilme.....	243
Gráfico 163 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de NKT com o Tempo de Retenção Celular Aparente.....	244
Gráfico 164 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de NKT, Taxa de Aplicação de NKT e Concentração de Oxigênio Dissolvido.....	244
Gráfico 165 - Gráfico da Distribuição Percentil da Percentagem de Remoção de NKT Antes e Depois da Maturação do Biofilme Aderido à Mídia Plástica	245
Gráfico 166 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial de NH_3	247
Gráfico 167 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de NH_3 - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.	247
Gráfico 168 - Dados Temporais Semanais para a Carga Removida Superficial de NH_3	248
Gráfico 169 – Correlação entre a Taxa de Aplicação Superficial e Taxa de Remoção de NH_3	250
Gráfico 170 – Correlação entre a Taxa de Aplicação de NH_3 com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico	251
Gráfico 171 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de NH_3 , Tempo de Retenção Celular Aparente e Tempo de Maturação do Biofilme.....	252
Gráfico 172 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de NH_3 com o Tempo de Retenção Celular Aparente.....	253
Gráfico 173 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de NH_3 , Taxa de Aplicação de NH_3 e Concentração de Oxigênio Dissolvido.....	254
Gráfico 174 - Gráfico da Distribuição Percentil da Percentagem de Remoção de NH_3 Antes e Depois da Maturação do Biofilme Aderido à Mídia Plástica	255
Gráfico 175 - Dados Temporais da Concentração de Fósforo no Afluente e Efluente do Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	256

Gráfico 176 - Concentração Média de Fósforo no Afluente e Efluente do Reator Biológico em Cada Etapa do Experimento.	257
Gráfico 177 - Diagrama Box Plot para a Concentração de Fósforo no Afluente e Efluente Final do Reator Biológico até a Dosagem de Lodo de ETA de 50 mg/L	257
Gráfico 178 - Diagrama Box Plot para a Concentração de Fósforo no Afluente e Efluente Final do Reator Biológico com Dosagem de Lodo de ETA de 60 a 400 mg/L.....	258
Gráfico 179 - Remoção de Fósforo no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA.....	258
Gráfico 180 - Remoção Média de Fósforo em Cada Etapa do Experimento - com e sem Dosagem de Lodo de ETA	259
Gráfico 181 - Dados Temporais da Concentração de Fósforo Solúvel no Afluente e Efluente do Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA	260
Gráfico 182 - - Gráfico da Concentração Média de Fósforo Solúvel no Afluente e Efluente do Reator Biológico em Cada Etapa do Experimento.	261
Gráfico 183 Diagrama Box Plot para a Concentração de Fósforo Solúvel no Afluente e Efluente Final do Reator Biológico até Dosagem de Lodo de ETA de 50 mg/L.	261
Gráfico 184 - Diagrama Box Plot para a Concentração de Fósforo Solúvel no Afluente e Efluente Final do Reator Biológico com Dosagem de Lodo de ETA de 60 a 400 mg/L	262
Gráfico 185 - Remoção Média de Fósforo Solúvel em Cada Etapa do Experimento - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.....	262
Gráfico 186 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial de Fósforo.....	264
Gráfico 187 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de Fósforo - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.	264
Gráfico 188 - Dados Temporais Semanais para a Carga Removida Superficial de Fósforo.....	265
Gráfico 189 – Correlação entre a Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de Fósforo e Tempo de Retenção Celular Aparente	267
Gráfico 190 – Correlação entre a Taxa de Aplicação de Fósforo com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico	268
Gráfico 191 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de Fósforo, Tempo de Retenção Celular Aparente e Tempo de Maturação do Biofilme.....	269
Gráfico 192 - Correlação entre a Porcentagem de Remoção de Fósforo com o Tempo de Retenção Celular Aparente.....	270
Gráfico 193 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de Fósforo, Taxa de Aplicação de Fósforo e Concentração de Oxigênio Dissolvido	270
Gráfico 194 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial de Fósforo Solúvel....	272
Gráfico 195 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de Fósforo Solúvel - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.....	272
Gráfico 196 - Dados Temporais Semanais para a Carga Removida Superficial de Fósforo Solúvel .	273
Gráfico 197 – Correlação entre a Taxa de Aplicação Superficial e Taxa de Remoção de Fósforo Solúvel	274
Gráfico 198 – Correlação entre a Taxa de Aplicação de Fósforo Solúvel com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico.....	275
Gráfico 199 - Taxas Médias de Aplicação e Remoção de Fósforo Solúvel e a Respectiva Percentagem de Remoção.	276
Gráfico 200 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de Fósforo solúvel, Tempo de Retenção Celular Aparente e Tempo de Maturação do Biofilme.....	276
Gráfico 201 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de Fósforo Solúvel com o Tempo de Retenção Celular Aparente.....	277

Gráfico 202 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de Fósforo Solúvel, Taxa de Aplicação de Fósforo Solúvel e Concentração de Oxigênio Dissolvido	278
Gráfico 203 – Índice de Produção de Lodo.....	279
Gráfico 204 – Índice Médio de Produção de Lodo em cada Etapa do Experimento.....	280
Gráfico 205 - Atividade Metanogênica Específica - Amostras dos Brancos (sem lodo de ETA)	284
Gráfico 206 - Atividade Metanogênica Específica para Amostra "Branco 1" (sem lodo de ETA)	285
Gráfico 207 - Atividade Metanogênica Específica para Amostra "Branco 2" (sem lodo de ETA)	285
Gráfico 208 - Atividade Metanogênica Específica - Amostras 1 e 2 (com 0,4 g ST de Lodo de ETA).....	289
Gráfico 209 - Atividade Metanogênica Específica para Amostra 1 (com 0,4 g ST de Lodo de ETA) ..	289
Gráfico 210 - Atividade Metanogênica Específica para Amostra 2 (com 0,4 g ST de Lodo de ETA) ..	290
Gráfico 211 Atividade Metanogênica Específica - Amostras 1 e 2 (com 0,8 g ST de lodo de ETA)...	293
Gráfico 212 - Atividade Metanogênica Específica para amostra 1 (com 0,8 g ST de lodo de ETA)...	294
Gráfico 213 Atividade Metanogênica Específica para Amostra 2 (com 0,8 g ST de lodo de ETA).....	294

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de Coagulantes e Auxiliares de Coagulação.....	4
Tabela 2 – Prováveis Resíduos Gerados em Processos de Tratamento de Água	9
Tabela 3 – Características Físico-Químicas dos Lodos de Decantadores das ETAs da RMSP	14
Tabela 4 – Características de Lodos de ETAs segundo Vários Autores.	14
Tabela 5 – Características Físico-Químicas do Lodo da ETA de Juquitiba/SP	15
Tabela 6 – Características dos Suportes Plásticos segundo Fabricantes.	35
Tabela 7 – Caracterização do Efluente da Indústria Química BATON ROUGE CHEMICAL	35
Tabela 8 – Desempenho dos Reatores de Leito Móvel Tratando Efluente de Indústria Química	36
Tabela 9 – Comparação do Sistema de Lodo Ativado Convencional com o Sistema de Leito Móvel ..	37
Tabela 10 – Comparação da Taxa de Utilização de Amônia entre o Sistema de Leito Móvel e Lodo Ativado Convencional	39
Tabela 11 – Gêneros mais Importantes dos Microrganismos Hidrolíticos.....	47
Tabela 12 – Reações Anaeróbias de Interesse	50
Tabela 13 - Condições de Inibição/Toxicidade por Metais na Digestão Anaeróbia	52
Tabela 14 – Concentração da Torta Gerada nos Filtros Prensa das ETEs ABC, Barueri, PNM, São Miguel e Suzano.....	59
Tabela 15 – Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) com Recebimento de Lodos Gerados em Estações de Tratamento de Água (ETAs) nos Estados Unidos (EUA)	62
Tabela 16 – Lodo das ETAs ABV e Guaraú no Esgoto Afluente à ETE Barueri.....	85
Tabela 17 - Etapas de Dosagens de Lodo das ETAs ABV e Guaraú na ETE Piloto	86
Tabela 18 – Programa de Monitoramento da ETE Piloto	88
Tabela 19 - Caracterização do lodo da ETA Guaraú.....	96
Tabela 20 - Caracterização do lodo da ETA ABV	97
Tabela 21 – Vazão Afluente ao Decantador Primário - Q (m^3/d)	100
Tabela 22 – Tempo de Detenção Hidráulico no Decantador Primário – TDH (h).....	100
Tabela 23 – Taxa de Escoamento Superficial – TES ($m^3/m^2.d$).....	100
Tabela 24 – Vazão Afluente ao Reator Biológico - Q (m^3/d).....	103
Tabela 25 – Tempo de Detenção Hidráulico no Reator Biológico – TDH (h)	103
Tabela 26 – Monitoramento do Parâmetro pH no Afluente e Efluente do Decantador Primário com e sem Adição de Lodo de ETA.....	106
Tabela 27 – Monitoramento da Concentração de Sólidos Sedimentáveis no Afluente e Efluente do Decantador Primário com e sem Adição de Lodo de ETA	109
Tabela 28 - Concentração de Sólidos Sedimentáveis no Afluente da ETE Barueri.....	111
Tabela 29 – Remoção de Sólidos Sedimentáveis no Decantador Primário com e sem Adição de Lodo de ETA	111
Tabela 30 - Dados de ST, SV e SF no Afluente e Efluente da Decantação Primária - com e sem a Dosagem de Lodo de ETA.....	113
Tabela 31 - Dados de Remoção de ST, SV e SF na Decantação Primária - com e sem a Dosagem de Lodo de ETA	115

Tabela 32 - Dados de SST, SSV e SSF no Afluente e Efluente da Decantação Primária com e sem a Dosagem de Lodo de ETA.....	121
Tabela 33 – Taxa de Escoamento Superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$) e Remoções de SST e SSV nos Decantadores Primários da ETE Barueri no Período de 2004 a 2006.....	123
Tabela 34 - Dados de Remoção de SST, SSV e SSF na Decantação Primária - com e sem a Dosagem de Lodo de ETA.....	124
Tabela 35 - Dados da Concentração Afluente, Efluente e Remoção de $\text{DBO}_{5,20}$ e DQO na Decantação Primária - com e sem Dosagem de Lodo de ETA	128
Tabela 36 - Dados da Concentração da DQO Solúvel no Efluente da Decantação Primária com e sem a Dosagem de Lodo de ETA.....	135
Tabela 37 - Dados do Afluente, Efluente de Fósforo, Nitrogênio Amoniacal e Total na Decantação Primária com e sem a Dosagem de Lodo de ETA	137
Tabela 38 - Dados da Concentração de Fósforo Solúvel no Efluente da Decantação Primária com e sem a Dosagem de Lodo de ETA	140
Tabela 39 - Dados da Concentração de DQO, ST, SV e SF no Lodo Primário com e sem a Dosagem de Lodo de ETA.....	145
Tabela 40 - Dados da Concentração de Metais no Lodo Primário com e sem a Dosagem de Lodo de ETA.....	152
Tabela 41 - Concentração de Metais no Lodo Primário (antes e após dosagem de lodo de ETA)	154
Tabela 42 - Dados de Sólidos Sedimentáveis no Reator Biológico	158
Tabela 43 – Concentração de Sólidos Suspensos Totais no Reator Biológico ao Longo das Etapas do Experimento.	160
Tabela 44 – Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis no Reator Biológico ao Longo das Etapas do Experimento.	160
Tabela 45 – Relação entre Sólidos Suspensos Totais Voláteis e Sólidos Suspensos Totais (SSV/SST) no Reator Biológico ao Longo das Etapas do Experimento.	167
Tabela 46 - Dados do Índice Volumétrico do Lodo.....	170
Tabela 47 – Concentração Média de Sólidos Suspensos Totais e Voláteis no Efluente Final.....	173
Tabela 48 - Tempo Médio de Retenção Celular Aparente em cada Etapa do Experimento	175
Tabela 49 - Dados da relação Alimento/Microrganismos – A/M	180
Tabela 50 - Dados de DQO Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA ...	183
Tabela 51 - Dados de DQO Solúvel Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA.....	188
Tabela 52 - Dados de DQO Solúvel Biodegradável Afluente ao Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA	193
Tabela 53 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de DQO, Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de DQO no Sistema Biológico.....	197
Tabela 54 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de DQOs, Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de DQOs no Sistema Biológico	202
Tabela 55 - Dados de $\text{DBO}_{5,20}$ Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA	206
Tabela 56 - Dados de $\text{DBO}_{5,20}$ Solúvel Efluente do Reator Biológico – com e sem Lodo de ETA.....	213
Tabela 57 - Concentrações Médias da $\text{DBO}_{5,20}$ Total, Particulada e Solúvel no Efluente Final do Reator Biológico	217

Tabela 58 - Concentrações Totais Hipotéticas de DBO _{5,20} no Efluente Final - com e sem Lodo de ETA	217
Tabela 59 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de DBO _{5,20} , Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de DBO _{5,20} no Sistema Biológico	220
Tabela 60 - Dados de NKT Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA	224
Tabela 61 - Dados de NH ₃ Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA.....	228
Tabela 62 - Anotações de Campo sobre Cargas Tóxicas no Esgoto Afluente a ETE Barueri	233
Tabela 63 - Dados de pH Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA.....	234
Tabela 64 - Dados da Concentração de Alcalinidade Carbonato no Esgoto Afluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA.....	235
Tabela 65 - Dados do Consumo de Alcalinidade Carbonato/Quantidade de NH ₃ Oxidado no Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA.....	236
Tabela 66 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de NKT, Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de NKT no Sistema Biológico.....	239
Tabela 67 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de NH ₃ , Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de NH ₃ no Sistema Biológico.....	248
Tabela 68 - Dados de Fósforo Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA	256
Tabela 69 - Dados de Fósforo Solúvel Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA	260
Tabela 70 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de P, Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de P no Sistema Biológico	265
Tabela 71 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de Psol, Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de Psol no Sistema Biológico	273
Tabela 72 - Índice de Produção de Lodo - com e sem Lodo de ETA.....	278
Tabela 73 - Concentração de Sólidos Totais, Voláteis e Fixos na Amostra "Branco", sem Lodo de ETA Utilizado na Determinação da AME.....	282
Tabela 74 - Concentração de Gás Metano (mmol) e o seu Equivalente em g de DQO para Amostra "Branco 1"	283
Tabela 75 - Concentração de Gás Metano (mmol) e o seu Equivalente em g de DQO para Amostra "Branco 2"	283
Tabela 76 - Determinação da Atividade Metanogênica Específica para Amostra "Branco" (sem Lodo de ETA).....	285
Tabela 77 - Concentração de Sólidos Totais, Voláteis e Fixos nas Amostras contendo 0,4 g ST de Lodo de ETA utilizado na Determinação da Atividade Metanogênica Específica.....	287
Tabela 78 - Concentração de Gás Metano (mmol) e o seu Equivalente em g de DQO para Amostra 1 – 0,4 g de ST de Lodo de ETA.	287
Tabela 79 - Concentração de Gás Metano (mmol) e o seu Equivalente em g de DQO para Amostra 2 – 0,4 g de ST de Lodo de ETA.	288
Tabela 80 - Determinação da Atividade Metanogênica Específica para Amostras 1 e 2 (com 0,4 g ST de Lodo de ETA)	290
Tabela 81 - Concentração de Sólidos Totais, Voláteis e Fixos nas Amostras contendo 0,8 g ST de Lodo de ETA utilizado na Determinação da Atividade Metanogênica Específica.....	291
Tabela 82 - Concentração de Gás Metano (mmol) e o seu Equivalente em g de DQO para Amostra 1 – 0,8 g de ST de Lodo de ETA.	292

Tabela 83 - Concentração de Gás Metano (mmol) e o seu Equivalente em g de DQO para Amostra 2 – 0,8 g de ST de Lodo de ETA.....	292
Tabela 84 - Determinação da Atividade Metanogênica Específica para Amostras 1 e 2 (com 0,8 g ST de Lodo de ETA)	295
Tabela 85 - Concentração média de Sólidos Totais e Sólidos Totais Voláteis após período de incubação para determinação da AME.....	295

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

$(qDBO_{5,20})_{reatB}$	Carga de DBO _{5,20} aplicada ao reator biológico
$(qDQO)_{reatB}$	Carga de DQO aplicada ao reator biológico
$(qDQO_s)_{reatB}$	Carga de DQO solúvel aplicada ao reator biológico
$(qNKT)_{reatB}$	Carga de NKT aplicada ao reator biológico
$(qP)_{reatB}$	Carga de P aplicada ao reator biológico
$(qPsol)_{reatB}$	Carga de Psol aplicada ao reator biológico
ADP	Área do Decantador Primário
ANX	Tanque anóxico
C_{desj}	Concentração desejada de lodo de ETA
C_{lodo}	Concentração do lodo de ETA
d	Densidade
$DBO_{5,20-afl}$	Concentração da DBO _{5,20} afluyente
DP	Decantador Primário
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DQO_{afl}	Demanda Química de Oxigênio Afluyente
$DQO_{biol,sol}$	Demanda Química de Oxigênio, Biodegradável e Solúvel.
DQO_{rem}	Demanda Química de Oxigênio Removida
$DQO_{s,afl}$	Concentração da DQO solúvel afluyente (g/L)
DQO_{safl_rb}	Demanda Química de Oxigênio solúvel afluyente ao reator biológico
DQO_{sb}	Demanda Química de Oxigênio solúvel e biodegradável
DQO_{sefl}	Demanda Química de Oxigênio solúvel efluente do reator biológico (esgoto tratado)
DQO_{sol}	Demanda Química de Oxigênio Solúvel
$DQO_{sol-afl}$	Demanda Química de Oxigênio Solúvel Afluyente
DS	Decantador Secundário
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETA ABV	Estação de Tratamento de Água Alto da Boa Vista – Sabesp – SP
ETA Guaraú	Estação de Tratamento de Água Guaraú – Sabesp – SP
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ETE ABC	Estação de Tratamento de Esgotos localizada na região denominada ABC em São Paulo: Santo Andre, São Bernardo e São Caetano do Sul
ETE Barueri	Estação de Tratamento de Esgotos Barueri
ETE PNM	Estação de Tratamento de Esgotos localizada no bairro Parque Novo Mundo em São Paulo.
ETE SM	Estação de Tratamento de Esgotos localizada no bairro de São Miguel Paulista em São Paulo
ETE Suzano	Estação de Tratamento de Esgotos localizada no município de Suzano, SP
h	Horas
$LA_{lodoETA}$	Lodo Ativado tratando lodo de ETA
NH_3_{afl}	Concentração da Nitrogênio Amoniacal afluyente
NKT_{afl}	Concentração da Nitrogênio Kjeldahl Total afluyente

P_{afl}	Concentração de fósforo no afluente
P_{sol}	Concentração de fósforo solúvel
$P_{\text{sol,afl}}$	Concentração de fósforo solúvel no afluente
Q	Vazão
Q_a	Vazão afluente
$Q_{\text{afl,dp}}$	Vazão afluente ao decantador primário
$Q_{\text{afl,rb}}$	Vazão afluente ao reator biológico
$Q_{\text{efl,dp}}$	Vazão efluente do decantador primário
Q_{lodo}	Vazão de lodo de ETA
$Q_{\text{lodo,ds}}$	Vazão recirculação de lodo do decantador secundário
$Q_{\text{recir_int}}$	Vazão de recirculação interna do reator biológico, do reator aerado para o reator anóxico
RALM	Reator Aeróbio com Leito Móvel
$RALM_{\text{lodoETA}}$	Reator Aeróbio com Leito Móvel tratando lodo de ETA
RB	Reator biológico (tanque anóxico + tanque de aeração)
S	Área superficial da mídia plástica
SDF	Sólidos Dissolvidos Fixos
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SDV	Sólidos Dissolvidos Voláteis
SF	Sólidos Fixos
SS	Sólido Sedimentável
SSF	Sólidos Suspensos Fixos
SST	Sólido em Suspensão Total
SSV	Sólidos Suspensos Voláteis
ST	Sólidos Totais
SV	Sólidos Voláteis
TA	Tanque de Aeração
TUA	Taxa de utilização de amônia
V_{ANX}	Volume do tanque anóxico
V_{DP}	Volume do Decantador Primário
$V_{\text{lodo,dp}}$	Volume de lodo do decantador primário
V_{TAER}	Volume do tanque de aeração

1. INTRODUÇÃO

O tratamento do lodo gerado em estações de tratamento de água para abastecimento (ETAs) é uma questão a ser equacionada em todo o território nacional, sendo que a prática mais comum é a disposição deste lodo diretamente no corpo d'água mais próximo a ETA (ASADA, 2007), porém com o estreitamento da legislação ambiental as concessionárias de abastecimento vêm sendo obrigadas a investir no tratamento e disposição deste lodo.

O tratamento destes lodos em estações de tratamento de esgoto (ETEs) é uma alternativa a ser estudada, pois pode levar a uma solução eficaz e de custos reduzidos se compararmos aos custos de implantação e operação de um sistema de tratamento de lodos nas próprias ETAs.

O recebimento de lodo de ETAs em ETEs é feito em algumas Estações dos Estados Unidos, porém no Brasil ainda são escassos estudos específicos para sanar as questões técnicas envolvidas tanto na etapa aeróbia quanto na anaeróbia.

Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) algumas ETAs do sistema produtor de água podem vir a lançar seus lodos ao sistema de esgotos:

- ETA ABV, Guaraú e Baixo Cotia no Sistema Barueri;

Nos planos diretores da RMSP, tem-se considerada a possibilidade do emprego da tecnologia conhecida por MBBR, Moving Bed Biofilm Reactors, adicionando-se esta mídia plástica móvel nos tanques de aeração, recorrendo-se à biomassa aderida suplementar como alternativa à construção de novos tanques. A reprodução em escala piloto da ETE Barueri utilizada nesta pesquisa, obedeceu a esta concepção.

2. OBJETIVOS

O objetivo central da pesquisa é a avaliação dos efeitos do recebimento dos lodos de ETA em uma ETE por lodo ativado convencional possuindo mídia plástica móvel no tanque de aeração e os impactos na digestão anaeróbia do lodo.

Para os efeitos do recebimento de lodo de ETA sobre as principais unidades que compõem a chamada “etapa líquida”, serão avaliados:

- A eficiência dos decantadores primários na remoção de sólidos em suspensão, matéria orgânica, nitrogênio e fósforo;
- A produção e composição físico-química do lodo primário;
- Os efeitos sobre a floculação nos reatores biológicos através da influência em sua sedimentabilidade, avaliada pelo índice volumétrico de lodo; e
- Os efeitos sobre as condições operacionais dos decantadores secundários, associadas à qualidade do efluente final e à eficiência global da ETE na remoção de matéria orgânica, nitrificação, remoção de fósforo e de sólidos suspensos.

Para os efeitos do recebimento de lodo de ETA na etapa anaeróbia, será avaliada atividade metanogênica do lodo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. LODO GERADO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Os lodos gerados em ETAs podem ser divididos em quatro grandes categorias (AWWA, 1987):

- Lodos gerados durante processos de tratamento de água visando à remoção de cor e turbidez. Os resíduos sólidos produzidos englobam os lodos gerados nos decantadores ou eventualmente nos flotadores com ar dissolvido e as águas de lavagem dos filtros.
- Lodos gerados durante processos de abrandamento.
- Lodos gerados durante processos de tratamento avançado visando à redução de compostos orgânicos presentes na água bruta, como carvão ativado granular saturado.
- Lodos gerados durante processos visando à redução de compostos inorgânicos presente na água bruta, como processos de membrana (osmose reversa, ultrafiltração, nanofiltração, etc.).

Cada tipo de lodo apresenta características físico-químicas distintas, influenciadas pelo tipo e concentração de compostos presentes na água bruta, pelos coagulantes adicionados durante o processo de tratamento e pelo tipo de processo utilizado no tratamento (KOORSE, 1993).

Os compostos presentes na água bruta incluem, entre outros, substâncias húmicas e fúlvicas, partículas coloidais, partículas em suspensão e microorganismos. Em meio aquoso, as partículas permanecem com estabilidade eletrostática devido à predominância de cargas superficiais negativas (AWWA, 1990).

Para que o processo de tratamento seja eficiente, é necessário que as características físico-químicas das impurezas sejam alteradas, fato este chamado de coagulação. Isto é possível com a utilização de produtos químicos que desestabilizam as partículas de tal modo que permitam a agregação das mesmas formando flocos maiores e mais densos (STUMM et al, 1968).

Os coagulantes devem ser escolhidos com base na qualidade da água bruta e do processo de tratamento. Devem ter baixo custo, facilidade de transporte, disponibilidade no mercado e ser quimicamente estáveis (AWWA, 1990).

Os coagulantes e auxiliares de coagulação mais utilizados em estações de tratamento de água estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Tipos de Coagulantes e Auxiliares de Coagulação.

Coagulantes	Sulfato de Alumínio	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14 \text{H}_2\text{O}$
	Cloreto Férrico	$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
	Sulfato Férrico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
	Sulfato Ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$
	Óxido de cálcio	CaO
	Policloreto de Alumínio	$(\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m})_x$
	Hidróxido de Cálcio	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
Auxiliares de Coagulação	Polímeros (catiônico, aniônico ou não iônico)	
	Aluminato de Sódio	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

Fonte: AWWA (1990), TEIXEIRA (1999)

Os coagulantes mais utilizados no processo de tratamento são os sais de ferro e alumínio (FERNANDES, 2000 apud MENDES, 2001).

Os mecanismos de coagulação podem ser divididos em quatro tipos: compressão da dupla camada, neutralização-adsorção de cargas, varredura e formação de pontes. A descrição detalhada destes mecanismos é apresentada por DI BERNARDO (1993):

- Pode-se considerar o mecanismo de compressão da dupla camada como sendo de natureza puramente eletrostática. Os sais simples, como cloreto de sódio, são considerados “eletrólitos indiferentes” e não têm características de hidrólise ou de adsorção, como ocorre com sais de alumínio e ferro. O mecanismo de coagulação ocorre devido à presença de grande quantidade de eletrólitos indiferentes e que, atraídos para as proximidades da superfície dos colóides, provocam um aumento na densidade de cargas (forças iônicas) na camada difusa diminuindo a esfera de influência das partículas, de modo tal que as forças de Van der Waals sejam dominantes eliminando a estabilização eletrostática (Figura 1). Desta forma haverá menor repulsão entre os colóides permitindo a sua coagulação.

Figura 1 – Curvas Resultantes das Energias Variando Concentração de Cargas na Camada Difusa (DI BERNARDO, 1993).

- No mecanismo de adsorção - neutralização de cargas, os hidróxido-complexos, os cátions hidratados, e os precipitados carregados positivamente serão adsorvidos na superfície dos colóides. Este mecanismo reduz a repulsão entre as partículas, possibilitando sua coagulação e remoção por sedimentação / flotação ou filtração. As ligações formadas entre as espécies químicas e os colóides não se rompem mediante diluição.
- No mecanismo de varredura, as concentrações de coagulante são elevadas, de modo que o produto de solubilidade dos hidróxidos produzidos (hidróxido férrico ou hidróxido de alumínio) é sobrepassado. A precipitação floculenta destes hidróxidos removerá, por captura, os colóides presentes no meio, e os próprios colóides servirão como sementes para a formação do precipitado. O mecanismo de varredura é intensivamente usado nas estações de tratamento em que a floculação e a sedimentação antecedem a filtração; neste caso, os flocos resultantes são de maior tamanho e apresentam velocidade de sedimentação alta se comparados à coagulação realizada no mecanismo de adsorção-neutralização.

- O mecanismo de formação de pontes é típico para sistemas nos quais sejam adicionados compostos orgânicos de cadeia longa (polímeros ou polieletrólitos).

Os polímeros usados como coagulantes primários na desestabilização de partículas coloidais são tipicamente catiônicos e de baixo peso molecular (AWWA, 1989).

3.2. INFLUÊNCIA DA CONFIGURAÇÃO DA ETA NA GERAÇÃO DE LODOS

Durante o processo convencional de tratamento de água são gerados dois tipos de resíduos: o primeiro deles é o resíduo sólido gerado nos decantadores (ou eventualmente em flotadores com ar dissolvido) e o segundo são os resíduos gerados na operação de lavagem dos filtros, conforme apresentado na Figura 2.

As configurações das estações de tratamento têm importância significativa na quantidade e tipo de resíduos gerados. Em estações do tipo filtração direta, que não têm unidades de decantação, o único resíduo gerado é o proveniente das lavagens dos filtros. Desta forma, a escolha da melhor concepção para uma estação de tratamento de água pode acarretar variação da qualidade da água tratada, consumo de produtos químicos, custo de construção e, também, influência na geração e no tratamento dos resíduos.

Figura 2 – Pontos de Geração de Resíduos em ETAs

A água de lavagem dos decantadores é outra fonte de lodo que deve ser considerada. Em algumas ETAs, a água de lavagem é integralmente recirculada

com todos os sólidos presentes. Em outras, o tanque de regularização opera como decantador sendo que a água a ser recirculada é captada próxima à superfície e o lodo depositado é enviado a um sistema de tratamento.

As estações de tratamento de Guaraú (Figura 3) e do Alto da Boa Vista (Figura 4), na Região Metropolitana de São Paulo, tratam respectivamente, 33,0 m³/s e 14,0 m³/s e o reaproveitamento das águas de lavagem, 880 l/s, equivale ao abastecimento contínuo de aproximadamente 300.000 habitantes (FERREIRA FILHO et al., 1998).

É recomendada que a vazão de recirculação não exceda a 10% (dez por cento) da vazão da estação, para que não haja grandes variações nas dosagens de produtos químicos.

Figura 3 – Vista Aérea da ETA Guaraú

Figura 4 – Vista Aérea da ETA ABV

No Brasil as alternativas de tratamento dos resíduos têm se voltado mais para os gerados durante o processo de lavagem dos filtros.

No tratamento de águas de abastecimento, os decantadores podem ser convencionais ou de alta taxa. Em alguns casos é utilizada a flotação com ar dissolvido a montante da filtração. Cada uma destas operações unitárias determina distintas características do lodo e, conseqüentemente, implicações no seu tratamento.

A quantidade e as características dos lodos gerados em ETAs convencionais variam em função da qualidade da água bruta a ser tratada e do tipo e dosagem dos produtos químicos utilizados no processo de coagulação (REALI et al., 1999).

Na tabela 2 são mostrados alguns dos resíduos mais comuns em tratamento de água.

A remoção do lodo em sistema com descarga mecanizada ou hidráulica é feita de forma semicontínua e todas as operações unitárias envolvidas no tratamento devem ser dimensionadas para trabalharem da mesma forma. Enquanto isso, os decantadores com descarga em batelada necessitam de sistemas que atendam a uma grande vazão de lodo, ou apresentem tanques de equalização.

Tabela 2 – Prováveis Resíduos Gerados em Processos de Tratamento de Água

Produto Químico	Proveniente de:	Aparece no Resíduo como:	Sólido
Sólidos dissolvidos	Água bruta	Sólidos dissolvidos	Somente se precipitados
Sólidos suspensos (silte)	Água bruta	Silte — sem mudança	Sim
Matéria orgânica	Água bruta	Provavelmente sem mudança	Sim
Sais de alumínio	Coagulação química	Hidróxido de alumínio	Sim
Sais de ferro	Coagulação química	Hidróxido de ferro	Sim
Polímeros	Tratamento químico	Sem mudança	Sim
Cal	Tratamento químico e correção de pH	Carbonato de cálcio ou, se for usada solução de cal, somente impurezas	Sim
Carvão ativado em pó	Controle de sabor e odor	Carvão ativado em pó	Sim
Cloro, ozônio	Desinfecção	Em solução	Não

Fonte: REALI et al., 1999.

Cálculo da Produção de Lodo nas Estações Convencionais de Tratamento de Água

A quantificação da produção de lodo gerado, segundo Ferreira Filho e Alem Sobrinho (1997) apud ASADA (2007) encontra duas vertentes, a primeira é para as ETAs existentes, neste caso a determinação da produção de lodo é estimada pelo monitoramento do processo durante pelo menos um ano, pois se faz necessário contemplar as variações da qualidade da água bruta e como derivação deste as características do tratamento, pois poderá haver a alteração do tipo e quantidade do coagulante, alteração no pH de coagulação. A segunda variante da estimativa da produção de lodo segundo os mesmos autores é para as ETAs em etapa de projeto que é mais complexo e deve ser determinada por meio de dados de ETAs que possuam características similares ou por meio de formulações empíricas.

Há diversas fórmulas empíricas propostas na literatura para a estimativa da produção de sólidos em ETAs (SARON et al., 2001):

American Water Work Association

$$P = 3,5 \times 10^{-3} \times T^{0,66}$$

$$W = 86400 \times P \times Q$$

P – produção de sólidos (kg de matéria seca / m³ de água bruta tratada)

T – turbidez da água bruta - NTU

W – quantidade de sólidos secos (kg/dia)

Q – vazão de água bruta tratada (m³/ s)

Water Research Center

$$P = (SS + 0,07 \times C + H + A) \times 10^{-3}$$

$$W = 86400 \times P \times Q$$

P – produção de sólidos (kg de matéria seca / m³ de água bruta tratada)

SS – sólidos em suspensão na água bruta (mg/L)

C – cor na água bruta (uC)

H – hidróxido coagulante (mg/L)

A – outros aditivos, tal como o polímero (mg/L)

W – quantidade de sólidos secos (kg/dia)

Q – vazão de água bruta tratada (m³/ s)

Association Francaise Pour L'etude Des Eaux

Utilizando-se:

$$SS = 1,2 \times \text{Turbidez da água bruta}$$

$$C (^{\circ}H) = \text{Cor aparente da água bruta (uC)}$$

$$H = \text{Constante de precipitação para o sulfato de alumínio (0,17) } \times \text{Dosagem de Coagulante (mg/L)}$$

Tem-se:

$$P = (1,2 \times T + 0,07 \times C + 0,17 \times D + A) \times 10^{-3}$$

$$W = 86400 \times P \times Q$$

P – produção de sólidos (kg de matéria seca / m³ de água bruta tratada)

T – turbidez da água bruta (NTU)

C – cor aparente da água bruta (uC)

D – dosagem de sulfato de alumínio (mg/L)

A – outros aditivos, tal como o polímero (mg/L)

CETESB

$$P = (0,23 \times SA + 1,5 \times T) \times 10^{-3}$$

$$W = 86400 \times P \times Q$$

P – produção de sólidos (kg de matéria seca / m³ de água bruta tratada)

SA – dosagem de sulfato de alumínio (mg/L)

T – turbidez da água bruta (NTU)

W – quantidade de sólidos secos (kg/dia)

Q – vazão de água bruta tratada (m³/ s)

CORNWELLI

$$P = (0,44 \times SA + 1,5 \times T + A) \times 10^{-3}$$

$$W = 86400 \times P \times Q$$

P – produção de sólidos (kg de matéria seca / m³ de água bruta tratada)

SA – dosagem de sulfato de alumínio (mg/L)

T – turbidez da água bruta (NTU)

A – outros aditivos, tal como o polímero (mg/L)

W – quantidade de sólidos secos (kg/dia)

Q – vazão de água bruta tratada (m³/ s)

Kawamura

$$P = (D \times Fc1) + (T \times Fc2)$$

P – produção de sólidos (g de matéria seca / m³ de água bruta tratada)

D – dosagem de sulfato de alumínio (mg/L)

Fc1 – fator que depende do número de moléculas de água associadas a cada molécula de sulfato de alumínio. Usualmente varia entre 0,23 a 0,26.

Fc2 – razão entre a concentração de sólidos suspensos totais presentes na água bruta e turbidez da mesma. Geralmente na faixa entre 1,0 a 2,0.

Os autores SARON e LEITE (2001) realizaram um trabalho que tentava validar as equações citadas na literatura. Para atingir tal meta realizaram monitoramento de diversos pontos da ETE Guaraú e utilizaram dados da qualidade da água bruta e dosagem de produtos químicos. Os resultados não foram satisfatórios e o intento de validar ou demonstrar a equação que mais se aproxima da realidade não foi conclusivo.

Apenas para exemplificar, esses autores demonstraram que no mês de Janeiro de 2000 a produção de lodo na ETA Guaraú, segundo as equações, foi em média de $72,1 \pm 7,3$ toneladas/dia, e o balanço de massas demonstrou uma produção de 26,4 toneladas de lodo/dia. Os autores não apresentaram explicação do motivo das diferenças observadas

Segundo ALEM SOBRINHO e FERREIRA FILHO (2007) (Informação verbal) ¹ assumindo que o residual de alumínio e ferro seja desprezível na água tratada, a produção de sólidos para esses coagulantes pode ser estimada através das seguintes expressões ((AWWA (1987), ASCE (1996)):

$$PL=Q.(4,89.D_{Al}+SST + CAP + OA).10^{-3} \quad (1)$$

$$PL=Q.(2,88.D_{Fe}+SST + CAP + OA).10^{-3} \quad (2)$$

Onde:

PL= produção de sólidos seco em kg/dia,

Q = vazão de água bruta em m³/dia,

D_{Al} = dosagem de sais de alumínio, expresso como Al em mg/L,

D_{Fe} = dosagem de sais de ferro, expresso como Fe em mg/L,

SST = concentração de sólidos em suspensão totais na água bruta em mg/L,

CAP=concentração de carvão ativado em pó em mg/L,

¹ Informação obtida na aula de Tratamento de Lodos Gerados em Estações de Tratamento de Águas de Abastecimento e de Esgotos Sanitários (PHD 5748) EPUSP, 2007.

OA=outros aditivos em mg/L (sílica ativada, polímeros, etc.).

Os autores demonstram que os coeficientes 4,89 e 2,88 presentes nas equações (1) e (2) foram obtidos partindo-se do pressuposto que todo o alumínio ou ferro adicionado na água bruta precipita-se como hidróxido metálico e que a cada molécula de $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ou $\text{Al}(\text{OH})_3$ são incorporadas cerca de três a quatro moléculas de água.

ALEM SOBRINHO e FERREIRA FILHO (2007) relatam ainda que a maior dificuldade na utilização das equações (1) e (2) é a determinação da concentração dos sólidos em suspensão total na água bruta, pois devido à variabilidade do manancial as oscilações na concentração serão bastante pronunciadas exigindo períodos de monitoramento adequado.

3.2.1. Caracterização de Lodo de ETA

A qualidade do lodo gerado em uma estação de tratamento de água convencional dependerá da qualidade da água bruta a ser tratada, do tipo e da dosagem dos produtos químicos utilizados no processo de coagulação. A maioria das ETAs utiliza sulfato de alumínio ou hidróxido de ferro como coagulantes e produzem, basicamente, como subprodutos do tratamento, lodos dos decantadores e águas de lavagens dos filtros. Além dos coagulantes, a presença de carvão ativado em pó, cal e polímeros é comum nos lodos gerados nas ETAs.

Algumas características físico-químicas dos lodos de decantadores das ETAs operadas pela SABESP na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) são apresentadas na Tabela 3.

Estima-se que a produção atual dos lodos de ETAs nos municípios operados pela SABESP, no Estado de São Paulo, é de 90 toneladas por dia, em base seca (TSUTIYA e HIRATA, 2001).

ASADA (2007) fez um levantamento bibliográfico que demonstra a grande variabilidade das características do lodo gerado em ETAs segundo vários autores, esses dados são apresentados na tabela 4.

As características do lodo da ETA da cidade de Juquitiba/SP operada pela SABESP foram determinadas por ASADA (2007) e estão apresentadas na tabela 5.

Tabela 3 – Características Físico-Químicas dos Lodos de Decantadores das ETAs da RMS

Variável	Unidade	Guaraú	A.B.V.	Rio Claro	Rio Grande	Teodoro Ramos	Alto Cotia
Alumínio	(mg/kg)	65.386	7.505	6.690	83.821	123.507	95.541
Cobre	(mg/kg)	23	1.109	14.833	25	2.791	< 5
Ferro	(mg/kg)	32.712	281.508	449.774	32.751	41.259	30.080
Fluoreto	(mg/kg)	152	86	150	42	46	38
Manganês	(mg/kg)	3.146	1.684	6.756	136	5.181	453
Sódio	(mg/kg)	6.609	1.027	41.482	563	3.222	433
Zinco	(mg/kg)	59	57	75	47	145	66
Organoclorados	(ppb)	ND	0,02	0,02	-	-	ND
Carbamatos	(ppb)	ND	8,4	ND	-	-	ND
Sólidos Totais	(mg/l)	24.957	17.412	14.486	11.043	5.518	10.692
ND = Não Detectado							

Fonte: TSUTIYA e HIRATA, 2001.

Tabela 4 – Características de Lodos de ETAs segundo Vários Autores.

Autor/Ano	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	pH	ST (mg/L)	SV (%)
Neubauer (1968)	30 a 150	500 a 15.000	6,0 a 7,6	1.100 a 16.000	20 a 30%
Sutherland (1969)	100 a 232	669 a 1.100	7,0	4.300 a 14.000	25%
Bugg (1970)	380	1.162 a 15.800	6,5 a 6,7	4.380 a 28.580	20%
Albrecht (1972)	30 a 100	500 a 100.000	5,0 a 7,0	3.000 a 15.000	20%
Culp (1974)	40 a 150	340 a 5.000	7,0	-	-
Nilsen (1974)	100	2.300	-	10.000	30%
Singer (1974)	30 a 300	30 a 5.000	-	-	-
Cordeiro (1981)	320	5.150	6,5	81.575	20,7%
Vidal (1990)	449	3.487	6,0 a 7,4	21.974	15%
Vidal (1990)	173	1.776	6,7 a 7,1	6.300	73%
Cordeiro (1993)	-	5.600	6,4	30.575	26,3%
Patrízze (1998)	-	-	5,55	6.112	19%
Patrízze (1998)	-	-	6,8	6.281	-

Fonte: CORDEIRO, 1993 apud ASADA, 2007.

Tabela 5 – Características Físico-Químicas do Lodo da ETA de Juquitiba/SP

Variável	Resultado
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /L)	46
DBO _{5,20} (mg/L)	47
DQO (mg/L)	1.309
Fósforo solúvel (mg/L)	0,4
Fósforo total (mg/L)	5,2
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)	31
pH	6,1
SST (mg/L)	4.255
SSV (mg/L)	1.070
ST (mg/L)	4.570
STV (mg/L)	1.230

Fonte: ASADA, 2007.

A matéria orgânica contida no lodo de ETA é prontamente oxidável, porém de baixa biodegradabilidade (ALBRECHT, 1972 apud ASADA, 2007).

Os dados demonstrados nas tabelas acima confirmam o que está descrito na literatura especializada, quando relata que a composição do lodo de uma estação de tratamento de água depende da qualidade do manancial e dos produtos químicos utilizados no tratamento.

3.3. SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

3.3.1. Classificação dos Sistemas de Tratamento de Esgotos

Dependendo das características dos esgotos, da eficiência de remoção dos poluentes, podem-se classificar os diversos tipos de tratamento, conforme exposto a seguir (BRAILE e CAVALCANTI, 1993; MENDONÇA, 1990).

Tratamento Preliminar

Este tipo de tratamento, que emprega principalmente processos físico-químicos, tem o objetivo de remover dos esgotos os sólidos grosseiros em suspensão, com granulometria superior a 0,25mm.

Vários tipos de peneiras são disponíveis, estáticas ou dinâmicas. Estas podem ser rotativas ou vibratórias.

O tratamento preliminar deve, quando possível, remover os materiais sólidos facilmente sedimentáveis como areia, farelo e outros. Para isto também se empregam caixas de retenção de areia. Para materiais insolúveis como óleos, gorduras e solventes, empregam-se caixas de separação.

Tratamento Primário

São sistemas utilizados principalmente para a remoção dos sólidos em suspensão. Empregam-se equipamentos com tempos de retenção maiores do que nos empregados no tratamento preliminar.

Os principais processos de tratamento primário são: decantação primária, flotação, filtração, precipitação química com baixa eficiência, neutralização, etc.

Tratamento Secundário

Os efluentes, após os tratamentos preliminares e primários, ainda contêm sólidos dissolvidos como a matéria orgânica (carboidratos, proteínas e lipídeos) e também sólidos suspensos finos.

Os processos mais econômicos para a remoção destes componentes são os biológicos, nos quais os microrganismos transformam a matéria orgânica principalmente em dióxido de carbono (CO₂) e Metano (CH₄).

Os tratamentos biológicos podem ser classificados em:

- Aeróbios, quando são utilizados microrganismos que necessitam continuamente de oxigênio dissolvido,
- Anaeróbios, quando são utilizados microrganismos que crescem na ausência de oxigênio, e
- Facultativos, quando são utilizados microrganismos que podem atuar nas duas condições.

Estes tipos de tratamento oferecem uma excelente remoção da matéria orgânica, assim como reduzem a quantidade de microrganismos patogênicos.

3.3.2. Decantadores Primário e Secundário

Os decantadores são unidades destinadas a remover sólidos sedimentáveis que incluem poucas partículas granulares e muitas floculentas. Entre as impurezas contidas nas águas naturais encontram-se partículas em suspensão e partículas em estado coloidal. Partículas mais pesadas do que a água, podem se manter suspensas nas correntes líquidas pela ação de forças relativas à turbulência (efeito de turbulência).

A decantação ou sedimentação é um processo dinâmico de separação de partículas sólidas suspensas nas águas. Estas partículas, sendo mais pesadas do que a água, tenderão a ir para o fundo com certa velocidade (velocidade de sedimentação). Anulando-se ou diminuindo-se a velocidade de escoamento das águas reduzem-se os efeitos da turbulência, provocando-se a deposição de partículas.

Os decantadores ou bacias de sedimentação são tanques onde se procura evitar ao máximo a turbulência.

É preciso fazer uma distinção entre lodo de partículas granuladas e lodo de partículas flocosas; as primeiras sedimentam-se independentemente umas das outras, com velocidade constante; as segundas aglutinam-se durante a descida, formando flocos cada vez maiores, e cuja velocidade de sedimentação aumenta constantemente.

Pertencem ao grupo de sólidos granulares a areia, a moinha de carvão e a terra aderente aos tubérculos das feculárias, ao grupo de sólidos flocosos pertencem os sais férricos precipitados e os lodos ativados. O lodo de esgotos domésticos está compreendido em um grupo intermediário.

- Velocidade de Sedimentação

As partículas relativamente grandes (diâmetro acima de 0,1 mm) precipitam-se com um movimento acelerado, de acordo com a Lei de Newton (queda dos corpos).

As partículas relativamente pequenas (diâmetro inferior a 0,1 mm), no seu movimento de deposição (queda), atingem um regime de equilíbrio e apresentam uma velocidade constante.

- Taxa de Escoamento Superficial

A experiência comprova que a área superficial dos decantadores é uma característica muito importante e que os resultados de operação dependem da relação vazão/unidade de superfície.

Por isso, modernamente, os decantadores são dimensionados com base em taxas de escoamento superficial, taxas essas, expressas em m^3 de água / m^2 de superfície de decantação, por 24 horas.

Essas taxas são estabelecidas praticamente, em função da qualidade da água (VITORATTO, 1990, VON SPERLING, 1997):

- Remoção de areia $\rightarrow 600$ a $1200 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{dia}$
- Sedimentação simples (sem coagulação) $\rightarrow 5$ a $20 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{dia}$
- Clarificação de águas coloidais $\rightarrow 15$ a $45 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{dia}$
- Clarificação de águas turvas $\rightarrow 30$ a $60 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{dia}$
- Decantador secundário (lodos ativados convencional) $\rightarrow 15$ a $50 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{dia}$
- Decantador secundário (aeração prolongada) $\rightarrow 8$ a $35 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{dia}$

3.3.3. Lodos Ativados

O processo de tratamento de esgotos por lodos ativados foi introduzido nas primeiras décadas do início do século passado, tendo como característica principal uma remoção mais completa de matéria orgânica através de processos biológicos. Nesta época, foi observado que havia remoção de matéria orgânica em esgotos quando estas últimas eram aeradas e que, ao mesmo tempo, formavam-se flocos macroscópicos de microrganismos cuja separação da etapa líquida podia ser realizada por decantação simples, obtendo-se desse modo o lodo biológico. Entretanto, a constatação valiosa foi que esse lodo ao ser adicionado à outra batelada de esgotos, ocasionava um incrível aumento de eficiência de remoção de material orgânico e um crescimento adicional de lodo. Assim, o termo “lodo ativado” deve-se a essa capacidade do lodo biológico acelerar a remoção do material orgânico (ROCHA, 2003).

Desde sua descoberta até os dias de hoje, o processo de lodo ativado não sofreu mudança quanto ao seu princípio: a obtenção de remoção de matéria orgânica dos esgotos através de um contato permanente com o lodo ativado conjugado a uma aeração de mistura. Entretanto, no decorrer dos anos que se seguiram à descoberta do sistema de lodo ativado, muitas contribuições importantes melhoraram o desempenho do sistema. Um avanço inicial no desenvolvimento do sistema de lodo ativado foi a inclusão de um decantador de lodo à montante do reator biológico, criando uma alternativa contínua desse processo de tratamento dos esgotos.

O objetivo principal do decantador primário é a remoção dos sólidos sedimentáveis; como consequência direta obtém-se também a redução da carga afluente ao tratamento biológico. A remoção típica de um decantador primário é de 50 a 70% para os sólidos em suspensão total e de 25 a 40% para a DBO₅ (METCALF & EDDY, 1991; QASIM, 1985; WATER ENVIRONMENT FEDERATION - MOP 11, 1996).

Intensivo no grau de mecanização e obviamente agregando uma operação laboriosa e mais sofisticada dentre os processos de tratamento secundário, o tratamento por lodo ativado distingue-se como o mais utilizado nas estações de grande porte, sendo

ilustrativos a este respeito os exemplos das Estações de Tratamento de Esgotos da Região Metropolitana do Estado de São Paulo denominadas como:

- ETE Barueri – capacidade de 9,5 m³/s,
- ETE ABC – capacidade de 3,0 m³/s
- ETE Suzano – capacidade de 1,5 m³/s
- ETE São Miguel Paulista – capacidade de 1,5 m³/s;
- ETE Parque Novo Mundo (PNM) – capacidade de 2,5 m³/s.

3.3.3.1. Descrição do Processo

Um sistema de lodos ativados é composto por um tanque de aeração seguido de uma unidade de separação de sólidos (decantador secundário), onde o lodo separado é quase totalmente retornado ao tanque de aeração para aumentar a concentração da massa biológica e proporcionar uma melhora na redução da matéria orgânica afluente. O excesso de lodo produzido é descartado, com a finalidade de manter constante a concentração de sólidos suspensos no tanque de aeração.

No tanque de aeração o efluente a ser tratado é submetido à aeração artificial, onde o oxigênio é normalmente fornecido por bolhas de ar injetado através de difusores, por aeradores mecânicos de superfície ou outros tipos de unidades de aeração.

Em relação ao nível de agitação, é necessário manter a mistura completa do seu conteúdo, assim como uma adequada transferência de oxigênio permitindo a decomposição da matéria orgânica e impedindo a formação de zonas de sedimentação, onde poderão surgir condições de anaerobiose para o lodo depositado.

O sistema de aeração mecânica superficial é mais propenso a formar zonas de sedimentação; estudo realizado por SENA (1998) na Estação de Tratamento de Esgotos de Suzano demonstrou que no fundo dos tanques de aeração ocorria a sedimentação e a formação de sulfeto. Demonstra-se através da figura 5 um dos

aeradores da ETE Suzano e através do gráfico 1, demonstra-se a sedimentação de lodo e a formação de gás sulfídrico no tanque de aeração.

Figura 5 – Sistema de Aeração Mecânica Superficial da ETE Suzano (SENA, 1998).

Gráfico 1 - Sedimentação e Formação de Sulfeto nos Tanques de Aeração da ETE Suzano (SENA, 1998).

O nível normal de oxigênio dissolvido nos tanques de aeração encontra-se entre 1,0 e 2,0 mg/L. Baixas concentrações do mesmo têm sido consideradas com uma das causas do intumescimento filamentoso.

3.3.3.1.1. Classificação

Existem diversas variantes do processo de lodo ativado, e podem ser divididos quanto à idade do lodo e quanto ao fluxo.

Quanto à Idade do Lodo

Lodo ativado convencional

4 a 10 dias, segundo von SPERLING (1997),

3 a 15 dias, segundo METCALF & EDDY (1991) e QASIM (1985).

Aeração prolongada – Idade Lodo = 18 a 30 dias.

Quanto ao Fluxo

Fluxo contínuo

Fluxo intermitente (Batelada)

Quanto à Biomassa

Em Suspensão

Fixa ou aderida

Existem ainda outros tipos de variações, onde são utilizadas combinações de processos com o objetivo de remoção de nutrientes, ou a otimização de sistemas existentes. Uma solução encontrada para aumentar a eficiência do processo, seja para tratar carga orgânica excedente ou para remoção de nitrogênio, é a utilização de mídia plástica para crescimento aderido de bactérias.

• Lodo Ativado Convencional

O sistema convencional trabalha com a idade de lodo de 3 a 15 dias (METCALF & EDDY (1991) e QASIM (1985)), e o tempo de detenção hidráulico do reator da ordem de 6 a 8 horas. Com essa idade de lodo, a biomassa retirada do sistema no lodo excedente requer ainda uma etapa de estabilização no tratamento do lodo, por conter ainda um elevado teor de matéria orgânica armazenada nas suas células.

Com eficiência de remoção de carga orgânica tipicamente da ordem de 90% ou superior, o sistema de tratamento por lodos ativados engloba duas correntes distintas de processo, caracterizadas na seqüência:

Tratamento biológico da etapa líquida, apoiando-se na formação e retenção de flocos de microrganismos sintetizados a partir de mecanismos físico-químicos e biológicos de adsorção e assimilação dos substratos. Os flocos assim sintetizados são acumulados no tanque de aeração até um limite pré-estabelecido, que define o estado de regime, procedendo-se a partir daí o descarte, em regime contínuo ou intermitente, do material sintetizado diariamente denominado lodo excedente. A cadeia do tratamento, no seu conjunto, compreende as seguintes etapas:

- Decantação primária para remoção de sólidos sedimentáveis e flutuantes;
- Sistema biológico, constituído pelo conjunto tanque de aeração com decantador secundário e elevatória de recirculação.

Tratamento da etapa sólida, que na sua versão mais clássica engloba as seguintes etapas:

- Adensamento por gravidade do lodo oriundo da decantação primária.
- Adensamento por flotação do lodo excedente, oriundo da decantação secundária.
- Estabilização por digestão anaeróbia da mistura lodos primário e secundário previamente adensados, sendo a praxe a combinação de digestores primários e secundários, ficando como último estágio a desidratação do lodo estabilizado, por via natural ou mecanizada, para a disposição final, predominantemente em aterros.
- **Lodos Ativados por Aeração Prolongada**

O sistema de lodo ativado por aeração prolongada trabalha com idade do lodo na faixa de 18 a 30 dias e recebe a mesma carga de $DBO_{5,20}$ de esgoto bruto que o convencional; em consequência haverá uma menor disponibilidade de alimento para as bactérias. Para que a biomassa permaneça mais tempo no sistema, é necessário que o reator seja maior, com tempo de detenção em torno de 16 a 24 horas.

O tanque de aeração é um reator de mistura completa, a concentração dos sólidos em suspensão total (SST) deverá estar na faixa e 3 a 6 kg/m³ e a taxa volumétrica de retorno de lodo está entre 75% e 150% da vazão média afluente. A aeração poderá ser efetuada por ar difuso ou por aeradores mecânicos.

A eficiência da remoção de DBO_{5,20} é de 90 a 98% com base na DBO_{5,20} solúvel do efluente e a nitrificação é quase total. O processo de aeração prolongada é utilizado para o tratamento de despejos sem decantação primária.

Nesse processo de tratamento, existe também a estabilização aeróbia do lodo, aumentando ainda mais o consumo do oxigênio, que é sensivelmente maior do que o verificado nos processos convencionais. Como o lodo gerado está praticamente estabilizado, ele pode ser disposto de maneira relativamente simples, sem a necessidade de posterior digestão, o que torna esta variante econômica em sistemas de pequeno porte.

Devido à quantidade de sólidos biológicos no tanque de aeração, este sistema é resistente a cargas de choques e lançamento ocasionais de elementos tóxicos no sistema.

A principal vantagem do processo de lodos ativados por aeração prolongada em relação ao convencional é não necessitar de sistema de digestão do lodo excedente, uma vez que pelas condições operacionais o lodo passa a ter tempo de detenção celular apropriado para que ele seja encaminhado ao sistema de desaguamento já mineralizado. Com relação aos picos de vazão, este processo absorve com maior facilidade as variações de carga orgânica aplicadas ao sistema.

- **Lodo Ativado por Batelada**

Os sistemas descritos anteriormente são de fluxo contínuo, entretanto a variante por batelada opera com fluxo intermitente.

O princípio do processo de lodo ativado com operação intermitente consiste na incorporação de todas as unidades, processos e operações normalmente associadas ao tratamento convencional de lodo ativado, quais sejam decantação primária, oxidação biológica e decantação secundária, em um único tanque. Utilizando um tanque único, estes processos e operações passam a ser

simplesmente seqüências no tempo, e não unidades separadas como ocorre nos processos convencionais de fluxo contínuo. O processo de lodos ativados com fluxo intermitente pode ser utilizado tanto na modalidade convencional quanto na prolongada. Nesse último o tanque único passa a incorporar também a unidade de digestão do lodo.

A vantagem do lodo ativado por batelada é o controle que o operador pode manter sobre a seleção de microrganismos. Esse controle inclui disponibilidade de oxigênio, com amplitudes que vão do anaeróbio, passando pelo anóxico até altas concentrações de oxigênio, e disponibilidade de substrato com variações, desde a escassez até a abundância e com isto permite aos técnicos conduzir o crescimento preferencial de microrganismos.

- **Lodo Ativado com Leito Fixo**

Nos últimos anos, vem crescendo a necessidade de sistemas compactos por haver cada vez menos área disponível. Simultaneamente, a legislação vem sendo mais restritiva quanto à qualidade do efluente e a necessidade de uma maior eficiência de remoção de fósforo e nitrogênio. Neste contexto, o reator com biomassa fixa (Biofilme) vem ao encontro das necessidades atuais, pois combina a atividade biológica com a retenção dos sólidos suspensos em um único processo (RYHINER, 1992).

Neste reator a retenção de sólidos se dá através da biomassa aderida à superfície suporte e em menor proporção em suspensão nos interstícios do enchimento. A elevada concentração de biomassa proporciona uma alta taxa de remoção de matéria orgânica por unidade de volume de reator (REIS e SANT'ANNA, 1994).

Com essa grande quantidade de biomassa aderida, não há a necessidade do reciclo do lodo, eliminando-se, portanto, problemas como o espessamento de lodo, muito comuns em reatores com biomassa em suspensão. A concentração da biomassa dentro do reator é independente da sedimentabilidade do lodo. Com isso pode-se obter um resultado final com menor grau de dependência da separação final de lodo (DEGAARD, 1994).

Há ainda uma vantagem com relação ao decantador secundário que pode ser projetado com taxas mais elevadas, diminuindo seu tamanho. Nota-se também a

maior estabilidade do sistema, especialmente em face de picos inesperados de vazões.

Como alternativas para o enchimento, estão aparecendo os enchimentos plásticos estruturados e não estruturados. Estes têm mostrado uma espontânea adesão de microrganismos que vem sendo utilizados em vários processos para tratamento de efluentes, ou em áreas da engenharia química, quando se deseja promover a transferência do gás - líquido. (RYHINER, 1992).

- **Lodo Ativado com Leito Móvel**

Esta modalidade híbrida de lodo ativado associa o sistema de lodo ativado convencional com o leito fixo do filtro aerado submerso. O leito móvel vem sendo desenvolvido cada vez mais para chegar a custos competitivos e os meios sintéticos estão sendo uma boa opção. Um dos objetivos da adição de meios sintéticos é o aumento da capacidade de nitrificação de sistemas de lodo ativado existentes. Essa modificação acabou dando lugar aos chamados reatores híbridos, entre os quais podemos citar o processo denominado de Moving Bed Biological Reactor – MBBR que foi desenvolvido em meados de 1990 pela companhia Norueguesa KALDNES MILJOTEKNOLOGI em cooperação com SINTEF que é uma empresa de pesquisa (RUSTEN et al., 2000).

Os reatores de leito móvel é considerado como crescimento aderido (biofilme) submerso, conforme demonstrado através da figura 6.

Figura 6 - Classificação dos Reatores Biológicos.

O princípio básico do sistema de leito móvel é ter a operação contínua de um reator com biofilme não colmatado com baixa perda de carga e alta área específica de biofilme. Essas condições podem ser obtidas através do crescimento da biomassa em pequenos elementos plásticos que são movimentados livremente pelo reator. A movimentação é feita pelo próprio meio líquido ou com o auxílio de equipamentos mecânicos (WESTRUM, 1995; ANDREOTTOLA, 2000).

Dois tipos de movimentação das peças plásticas no reator são representados na figura 7: (a) movimentação no reator oxidativo feita pelo próprio sistema de aeração,

(b) movimentação das peças no reator anóxico/anaeróbio feita mecanicamente.

Figura 7 – Movimento das Peças Plásticas do MBBR. (a) movimento no reator oxidativo causado pelo sistema de aeração. (b) movimento no reator anóxico/anaeróbio feito mecanicamente (WESTRUM, 1995).

Os sólidos biológicos são desenvolvidos como flocos em suspensão, como no processo dos lodos ativados, e também em filmes aderidos a meio suporte.

Nos filtros submersos aerados quase toda a massa de sólidos é desenvolvida aderida ao meio, já nos reatores híbridos parte se desenvolve em suspensão e parte aderida ao meio, sendo a distribuição da massa de sólidos em regime no reator razoavelmente proporcional à área disponível de meio suporte.

Daí decorre que enquanto os filtros submersos aerados (reatores de biofilme puro) dispensam a recirculação dos lodos separados nos tanques de sedimentação. Nos reatores híbridos a recirculação de lodos tem que ser feita da mesma forma que nos sistemas de lodos ativados.

O sistema de leito móvel comparado com o sistema convencional de lodo ativado traz uma vantagem de não gerar bactérias filamentosas (RUSTEN et al, 1997 apud ANDREOTTOLA et al, 2000, RUSTEN et al, 1999).

Nos projetos de reatores híbridos podem ser previstas zonas anaeróbias e/ou anóxicas visando desnitrificação e remoção biológica de fósforo.

Os reatores de biofilme podem também ser associados a processos físico-químicos para precipitação de fósforo, com adição de coagulantes de base metálica.

3.3.4. Reator Aeróbio de Leito Móvel - RALM

Por ser parte importante no presente estudo resolveu-se ter um capítulo específico sobre esta tecnologia, mesmo sendo esta uma variante do processo de lodos ativados.

Os elementos plásticos citados anteriormente são elementos feitos de polietileno com densidade próxima da água e o formato geralmente é de um cilindro.

Esta tecnologia permite o tratamento de efluentes com altas cargas industriais ou domésticas, em plantas relativamente reduzidas.

Biofilmes consistem em comunidades de microorganismos desenvolvidas sobre superfícies. No caso em questão os elementos de suporte são pequenas peças de polietileno, que apresentam extensa área superficial específica e se encontram suspensas e em movimento no lodo do reator.

Pode ser utilizado como processo único ou numa configuração híbrida com um sistema de lodos ativados em que há recirculação dos sólidos (ØDEGAARD et al., 1993), de maneira que combine as vantagens dos sistemas de lodos ativados (biomassa em suspensão) e de sistemas com biofilme (biomassa aderida).

As substâncias consideradas poluentes, matéria orgânica e nitrogênio na forma amoniacal são o substrato para o crescimento da massa bacteriana cuja concentração, apresentando-se na forma de biofilme, é muito maior do que se estivesse em suspensão simplesmente. A atividade microbiológica é mais alta, fato devido à grande variedade de populações, principalmente bacterianas, nos biofilmes (RUSTEN et al., 1994). Por esse motivo, a quantidade de substrato que pode ser removida é também maior.

Os biofilmes têm como característica importante a estabilidade a variações operacionais, sejam de carga, vazão, ou composição do esgoto afluente. Uma vez que as culturas estejam plenamente estabelecidas no meio suporte móvel, oferecem robustez ao sistema, resistindo a condições em que o lodo em suspensão não seria capaz. Os níveis de nutrientes e de oxigênio dissolvido são as variáveis mais importantes de controle do sistema. A nitrificação também é beneficiada por esse efeito de estabilidade, na medida em que as bactérias nitrificantes também ficam

instaladas nessas comunidades de forma que a oxidação da amônia ocorre com idades do lodo baixas, se calculadas em relação aos sólidos em suspensão.

O excesso de biofilme se desprende naturalmente do suporte, liberando superfície para a ocupação de outros microorganismos. Os fragmentos desprendidos são facilmente separados da etapa líquida em etapa seguinte, por serem mais compactos e conseqüentemente sedimentarem mais facilmente que os flocos do lodo convencional.

Essa tecnologia pode ser implantada em sistemas existentes de lodos ativados convencionais, para aumento de sua capacidade de remoção de matéria orgânica (LESSEL, 1993) ou transformação numa planta com capacidade de remoção de nitrogênio. Isso se consegue com a simples introdução dos elementos de suporte nos reatores biológicos. Conforme o objetivo buscado no tratamento, pode ser implementada pré ou pós desnitrificação, inclusive com a possibilidade de sua utilização no interior das câmaras anóxicas. A melhoria das estações ocorre por diversos aspectos, sejam eles o aumento da quantidade de microorganismos, a melhoria na transferência de oxigênio para a etapa líquida, ou a facilitação da separação de sólidos, que muitas vezes é o ponto crítico nas estações de tratamento de esgotos.

Rusten et al. (1995, b) desenvolveram pesquisa com RALM em sistema com reatores em série envolvendo pré-desnitrificação por meio de recirculação interna. O esgoto utilizado na pesquisa, desenvolvida na Noruega, demonstrou-se diluído e de baixa alcalinidade, recebendo anteriormente apenas tratamento preliminar. A temperatura ambiente era inferior a 10°C. Um dos resultados mais importantes foi o co-relacionamento entre a carga de nitrogênio amoniacal aplicada e a taxa de nitrificação, reproduzida na figura 8.

Figura 8 - Relação entre a Carga de Nitrogênio Amoniacal e a Taxa de Nitrificação no Experimento Conduzido por Rusten et al. (1995)

Observam-se taxas elevadas de conversão de N-NH₄ obtidas sob taxa de aplicação de até 0,9 g N-NH₄/m².d. Constatou-se também que taxas de aplicação de até 11 g DQO/m².d não interferiram na nitrificação, principalmente por que boa parte dela foi consumida na câmara anóxica.

Outra condição de suma importância para o desenvolvimento do processo com RALM é a concentração de oxigênio dissolvido a ser mantida nos tanques de aeração. Nos estudos desenvolvidos pelo mesmo grupo de pesquisadores noruegueses, obteve-se a co-relação entre taxa de nitrificação e concentração de oxigênio dissolvido reproduzida na figura 09.

Figura 9 - Relação entre Taxa de Nitrificação e Concentração de Oxigênio Dissolvido em Sistema com MBBR em Escala Piloto (Rusten et al, 1995)

Inferiu-se que a camada líquida à superfície do biofilme formada nos corpos móveis é limitante para a transferência de oxigênio. Como o oxigênio dissolvido é consumido para degradação de matéria orgânica por microrganismos heterotróficos que se posicionam na parte externa do biofilme, para obtenção da nitrificação o nível de oxigênio dissolvido deve ser elevado para que haja penetração nas camadas internas, região em que predominam as bactérias nitrificantes. Nesta figura 09, observa-se uma relação linear entre a concentração de oxigênio dissolvido e a taxa de nitrificação. A reta deve interceptar o eixo das abscissas entre 2,5 e 3,0 mgO₂/L, faixa considerada mínima para ocorrência da nitrificação. Essa constatação é muito relevante, uma vez que o consumo de energia elétrica para aeração do sistema deverá ser substancialmente maior em relação ao processo de lodo ativado apenas com biomassa em suspensão, em que a concentração de oxigênio dissolvido é mantida entre 1,0 e 2,0 mgO₂/L.

Com relação a desnitrificação, em virtude do esgoto utilizado na pesquisa possuir baixa concentração de carbono orgânico facilmente biodegradável, foram registradas baixas velocidades no sistema com MBBR. Rusten et al. (1995, a), obtiveram a taxa máxima de desnitrificação de 200 gN-NO_x/m³.d. A velocidade de desnitrificação demonstrou-se diretamente proporcional à DQO solúvel

biodegradável. Porém, foram verificados níveis altos de concentração de oxigênio dissolvido, acima de 3,4 mg/L, que também contribuíram para a baixa taxa de desnitrificação.

Atualmente existem alguns fabricantes de mídia plástica, cada qual com características peculiares, sendo que o principal objetivo é obter a maior área superficial no menor volume, visto que isto aumenta a capacidade de tratamento. A tabela 06 apresenta a compilação das características dos suportes plásticos segundo alguns fabricantes.

As figuras 10, 11 e 12 abaixo, mostram os elementos plásticos, respectivamente, das empresas ANOXKALDNES, AQWISE e USF Itália.

Figura 10 – Elemento Plástico- ANOXKALDNES.

Figura 11 – Elemento Plástico- AQWISE.

Figura 12 – Elemento Plástico - USF Itália.

Segundo WESTRUM (1995) para o sistema da empresa ANOXKALDNES a quantidade máxima de suporte plástico em um reator é de 70% (quantidade volumétrica considerando o tanque de aeração vazio), com uma área de $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Porém, como o crescimento é muito menor na parte externa do suporte plástico a área equivalente que deve ser considerada para o crescimento microbológico é de $400 \text{ m}^2/\text{m}^3$. RUSTEN et al. (1999) realizou testes em indústria química na Louisiana, USA utilizando o processo da empresa ANOXKALDNES e recomenda que a área de crescimento microbológico a ser considerada seja de $350 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

SCHECHTER et al. (2007) relata que o sistema da AQWISE, denominado como AGAR® possui uma área específica de crescimento biológico de $600 \text{ m}^2/\text{m}^3$, que é denominada como superfície “protegida”.

Como esses elementos (figuras 10, 11 e 12) são pequenos é necessária a instalação de um eficiente sistema de retenção como demonstrado na figura 13.

Figura 13 – Sistema de Retenção dos Suportes Plásticos – WESTRUM (1995)

Tabela 6 – Características dos Suportes Plásticos segundo Fabricantes.

Fabricante	Nome do suporte plástico	Utilização volumétrica máxima	Área específica	Observação
The Nottingham Koi. Company, UK	FLOCOR-RMP®	70% do volume do tanque de aeração	260 m ² /m ³	d= 0,94 g/cm ³
ANOXKALDNES	KMT-MBBR	70% do volume do tanque de aeração	500 m ² /m ³	Área de crescimento biológico = 400 m ² /m ³
AQWISE	AGAR®		600 m ² /m ³	
USF Italia	Flocor RMP-HSP®		277 m ² /m ³	

Um exemplo da aplicação da tecnologia RALM pode ser dado através do experimento conduzido por RUSTEN et al. (1999) na fábrica BATON ROUGE CHEMICAL pertencente ao grupo EXXON CHEMICAL.

O efluente desta indústria química era tratado em um sistema de filtro biológico seguido de lodo ativado com oxigênio puro. Devido ao aumento nas restrições legais quanto à qualidade do efluente o sistema de tratamento biológico deveria ser melhorado, mas com o agravante de haver pouca área disponível. Decidiu-se assim realizar testes utilizando o processo de lodo ativado com leito móvel. A composição média do esgoto gerado pela empresa BATON ROUGE CHEMICAL é apresentada na tabela 07.

Tabela 7 – Caracterização do Efluente da Indústria Química BATON ROUGE CHEMICAL

Parâmetro	Concentração média mg/L
DBO _{5,20} total	880 ± 150
DBO _{5,20} filtrada	730 ± 150
DQO total	1.740 ± 400
DQO filtrada	1.430 ± 240
SST	90 ± 66
SSV	52 ± 39
NKT	24 ± 10
NH ₄ ⁺ -N	11 ± 4,7
PO ₄ ⁻³ -P	4,5 ± 1,3
Temperatura (°C)	34 ± 1,2

Fonte: RUSTEN et al., 1999

Os testes para avaliar o tratamento do efluente da indústria BATON ROUGE foram feitos em dois reatores com leito móvel operados em paralelo, simulando o recebimento de média e alta cargas orgânicas, como demonstrado na figura 14.

Figura 14 – Experimento Feito na Indústria BATON ROUGE (RUSTEN et al. 1999).

A quantidade volumétrica de suporte plástico adicionada nos reatores foi de 57% (RALM 1) e 61% (RALM 2), o equivalente à área específica de biofilme foi de 285 e 305 m^2/m^3 respectivamente.

A condição de operação dos dois sistemas quanto à concentração do oxigênio dissolvido foi de aproximadamente 4,0 mg/L, e temperatura em torno dos 34°C. As temperaturas nos reatores foram as mesmas encontradas no efluente da indústria.

Os dados obtidos na operação dos reatores RALM 1 e RALM 2 estão demonstrados na tabela 08.

Tabela 8 – Desempenho dos Reatores de Leito Móvel Tratando Efluente de Indústria Química

	RALM 1	RALM 2
Carga orgânica aplicada – g $\text{DOQ}_{\text{total}}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	79 ± 19	36 ± 8
Carga orgânica aplicada – g $\text{DBO}_{5,20\text{-total}}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	40 ± 7	18 ± 3
Eficiência na remoção - % $\text{DQO}_{\text{filtrada}}$	54 ± 6	69 ± 9
Eficiência na remoção - % $\text{DBO}_{5,20\text{-filtrada}}$	62 ± 9	76 ± 12
Produção de lodo – g SST/g $\text{DQO}_{\text{total}}$	0,32	0,30
Produção de lodo – g SSV/g $\text{DQO}_{\text{total}}$	0,24	0,22
Produção de lodo – g SST/g $\text{DBO}_{5,20\text{-total}}$	0,60	0,57
Produção de lodo – g SSV/g $\text{DBO}_{5,20\text{-total}}$	0,46	0,44

Fonte: RUSTEN et al., 1999

Como pode ser observado na figura 14 o efluente dos reatores de leito móvel passou pelo sistema de lodo ativado convencional que serviu como polimento do

tratamento. Devido a esta peculiaridade a qualidade do efluente final não pode ser relacionada diretamente com o desempenho dos reatores aeróbios de leito móvel. Os pesquisadores RUSTEN et al. (1999) nas considerações finais do trabalho registram que o sistema de RALM operando como pré-tratamento seguido de polimento com o sistema de lodos ativados apresentou uma concentração de $\text{DBO}_{5,20\text{-filtrada}}$ no efluente final de apenas 3,4 mg/L e relatam ainda que, baseados nos testes, a diretoria da referida indústria química aprovou a instalação do sistema de leito móvel.

ANDREOTTOLA et al (2000), realizaram pesquisa para comparar o sistema de lodos ativados convencional com o sistema de leito móvel quanto à remoção de cargas orgânica e nitrogenada. Os pesquisadores utilizaram um suporte plástico de baixo custo (FLOCOR-RMP[®]) cujas características foram apresentadas na tabela 06. O trabalho foi realizado utilizando uma área específica de $112 \text{ m}^2/\text{m}^3$ e para o sistema de leito móvel não houve o reciclo do lodo. Os dados desta pesquisa foram agrupados na tabela 09.

Estes pesquisadores quantificaram a biomassa aderida nos suportes plásticos e constataram que no sistema que recebeu maior carga orgânica (1º estágio) a massa aderida foi de $12,5 \text{ g SST}/\text{m}^2$ e no 2º estágio a massa aderida foi de $2,7 \text{ g SST}/\text{m}^2$. Os autores consideraram apenas o crescimento na parte interna do suporte plástico. A citação no trabalho de dois estágios é falha, pois não há indicação numérica das cargas aplicadas.

Tabela 9 – Comparação do Sistema de Lodo Ativado Convencional com o Sistema de Leito Móvel

	RALM	Lodo Ativado Convencional	Observação
Concentração DQO no efluente final	56 mg/L	37 mg/L	Concentração de $\text{DQO}_{\text{af}} = 231 \text{ mg/L}$ (para ambos sistemas)
Remoção de DQO	76%	84%	
Concentração DQO_s no efluente final	25 mg/L	24 mg/L	Concentração de $\text{DQO}_{s\text{-af}} = 87 \text{ mg/L}$ (para ambos sistemas)
Remoção de DQO_s	71%	72%	
Concentração de biomassa	$1,0 \text{ kg SST}/\text{m}^3$	$2,1 \text{ kg SST}/\text{m}^3$	
Carga aplicada de DQO	$0,51 \text{ kg DQO}/\text{kg SST}$	$0,42 \text{ kg DQO}/\text{kg SST}$	

Continua

	RALM	Lodo Ativado Convencional	Observação
Taxa de remoção de DQO	0,39 kg DQO/ kg SST	0,33 kg DQO/ kg SST	
Concentração de Nitrogênio Amoniacal no efluente final	3,2 mg N-NH ⁺ ₄ /L	0,5 mg N-NH ⁺ ₄ /L	Concentração de Nitrogênio Amoniacal afluente = 32,4 mg/L (para ambos sistemas)
Taxa de remoção de Nitrogênio Amoniacal	0,080 kg N-NH ⁺ ₄ / kg SST	0,047 kg N-NH ⁺ ₄ / kg SST	

Fonte: ANDREOTTOLA et al., 2000.

Os pesquisadores concluíram que a DQO solúvel é rapidamente removida em ambos os sistemas, porém a DQO particulada depende das condições de hidrólise e da habilidade de biofloculação de cada sistema, sendo que em sistemas com maior concentração de biomassa esses mecanismos são maximizados. Portanto foi esta condição que levou o sistema de lodos ativados convencional a ter melhor remoção de DQO do que o sistema de leito móvel. No referido trabalho não é explicado o motivo de não haver o reciclo do lodo no sistema de leito móvel, o que contribuiu significativamente para que o resultado absoluto das concentrações no efluente final serem melhores no sistema de lodos ativados convencional.

Analisando os dados contidos na tabela 9 verifica-se que o sistema de leito móvel operou com carga de DQO 21% superior à carga aplicada no sistema de lodos ativados convencional e apresentou uma remoção 18% superior quanto analisado em termos de remoção equivalente (kg DQO_{rem}/kg SST).

Em termos de remoção de carga nitrogenada a situação é a mesma, enquanto o sistema de lodo ativado convencional apresentou uma remoção de 0,047 kg N-NH⁺₄ / kg SST o sistema de leito móvel apresentou uma remoção de 0,080 kg N-NH⁺₄ / kg SST, ou seja, uma taxa 70% superior.

Outra informação importante extraída desse trabalho é a taxa de utilização de amônia (TUA) que é apresentada na tabela 10.

O RALM 1 foi utilizado como um pré-tratamento, objetivando a remoção parcial da matéria orgânica, enquanto o RALM 2 teve como objetivo principal a remoção de nitrogênio. Os dados demonstram que após a remoção da matéria orgânica no RALM 1 a taxa de utilização de amônia (TUA) no RALM 2 é 27% superior à taxa observada no reator operado com lodo ativado convencional.

Tabela 10 – Comparação da Taxa de Utilização de Amônia entre o Sistema de Leito Móvel e Lodo Ativado Convencional

	Lodo Ativado	RALM 1	RALM 2
SST mg/L	3.400	1.450	400
Temperatura °C	20	20	20
TUA – kg N-NH ₄ ⁺ /kg SST.d	0,060	0,0065	0,076

Fonte: ANDREOTTOLA et al., 2000.

Outro experimento foi realizado durante dois anos em escala piloto na Estação de Tratamento de Esgotos de FREVAR instalada na cidade de Fredrikstad na Noruega com o sistema de “leito móvel” para avaliar a remoção de nitrogênio. Um dos problemas a serem equacionados eram as baixas temperaturas (entre 4 e 5°C) que é comum na região durante três meses (RUSTEN et al. 2000). A quantidade de meio suporte utilizada foi de 66% do volume de cada reator (seis reatores), o que equivale a uma área específica de biofilme de 330 m²/m³ em cada reator. A área específica total de crescimento de biofilme foi de 1.980 m²/m³, sendo que cada reator operou em condições diferentes (aerado, anóxico).

Em uma faixa de temperaturas entre 7,2 a 8,8 °C os pesquisadores demonstraram que há uma correlação bem estabelecida entre a taxa de nitrificação e a concentração de oxigênio no meio. A figura 15 demonstra a influência da concentração de oxigênio dissolvido e a taxa de nitrificação.

Figura 15 – Influência da Concentração de Oxigênio Dissolvido no Reator e a Taxa de Nitrificação (RUSTEN et al. 2000).

Outra avaliação feita pelos pesquisadores RUSTEN et al. (2000) foi que o aumento da carga orgânica tanto em sólidos em suspensão como em material orgânico particulado reduziram as taxas de nitrificação no biofilme, portanto um pré-tratamento com altas taxas de remoção de material particulado no primeiro estágio seria benéfico ao processo de nitrificação (RUSTEN et al. 2000).

A operação adequada do RALM para melhoria do processo de nitrificação necessita de altas concentrações de oxigênio dissolvido, tal como demonstrado na figura 15. Os pesquisadores RUSTEN et al. (1994) demonstraram que para ocorrer o processo de nitrificação utilizando meio suporte a concentração mínima de oxigênio dissolvido deve estar entre 2,5 a 3 mg O₂/L. Com esta concentração a taxa de nitrificação será mínima, em torno de 10 g N-NH₄⁺/m³.d, com uma concentração de 4 a 4,5 mg O₂/L a

taxa de nitrificação estará entre 70 a 90 g $\text{N-NH}_4^+/\text{m}^3\cdot\text{d.}$, considerando uma temperatura entre 10,0 a 11,8 °C.

As avaliações de todos os dados advindos da pesquisa realizada na estação de tratamento de esgotos FREVAR indicaram que a taxa de nitrificação para uma temperatura de 10°C e pH controlado foi de 190 g NKT/ $\text{m}^3\cdot\text{d}$ (RUSTEN et al., 2000).

Os pesquisadores RUSTEN et al. (1995, b) investigaram a remoção biológica de nitrogênio em combinação com processo de precipitação química. Pois devido às exigências da comunidade Européia seria necessária a construção de inúmeras outras estações de tratamento de esgotos municipais e para as existentes seria necessária a implementação de melhorias para atendimento dos novos padrões. A pesquisa conduzida por estes pesquisadores continha seis reatores em série, conforme figura 16. A área específica de crescimento do biofilme foi de 310 m^2/m^3 .

Nesta pesquisa determinou-se que o processo de nitrificação cessa quando a taxa de aplicação orgânica ultrapassa 4,5 g $\text{DQO}_{\text{biol,sol}} / \text{m}^2\cdot\text{d}$. Também concluíram que a temperatura teve pouco efeito no processo de nitrificação quando o sistema operava com temperatura entre 7 a 18°C.

Para condições de baixa aplicação de carga orgânica, em temperatura de 10°C e concentração de oxigênio dissolvido de 10 mg O_2/L nos reatores a taxa de nitrificação observada no experimento foi de 1,01 g $\text{NH}_4\text{-N}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ou 313 g $\text{NH}_4\text{-N}/\text{m}^3\cdot\text{d}$. (RUSTEN et al., 1995, b).

Figura 16 – Diagrama de Reatores Aeróbios de Leito Móvel com tanques de pré-denitrificação. (RUSTEN et al. 1995).

3.3.5. Sistema de Tratamento de Lodos Gerados em Estações de Tratamento de Esgotos

Os lodos gerados em estações de tratamento de esgotos podem ser tratados anaerobicamente visando à estabilização e conseqüentemente a redução de volume devido à conversão da matéria orgânica em biogás ou tratamento aeróbio do lodo. A segunda opção é evitada devido ao aumento de custos adicionais com energia elétrica com a implantação de sistema de aeração.

Os lodos gerados em ETEs antes de serem enviados ao sistema aeróbio ou anaeróbio de tratamento passam por unidades visando o seu adensamento.

3.3.5.1. Adensadores de Lodos de ETEs

Os lodos gerados em ETEs podem ser adensados por gravidade, flotação com ar dissolvido ou com a utilização de equipamentos mecânicos. Os lodos gerados em ETAs de modo análogo também podem ser adensados.

O adensamento é um processo de concentração de sólidos visando à redução de seu volume com a separação da água. Esta redução de volume tem um efeito direto nas unidades subseqüentes como condicionamento, secagem e disposição final, principalmente no que diz respeito ao consumo de produtos químicos, custos de equipamentos e custos de transporte e disposição.

- **Adensamento por Gravidade**

O processo mais comum de adensamento por gravidade (TSUTIYA e HIRATA, 2001) se dá em adensador de forma circular e equipado com braços raspadores mecânicos. Os raspadores encaminham o lodo sedimentado para o centro do adensador, de onde é feita a sua descarga.

O lodo adensado é encaminhado para tratamento, por exemplo, digestão anaeróbia ou desaguamento, e o líquido sobrenadante, com significativa concentração de sólidos em suspensão, retorna para o início do processo de tratamento da etapa líquida.

A taxa de aplicação, entre 25 e 150 KgST/m².d conforme o tipo de lodo, é importante para controlar os tempos de permanência e conseqüentemente evitar a geração de odores desagradáveis devendo ficar entre 20 e 30 m³/m².d (JORDÃO e PESSOA, 1995 apud ANDREOLI, 2001).

- **Adensamento por Flotação com Ar Dissolvido**

Adensamento por flotação com ar dissolvido é uma boa alternativa técnica, principalmente para lodos secundários gerados em ETEs.

O sistema consiste essencialmente de uma unidade de flotação e um saturador, sendo a unidade de flotação responsável pela separação da etapa sólida da etapa líquida e o saturador responsável por dissolver o ar na água sob pressão.

A captura de sólidos varia numa faixa de 94 a 99% e o manto de lodo no topo entre 150 e 300 mm (TSUTIYA e HIRATA, 2001). Os dados de lodo adensado variam entre 3 e 6% segundo Metcalf & Eddy (2003).

A Estação de Tratamento de Esgotos Barueri no período de maio/2007 a Abril/2008 demonstra que a captura de sólidos foi de 98% apresentando um lodo com concentração média de 3,6% (SABESP, 2008, a). A Estação de Tratamento de Esgotos ABC apresentou para o período de Abril/2007 à Março/2008 captura de sólidos de 83% com um lodo flotado a 3,1% (SABESP, 2008, b).

Para maximizar a captura de sólidos é recomendada a utilização de polímeros sendo sua dosagem típica variável entre 4 a 10 Kg de polímero seco por tonelada de ST (ANDREOLI, 2001).

- **Adensamento Mecânico**

A utilização do adensamento mecânico em ETEs e em ETAs tem recebido uma atenção especial pela facilidade operacional, minimização de obras civis, e por necessitarem de pouco espaço físico.

Os equipamentos existentes no mercado para adensamento de lodos são: centrífuga, adensador de esteira e adensador tipo tambor:

Centrífugas

As centrífugas são utilizadas tanto para adensamento quanto para o desaguamento dos lodos de ETEs. O Adensamento por centrífugas teve início nos anos 70 sendo

utilizado, primeiramente para lodos de estações de tratamento de esgoto (ASCE, 1996).

Adensamento por Esteiras – Belt Press

O Adensamento por esteiras surgiu junto com a evolução para o desaguamento de lodo. Nos equipamentos mais recentes as unidades de adensamento e desaguamento estão sendo incorporadas/combinadas num único equipamento.

3.3.5.2. Digestão Anaeróbia de Lodos de ETEs

A digestão anaeróbia é vista como uma fermentação simples, que ocorre num único tanque, como numa fossa ou lagoa anaeróbia. Nas primeiras representações esquemáticas da digestão anaeróbia, esta era discutida como uma fermentação realizada por dois grupos de bactérias. O primeiro era caracterizado como o das bactérias acidogênicas, responsável pela transformação de lipídios, proteínas e carboidratos em ácidos graxos de cadeia curta, como acético, propiônico e outros, alcoóis, hidrogênio e dióxido de carbono. O segundo grupo de bactérias, chamadas metanogênicas, transforma estes produtos intermediários principalmente em gases metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (PERES, 1982).

A evolução do conhecimento, no entanto, veio a demonstrar que as metanobactérias não são capazes de utilizar alcoóis exceto o metanol e não podem catabolizar ácidos orgânicos exceto o acético e o fórmico (McINERNEY e BRYANT, 1980)

Isso torna necessário representar o processo anaeróbio incluindo outras populações intermediárias. A degradação anaeróbia é hoje representada como um processo que ocorre em uma série de etapas sucessivas, como pode ser vista na Figura 17 (CHERNICHARO, 1997 apud SENA, 2001), que apresenta um esquema simplificado do processo anaeróbio, mostrando os principais grupos de bactérias: as hidrolíticas fermentativas, as acetogênicas produtoras de hidrogênio, as homoacetogênicas, metanogênicas e as sulforedutoras.

Figura 17 – Sequências Metabólicas e Grupos Microbianos Envolvidos na Digestão Anaeróbia com Sulfetogênese (CHERNICHARO, 1997 apud SENA, 2001)

Bactérias Hidrolíticas Fermentativas

Estas bactérias promovem a solubilização da matéria orgânica, ou seja, a quebra dos polímeros transformando-os em compostos menores. Das proteínas obtêm-se os aminoácidos, dos carboidratos complexos os monômeros de açúcar e a partir das gorduras os ácidos graxos de cadeia longa. Essas reações ocorrem em função da liberação, pelos microrganismos, de enzimas como amilase, celulase, protease e lipase e suas velocidades dependem da superfície específica de contato do substrato com as enzimas.

Em sequência à etapa de hidrólise, estas bactérias atuam na fermentação dos produtos obtidos, com a formação de compostos orgânicos de moléculas menores, tais como os ácidos fórmico, acético, propiônico, butírico, valérico, láctico, além de etanol, amônia e os gases CO₂ e H₂.

A etapa de hidrólise e fermentação tem sido objeto de estudo por diversos pesquisadores, que estudaram, por exemplo, a acidificação da glicose a vários ácidos, em diversos valores de pH (SEGERS, 1981; ZOETEMEYER et al, 1979; ZOETEMEYER et al, 1982), a acidificação de proteínas e aminoácidos pelos microrganismos do gênero *Clostridium* (BREURE, 1986), a acidificação de sacarose, lactose e proteínas em função da vazão específica (VITORATTO, et al, 1991).

A etapa hidrolítica é a etapa limitante da velocidade do processo global quando o resíduo é constituído predominantemente de matéria orgânica não dissolvida (CHERNICHARO, 1997), como celulose, proteínas e gorduras; daí o grande interesse do estudo desta etapa do processo e dos microrganismos responsáveis.

MIRON, et. al. (2000) apud SENA (2001) estudaram a influência do tempo de detenção hidráulica sobre a hidrólise, acidificação e metanogênese em reatores anaeróbios completamente misturados e concluíram que a hidrólise é a etapa limitante para todos os substratos particulados.

O grupo trófico responsável pela hidrólise e fermentação envolve um grande número de gêneros, entre os quais se podem citar, como exemplos, os *Peptostreptococcus*, *Peptococcus*, *Eubacterius*, *Lactobacillus*, *Bacteroides*, *Ruminococcus*, *Clostridium*, *Butyrivibrio*, *Succinimonas* e *Lachnospira*, isolados de biodigestores de lodo de esgoto e de rumem bovino (NOVAES, 1988). Entre eles, o gênero *Clostridium* é um

dos mais frequentes na decomposição de praticamente qualquer tipo de matéria orgânica, sendo representado por diversas espécies. Apresentam-se na Tabela 11 os gêneros mais importantes dos microrganismos hidrolíticos.

Tabela 11 – Gêneros mais Importantes dos Microrganismos Hidrolíticos

Substrato	Gêneros mais importantes
Lipídeos	<i>Clostridium</i> <i>Micrococcus</i>
Proteínas*	<i>Clostridium</i> <i>Bacteroides</i> <i>Selenomonas</i>
Celulose	<i>Clostridium</i> <i>Ruminococcus</i> <i>Bacteroides</i> <i>Acetivibrio</i>
Amido	<i>Clostridium</i> <i>Bacteroides</i> <i>Bacillus</i>
Pectina	<i>Clostridium</i>
Hemicelulose	<i>Clostridium</i> <i>Bacteroides</i>

* A maioria dos microrganismos proteolíticos hidrolisam também carboidratos.
Fonte: NAGAI e NISHIO, 1989.

Bactérias Acetogênicas Produtoras de Hidrogênio

O nome do grupo deve-se aos principais produtos formados, o acetato e o hidrogênio, através do metabolismo das substâncias geradas pelo grupo anterior.

Na etapa de acetogênese alguns produtos da etapa anterior, como o etanol, propionato, butirato, valerato, e lactato, em baixa pressão parcial do gás hidrogênio, são oxidados a acetato, com a formação de CO₂ e H₂ (PERES, 1982; ZEEUW, 1985).

Os tipos de bactérias acetogênicas produtoras de hidrogênio mais encontradas são as *Syntrophomonas wolfei*, *Syntrophobacter wolinii* e *Syntrophus buswellii*. (NOVAES, 1988).

As espécies pertencentes a este grupo produzem hidrogênio obrigatoriamente, através do metabolismo acetogênico e são necessariamente sintróficas, ou seja, a atividade delas depende de uma eficiente remoção do hidrogênio produzido por outros microrganismos.

Bactérias Homoacetogênicas

Contrariamente das acetogênicas produtoras de hidrogênio, as bactérias deste grupo são consumidoras de hidrogênio e produzem acetato a partir de dióxido de carbono como fonte de carbono.

Teoricamente, 67 a 69% do metano (CH_4) formado provêm do acetato, mas alguns estudos mostram que esta porcentagem pode chegar até 73%, graças à atividade das bactérias homoacetogênicas (PERES, 1982).

Nesta população predominam os bacilos do gênero *Clostridium*, além do *Acetobacterium* (NAGAI e NISHIO, 1989).

Bactérias Metanogênicas

São as que apresentam a maior diversidade morfológica entre todos os grupos responsáveis pelo processo anaeróbio.

São organismos anaeróbios obrigatórios e necessitam de um ambiente redutor com potencial redox menor que -300 mV para o seu crescimento, razão pela qual o seu isolamento não foi possível até o desenvolvimento de técnicas de cultivo em anaerobiose eficazes, o que ocorreu somente em 1969.

Todas as bactérias metanogênicas têm uma característica em comum: utilizam um grupo metil como receptor final de elétrons, formando o metano (ZEIKUS, 1977). Esta é uma reação termodinamicamente favorável e serve como um reservatório de elétrons para as reações de oxidação em meio estritamente anaeróbio (THAUER et al., 1977; NAGAI e NISHIO, 1989).

As metanobactérias são divididas em dois grandes subgrupos, de acordo com o substrato utilizado como fonte de energia (NAGAI e NISHIO, 1989).

As que utilizam hidrogênio são chamadas de hidrogenotróficas. A fonte de carbono para elas é principalmente o dióxido de carbono. Algumas são capazes de crescer também em formiato, metanol, monóxido de carbono e metilamina, que são intermediários menos importantes dentro de um biodigestor. As hidrogenotróficas são representadas por uma imensa diversidade de gêneros como *Methanospirillum*, *Methanobacterium*, *Methanobrevibacter*, etc.

As que usam a quebra do acetato como fonte de energia e de carbono são chamadas de acetotróficas ou acetoclásticas. Apenas dois gêneros são conhecidos dentro dessa classe: o das *Methanosarcina* e o das *Methanothrix*.

As bactérias do gênero *Methanosarcina* são as mais versáteis, sendo capazes de utilizar tanto o H_2/CO_2 como o acetato, metanol, metilamina e CO.

Por serem os mais sensíveis aos fatores ambientais e por serem os maiores responsáveis pela remoção do hidrogênio formado nas etapas anteriores, são considerados os microrganismos chave na digestão anaeróbia.

Bactérias Sulforedutoras

O processo de digestão anaeróbia processa-se normalmente em quatro etapas principais, separadas didaticamente em: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

Porém, quando os esgotos a serem tratados contêm compostos de enxofre; existe ainda outra etapa que é conhecida como sulfetogênese (CHERNICHARO, 1997 apud SENA, 2001). Na sulfetogênese os compostos a base de enxofre são utilizados como aceptores de elétrons durante a oxidação dos compostos orgânicos biodegradáveis. A redução dos compostos a base de enxofre a sulfeto é realizada por bactérias anaeróbias estritas, denominadas bactérias redutoras de sulfato ou bactérias sulforedutoras.

As bactérias sulforedutoras competem com as bactérias fermentativas, acetogênicas e metanogênicas pelos substratos disponíveis, sendo que removem os substratos orgânicos primeiro que as bactérias metanogênicas, levando a um aumento na remoção de DQO (SORENSEN, J., 1981 apud CHOI e RIM, 1991). Segundo WARD e WINFREY (1985) e WIDDEL (1988) apud FUKUI et al. (2000) essa competição ocorre pois as bactérias sulforedutoras têm maior afinidade pelos substratos hidrogênio e acetato do que as bactérias metanogênicas.

Comparando-se a energia livre envolvida nas reações que utilizam como substrato o acetato ou propionato, verifica-se que a redução do sulfato é mais favorável termodinamicamente, conforme tabela 12.

Tabela 12 – Reações Anaeróbias de Interesse

Reações	Energia livre de Gibbs (Kcal/mol)
a) $2 \text{Pr}^- + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{Ac}^- + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$	+ 5,84
b) $8 \text{Pr}^- + 2 \text{SO}_4^{2-} \rightarrow 12 \text{Ac}^- + \text{H}_2\text{S} + \text{HS}^- + \text{H}^+$	- 3,34
c) $8 \text{Pr}^- + 14 \text{SO}_4^{2-} + 21 \text{H}^+ \rightarrow 16 \text{CO}_2 + 7 \text{H}_2\text{S} + 7 \text{HS}^- + 8 \text{HCO}_3^- + 16 \text{H}_2\text{O}$	- 22,11
d) $2 \text{Ac}^- + 2 \text{SO}_4^{2-} + 3 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{HS}^- + 2 \text{HCO}_3^- + 2 \text{H}_2\text{O}$	- 12,19
e) $\text{Ac}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{HCO}_3^-$	- 6,77
f) $8 \text{H}_2 + 2 \text{SO}_4^{2-} + 3 \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \text{HS}^- + 8 \text{H}_2\text{O}$	- 9,17
g) $4 \text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$	- 7,82

Pr⁻ : CH₃CH₂COO⁻; Ac⁻ : CH₃COO⁻

Fonte SAWYER (1978) apud PARKIN, et al. (1990)

Trabalhos técnicos demonstram que as bactérias sulforedutoras possuem vantagem cinética sobre as bactérias metanogênicas quando os substratos são o acetato e hidrogênio (WIDDEL, 1988; KRISTJANSSON, et al., 1982; THAUER, 1982 apud PARKIN, 1990).

KRISTJANSSON et al. (1982) apud PARKIN (1990) relatam que a constante de meia saturação (K_s) de Monod para o metabolismo do hidrogênio pelas bactérias sulforedutoras é de aproximadamente 1 µM enquanto para as bactérias metanogênicas é de aproximadamente 6 µM.

THAUER (1982) apud PARKIN (1990) relata que a constante de meia saturação (K_s) para o acetato é de 0,2 mM para as bactérias sulforedutoras e de 3 mM para as bactérias metanogênicas. Assim, nestas condições as bactérias sulforedutoras prevalecem na competição com as bactérias metanogênicas.

3.3.5.2.1. Influência de Fatores na Digestão Anaeróbia

Nesta pesquisa é fato que haverá incremento de metais no lodo gerado no experimento, portanto deteremo-nos às condições de inibição ou toxicidade gerada na digestão anaeróbia dos lodos que envolvem concentração de metais.

O processo de digestão anaeróbia pode ser seriamente afetado por fatores que estão relacionados com o substrato, com as características do digestor ou com as condições de operação. Assim, se um determinado fator provoca um desequilíbrio no processo, este se deve principalmente a uma maior sensibilidade das bactérias metanogênicas, que deixam de produzir metano, ocasionando o aumento na

concentração dos ácidos orgânicos voláteis, que continuam sendo produzidos, causando a queda do pH do meio, além da redução da produção de biogás. A redução da atividade das metanobactérias provoca também o acúmulo de hidrogênio (H₂) no meio, o que faz a rota metabólica desviar do caminho da acetogênese para a formação de compostos mais reduzidos do que o acetato, como os ácidos propiônico, butírico e outros que funcionam como reservatório de elétrons. A formação de ácido propiônico é particularmente problemática para o processo anaeróbio global, pois sua conversão a ácido acético, etapa obrigatória para a sua metanização, é uma reação termodinamicamente difícil conforme pode ser observado na tabela 12, são necessários 5,84 kcal/mol para que esta etapa ocorra, de modo que acaba se acumulando no meio (NAGAI e NISHIO, 1989).

Fatores Fundamentais na Digestão Anaeróbia:

pH;

Alcalinidade;

Temperatura;

Agitação;

Nutrientes – Nitrogênio e Fósforo;

Efeito de inibidores:

Alguns compostos químicos são biologicamente tóxicos quando se encontram em solução e excedem uma dada concentração crítica, para a qual as bactérias ainda são capazes de se aclimatar. (ANDERSON, 1982; SOUZA, 1984)

Ácidos orgânicos voláteis (AOV);

Sulfeto;

Oxigênio;

Amônia;

Metais pesados:

Vários metais pesados podem aparecer em efluentes industriais e mesmo em esgotos municipais, podendo vir a exercer um efeito tóxico a concentrações

relativamente baixas como Zn (163 mg/L); Cd (180 mg/L); Cu (170 mg/L) e Fe (2.600 mg/L) (MOSEY e HUGHEST, 1975 apud SOUZA, 1984).

Uma maneira de diminuir a toxicidade por metais pesados está relacionada com a quantidade de sulfeto presente no biodigestor, pois quando são combinados com metais pesados formam sais insolúveis. Esses sais são inertes e não prejudicam as atividades dos microrganismos (CHERNICHARO, 1997; PIVELI, 1990; PARKIN et al., 1991 apud SENA, 2001)

Aproximadamente entre 1,8 a 2,0 mg/L de metais pesados são precipitados como sulfetos metálicos através de adição de 1,0 mg/L de sulfeto.

SENA (2001), em pesquisa bibliográfica realizada produziu uma tabela síntese das condições inibidoras e tóxicas para diversos metais, que estão reproduzidas na tabela 13.

Tabela 13 - Condições de Inibição/Toxicidade por Metais na Digestão Anaeróbia

	Concentração – (mg/L)	Efeito	Fonte
Arsênio	1,6	Inibição	USEPA, 1987.
Cádmio	20	Inibição	USEPA, 1987.
	180	Tóxico	SOUZA, 1984; ANDERSON, 1982 apud VITORATTO, s.d.
	100 – 200	Estimuladora	McCARTY (1964) apud CHERNICHARO (1997); PIVELI (1990); WPCF – MOP 16, 1987
Cálcio	2.500 – 4.500	Moderadamente Inibidora	McCARTY (1964) apud CHERNICHARO (1997); PIVELI (1990); WPCF – MOP 16, 1987
	8.000	Fortemente Inibidora	McCARTY (1964) apud CHERNICHARO (1997); PIVELI (1990); WPCF – MOP 16, 1987
Chumbo	340	Inibição	USEPA, 1987.
Cobre	0,5 (na forma solúvel)	Inibição aguda	WPCF – MOP 16, 1987
	40	Inibição	USEPA, 1987.
	100	Tóxico	METCALF & EDDY, 1991.
	170	Tóxico	SOUZA, 1984; ANDERSON, 1982 apud VITORATTO, s.d.

Continua

	Concentração – (mg/L)	Efeito	Fonte
Cromo	3,0 (como Cr ⁺⁶)	Inibição aguda	WPCF – MOP 16, 1987
	110 (como Cr ⁺⁶)	Inibição	USEPA, 1987.
	130 (como Cr ⁺³)	Inibição	USEPA, 1987.
	500 (forma total)	Tóxico	METCALF & EDDY, 1991.
Ferro	2.600	tóxico	SOUZA, 1984; ANDERSON, 1982 apud VITORATTO, s.d.
Magnésio	75 – 150	Estimuladora	McCARTY (1964) apud CHERNICHARO (1997); PIVELI (1990); WPCF – MOP 16, 1987
	1.000 – 1.500	Moderadamente Inibidora	McCARTY (1964) apud CHERNICHARO (1997); PIVELI (1990); WPCF – MOP 16, 1987
	3.000	Fortemente Inibidora	McCARTY (1964) apud CHERNICHARO (1997); PIVELI (1990); WPCF – MOP 16, 1987
Mercúrio	1.560	tóxico	LINGLE e HERMAN (1975) apud SOUZA, 1984
Níquel	2,0 (forma solúvel)	Inibição aguda	WPCF – MOP 16, 1987.
	10 – 136	Inibição	USEPA, 1987.
	500	Tóxico	METCALF & EDDY, 1991.
Potássio	200 – 400	Estimuladora	McCARTY (1964) apud CHERNICHARO (1997); PIVELI (1990); WPCF – MOP 16, 1987.
	2.500 – 4.500	Moderadamente Inibidora	McCARTY (1964) apud CHERNICHARO (1997); PIVELI (1990); WPCF – MOP 16, 1987.
	4.000	Tóxico	METCALF & EDDY, 1991
	12.000	Fortemente Inibidora	McCARTY (1964) apud CHERNICHARO (1997); PIVELI (1990); WPCF – MOP 16, 1987.
Prata	13 – 65 (na forma solúvel)	Inibição	USEPA, 1987.

Continua

	Concentração – (mg/L)	Efeito	Fonte
Sódio	100 – 200	Estimuladora	McCARTY (1964) apud CHERNICHARO (1997); PIVELI (1990); WPCF – MOP 16, 1987
	3.500 - 5.500	Moderadamente Inibidora	McCARTY (1964) apud CHERNICHARO (1997); PIVELI (1990); WPCF – MOP 16, 1987
	8.000	Fortemente Inibidora	McCARTY (1964) apud CHERNICHARO (1997); PIVELI (1990); WPCF – MOP 16, 1987.
Zinco	1,0 (na forma solúvel)	Inibição aguda	WPCF – MOP 16, 1987
	163	tóxico	SOUZA, 1984; ANDERSON, 1982 apud VITORATTO, s.d.
	400	Inibição	USEPA, 1987.

Fonte: SENA, H.C. (2001)

3.3.5.3. Condicionamento de Lodos de ETEs

O condicionamento de lodos de ETEs visa melhorar suas propriedades estruturais para permitir a drenagem livre da água, aumentar a recuperação de sólidos, e reduzir o tempo dos ciclos para o desaguamento.

Condicionamento é um processo para melhorar as características de separação das etapas sólido-líquida do lodo, seja por meios físicos ou químicos. Conforme HAUG et al. (1992), o condicionamento de lodos neutraliza ou desestabiliza as forças químicas ou físicas atuantes nas partículas coloidais e no material particulado em suspensão imerso em meio líquido. Este processo de desestabilização permite que as partículas pequenas se juntem para formar agregados maiores, ou seja, os flocos.

É através do condicionamento, que a operação de desaguamento consegue reduzir significativamente a umidade do lodo gerado nas ETEs. Conforme o WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION apud MIKI (1998), o condicionamento químico seguido do desaguamento, pode auxiliar a redução da umidade do lodo de 90 a 99% para 65 a 80%, dependendo da natureza dos sólidos tratados. Já o condicionamento físico, como por exemplo, o tratamento térmico, pode produzir teores menores de umidade.

Os métodos de condicionamento de lodo são influenciados por diversos fatores:

Fatores físicos, químicos, distribuição e tamanho das partículas, grau de mistura, pH e alcalinidade, concentração de sólidos, carga superficial, fatores biológicos, lodo primário e lodo secundário.

Os produtos químicos utilizados no condicionamento do lodo podem ser orgânicos ou inorgânicos (ou ainda a combinação de ambos). Os produtos químicos inorgânicos correntemente usados são os sais férricos, ferrosos e de alumínio e óxido ou hidróxido de cálcio. Já os produtos químicos orgânicos normalmente utilizados incluem o extenso grupo de polieletrólitos orgânicos - polímeros, que têm sido usados extensivamente no tratamento de água e esgoto (MIKI, 1998).

A escolha do melhor polímero apenas pode ser efetuada através de ensaios em escala de laboratório ou piloto e da otimização do processo em escala real. A sua escolha não pode ser efetuada baseada unicamente nos resultados experimentais obtidos, mas também em uma análise econômica do binômio polímero-dosagem (AWWA, 1989).

3.3.5.4. Desaguamento de Lodos Provenientes de Estações de Tratamento de Esgotos ou Estações de Tratamento de Água

A escolha do sistema de desaguamento mais adequado é em função de aspectos técnicos e econômicos. A seleção do equipamento mais apropriado depende das características do lodo a ser desaguado e das características a serem exigidas para o lodo “seco”, tendo em vista o seu transporte e disposição final e, se possível, cada equipamento deve ser avaliado através de ensaios.

De acordo com GRANDIN et al (1993), os sistemas de secagem natural têm como principal vantagem a viabilidade econômica de implantação e operação, desde que haja área disponível. Os sistemas de desaguamento mecânico possuem vantagens como a menor área de implantação, a independência das condições meteorológicas e a minimização de alguns impactos ambientais.

O desaguamento, em muitos casos, envolve a retirada de água por processos de filtração. Estes podem ser analisados através de equações que relacionem perda de

carga, espessura e porosidade da torta, massa específica das partículas de lodo, etc. (FERREIRA FILHO et al., 1998).

Os objetivos principais do desaguamento são:

- Reduzir o volume de lodo a ser descartado;
- Reduzir os custos de transporte e disposição;
- Facilitar o manuseio;
- Reduzir os volumes e consequentemente, os custos de incineração;

Os métodos de desaguamento mais utilizados são (ANDREOLI, 2001):

- Desaguamento natural
- Lagoas de lodo
- Leitos de secagem
- Desaguamento mecânico

Desaguamento Mecânico por Filtro Prensa de Placas

Conforme expresso por MIKI (1998), o filtro prensa para desaguamento de lodos surgiu inicialmente para atender a indústria de açúcar na separação dos sucos através das telas de filtração. A primeira unidade para desidratação de lodo municipal em larga escala nos Estados Unidos surgiu no começo da década de 1920. Outras aplicações do filtro prensa podem ser citadas: em galvanoplastia na desidratação de lodos de hidróxidos de metais provenientes da neutralização de efluentes ácidos; em indústrias de cerâmica, mineração e cimento, na preparação de massas cerâmicas e de porcelana, na desidratação de argila, caulim, pasta de cimento e nas diversas polpas de minério, em indústrias alimentícias e de bebidas, na clarificação de xaropes, micos, vinhos etc.; na compactação de fermento alimentício, leveduras em geral, levedo de cerveja etc.; em indústrias químicas e petroquímicas nas clarificações de suspensões químicas, na separação de cristais, na filtração de carvão em pó, em indústrias farmacêuticas na clarificação de suspensões protéicas, de vacinas industriais etc.

O filtro prensa de placas vem recebendo grande atenção devido aos grandes valores de teores de sólidos, maiores do que os de filtros de esteira e centrífugas.

O desaguamento por filtro prensa de placas é um processo semicontínuo, desenvolvido em batelada. O lodo, na maioria das vezes pré-condicionado, é bombeado para as placas com câmaras de filtração até o seu preenchimento. A partir desse ponto, o sistema permanece sendo alimentado, porém as pressões de recalque aumentam forçando o lodo contra as telas. Com isso, a água passa pelas aberturas das telas, é recolhida e, normalmente, retorna ao processo de tratamento. Já os sólidos são retidos formando a torta de lodo desaguado. Alguns modelos de filtro prensa de placas dispõem de placas auxiliares, diafragmas, que permitem a aplicação de uma sobrepressão na torta formada, normalmente com água pressurizada, aumentando a eficiência do equipamento.

O desempenho ótimo de filtros prensa de placas varia o seu tempo de ciclo entre 2 e 2,5 horas com teores de sólidos da torta com (ANDREOLI, 2001):

- Lodo bruto primário → 45 % ST
- Primário anaeróbio → 36 % ST
- Lodo ativado → 45 % ST
- Lodo misto bruto (primário + ativado excedente) → 45 % ST
- Lodo misto anaeróbio → 45 % ST

O filtro prensa de placas, de pouco uso em ETAs, vem recebendo grande atenção e estudos. A sua utilização produz lodo desaguado com teores de sólidos maiores do que filtros de esteira e centrífugas, porém tem se restringido a situações em que o transporte e disposição final do lodo seco requerem uma torta com teores de sólidos mais elevados.

Na figura 18 está apresentado um filtro prensa de placas com diafragma e na figura 19, o seu esquema geral de funcionamento.

Figura 18 – Filtro Prensa de Placas com Diafragma. (NETZSCH, 2000).

A pressão de operação dos filtros varia de 2 a 15 bar (1 bar equivale a 105Pa), podendo chegar, em certos casos, a até 20 bar. Essa pressão deve ser fixada em função do tipo de lodo e do teor de sólidos que se deseja na torta. A espessura da torta depende da filtrabilidade do lodo (REALI et al., 1999).

Figura 19 – Esquema Geral do Filtro Prensa de Placas com Diafragma (NETZSCH, 2000).

A desvantagem principal deste sistema é o alto custo de implantação em relação aos demais. Os filtros prensa de placas podem ser utilizados para desaguar lodos gerados em sistemas com aplicação de coagulantes de alumínio e ferro mediante pré-condicionamento com polímeros de modo a atingir valores de ST de 30 a 40% (ASCE, 1996).

Em testes realizados por GRANDIN (1992) na ETA Guaraú, que utiliza sulfato de alumínio como coagulante, o lodo proveniente do decantador, condicionado com 5,0 g/kg de polímero aniônico, prensado com 5 bar e espessura de torta de 25 mm, produziu uma torta com concentração de sólidos de 22,8%.

A tabela 14 apresenta os dados médios obtidos nas cinco Estações de Tratamento de Esgotos da Sabesp na Região Metropolitana de São Paulo.

Tabela 14 – Concentração da Torta Gerada nos Filtros Prensa das ETEs ABC, Barueri, PNM, São Miguel e Suzano

ETE	Concentração da torta gerada	Produtos químicos utilizados	Dosagens	Período
ABC	35%	Cal e Cloreto Férrico	33,5% Cal 6,4% FeCl ₃	Abril/2007 a Março/2008
Barueri	25%	Polímero e Cloreto Férrico	0,65% Polímero 4,5% FeCl ₃	Maió/2007 a Abril/2008
PNM	34%	Cal e Cloreto Férrico	34,3% Cal 7,9% FeCl ₃	Janeiro/2007 a Dezembro/2007
São Miguel	27%	Polímero e Cloreto Férrico	0,69% Polímero 4,0% FeCl ₃	Setembro/2007 a Agosto/2008
Suzano	38%	Cal e Cloreto Férrico	14,8% Cal 5,2% FeCl ₃	Maió/2007 a Abril/2008

Fonte: Sabesp, 2008 a,b,c,d,e

3.4. DISPOSIÇÃO DE LODO GERADO EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

No Brasil, os lodos de ETAs têm sido dispostos em cursos de água sem tratamento prévio. Entretanto, baseada na caracterização química desses lodos, a disposição em rios vem sendo questionada pelos órgãos ambientais devido aos possíveis riscos à saúde pública e à vida aquática.

Segundo TSUTIYA e SAMPAIO (2004) nos últimos anos, várias pesquisas nacionais e internacionais tem sido realizadas com o objetivo de buscar soluções para a disposição final dos lodos de ETAs, cujas principais alternativas são: aterro municipal, aterro exclusivo, disposição no solo, fabricação de cimento, fabricação de tijolos, cerâmicas e disposição em estações de tratamento de esgoto (ETEs),

diretamente ou através de coletores de esgoto. A disposição de lodos de ETAs em ETEs pode ser uma excelente alternativa, especialmente em se tratando de ETAs existentes e que não realizam o tratamento de seus lodos.

As alternativas de disposição do lodo gerado nas ETAs podem ser resumidas:

Descarga em curso d'água: método mais barato, porém com impacto ambiental significativo em cursos d'água com baixa vazão e pouca capacidade de dissipação de sólidos. Principal restrição é quanto aos metais provenientes dos coagulantes (TSUTIYA e SAMPAIO, 2004);

Lançamento em rede de esgoto sanitário: é uma pratica bastante utilizada nos EUA. Elimina a necessidade de instalações de desidratação na ETA, porém aumentam os resíduos a gerenciar na ETE; e pode gerar interferências nas unidades e processos do tratamento de esgoto (TSUTIYA e SAMPAIO, 2004);

Disposição em aterro sanitário: Os aterros sanitários ainda se apresentam como uma alternativa viável devido à disponibilidade de áreas economicamente acessíveis nas cidades de pequeno e médio portes (BIDONE et al., 2001 apud ASADA, 2007). Segundo TSUTIYA e SAMPAIO (2004) é a alternativa mais onerosa, pois implica na necessidade de transporte do lodo. Os resíduos devem ser pré-tratados para aumento da concentração de sólidos e melhor tratabilidade no aterro.

Aplicação no solo: espalhamento do lodo em forma líquida, semi-sólida ou sólida no solo para adequação de suas características orgânicas e de nutrientes, conjuntamente ou não com lodos de ETEs. Duas culturas agrícolas são destacadas: citros e grama comercial (TSUTIYA e SAMPAIO, 2004). Em áreas degradadas, segundo TEIXEIRA et al (2005) apud ASADA (2007) a disposição do lodo poderá promover a recuperação pelo aumento de teores de macronutrientes e do pH do solo. A pesquisadora ASADA (2007) cita diversos autores que alertam para o fato de que se o lodo gerado contiver alumínio a sua disposição deverá ser monitorada, pois haverá o sequestro de fósforo, o que prejudicará o desenvolvimento das plantas.

Aplicação industrial: devido às características do lodo gerado nas ETAs há muitos estudos para a reutilização como matéria prima na construção civil: fabricação de cerâmica vermelha (tijolos, telhas e manilhas), matrizes de argamassa e concreto (TSUTIYA e SAMPAIO, 2004; REALI, 1999; SALES e CORDEIRO, 2001 apud

ASADA, 2007; HOPPEN et al, 2003 apud ASADA, 2007, DAVID, 2002). O lodo gerado na ETA de São Leopoldo/RS foi estudado para aproveitamento cerâmico, sendo que os resultados mostram que os objetos cerâmicos contendo lodo de ETA apresentam propriedades tecnológicas adequadas para uso, que depende da temperatura de queima.

Nos Estados Unidos, segundo a American Water Works Association (1999) apud TSUTIYA e SAMPAIO (2004), as principais alternativas adotadas para disposição final dos lodos gerados em ETAs são disposição em aterros, agricultura e na rede de esgotos. O detalhamento desta disposição é apresentado através do gráfico 2.

Já na Europa, as referências indicam pequena disposição em sistemas de tratamento de esgoto: 1,5% na Holanda por Cornwell (1990) apud TSUTIYA e SAMPAIO (2004) e 4,9% na Inglaterra por Grandin (1992).

Gráfico 2 - – Disposição Final de Lodos de ETAs nos Estados Unidos (AWWARF, 1999 apud TSUTIYA e SAMPAIO, 2004)

Estima-se que a produção atual de lodos de ETAs nos municípios operados pela SABESP, no Estado de São Paulo, é de aproximadamente 90 toneladas por dia, em base seca (TSUTIYA, 2001). Considerando que os lodos gerados possuem no máximo 5% de sólidos (REALI, 1999), temos aproximadamente 1.800 toneladas de lodo em base úmida geradas nas ETAs.

O manual *Management of Water Treatment Plant Residuals*, elaborado conjuntamente pela ASCE e AWWA (1996) apresenta uma compilação de resultados coletados pela EPA - Environmental Protection Agency do governo dos Estados

Unidos com as experiências das principais ETAs deste país, conforme apresentado na tabela 15.

Tabela 15 – Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) com Recebimento de Lodos Gerados em Estações de Tratamento de Água (ETAs) nos Estados Unidos (EUA)

UNIDADE	VAZAO (m ³ /h)		PROCESSO
	Média Diária	Projeto	
<i>Dunkirk Water Treatment Plant Dunkirk, NY</i>	630	1.260	Coagulação, Abrandamento com Cal, Filtração.
<i>City of Boulder WTP Boulder, CO</i>	835	1.890	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>Chesterfield County WTP</i>	1.654	1.890	Remoção Fe/Mn, Coagulação, Abrandamento com Cal, Filtração.
<i>Conestoga WTP Lancaster, PA</i>	1.103	2.520	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>T. W. Moses WTP Indianapolis, IN</i>	1.575	2.520	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>Texarkana WTP Texarkana, TX</i>	1.733	2.835	Sedimentação Filtração
<i>Franklin WTP, Charlotte-Mecklenburg Utility District</i>	7.497	15.120	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>Vest WTP Charlotte-Mecklenburg Utility District</i>	2.977	3.780	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>City of Beach WTP Myrtle Beach, NC</i>	2.205	4.646	Coagulação, Sedimentação, Filtração, Ozonização.
<i>City of Greensboro WTP Greensboro, NC</i>	4.883	6.930	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>Knoxville WTP Knoxville, TN</i>	4.725	9.450	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>Erie City Water Authority Erie, PA</i>	6.300	11.025	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>Chattanooga WTP Chattanooga, TN</i>	5.985	11.340	Coagulação, Sedimentação, Filtração, Carvão Ativo
<i>Belmont WTP Philadelphia, PA</i>	9.450	12.600	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>Queens Lane WTP Philadelphia, PA</i>	15.750	15.750	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>Nottingham WTP Cleveland, OH</i>	13.718	15.750	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>Morgan WTP Cleveland, OH</i>	12.600	23.625	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>Baldwin WTP Cleveland, OH</i>	13.388	25.988	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
Continua			
<i>Nashville WTP Nashville, TN</i>	18.900	28.350	Coagulação, Abrandamento, Filtração.
<i>City of Milwaukee Waterworks Milwaukee, WI</i>	18.900	39.375	Coagulação, Sedimentação, Filtração.

Continua

UNIDADE	VAZAO (m ³ /h)		PROCESSO
	Média Diária	Projeto	
<i>F.E. Weymouth Filtration Plant LaVerne, CA</i>	51.975	81.900	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>Robert A. Skinner Filtration Plant Temecula, CA</i>	47.250	81.900	Coagulação, Sedimentação, Filtração.
<i>Joseph Jensen Filtration Plant Granada Hills, CA</i>	52.448	86.625	Coagulação, Sedimentação, Filtração.

Fonte: ASCE, EPA, AWWA, 1996

Os efeitos dos recebimentos de lodos de ETA em ETE dependem da relação entre a massa de lodo de ETA e a vazão da ETE receptora. A seguir são apresentados os principais efeitos, positivos ou negativos, encontrados por diferentes pesquisadores e projetistas, quando simulados ou estudados casos de disposição de lodo de ETA em ETE. No entanto, vale salientar que os resultados obtidos nestes estudos não devem ser generalizados, visto que as ETAs produzem resíduos com características muito particulares. Na verdade, o sucesso desse tipo de disposição irá depender das características do resíduo da ETA e da tecnologia de tratamento utilizada na ETE.

3.4.1. Equalização e Encaminhamento dos Lodos da ETA para a ETE

De maneira geral, os lodos da ETA podem ser encaminhados à ETE por sistema de coleta de esgotos por gravidade, sistemas de bombeamento, ou ainda transportado em caminhões. A capacidade dos sistemas, efeitos de corrosão, sedimentação e entupimento de redes, custos de implantação e operação, impactos dos resíduos na ETE são as principais variáveis para a definição do sistema (ASCE et. al., 1996).

Segundo FERREIRA FILHO (1998) e ASCE et. al (1996), os lodos de ETAs devem ser equalizados para o encaminhamento à ETE. Cornwell et al (1987) apud ASADA (2007) recomenda ainda que para que a disposição dos lodos de ETAs em ETEs tenha sucesso é necessário realizar um constante monitoramento do sistema e uma equalização.

ASADA (2007) cita ROLAN (1987) e SALOTTO et al (1974) que estudaram a aplicação de lodo de ETA contendo alumínio em sistema de lodo ativado. Estes estudos mostraram que, de modo geral, se o lodo da ETA for equalizado não

ocorrerão oscilações no tratamento biológico. Havendo decantador primário a maior parte dos sólidos provenientes da ETA será removida neste ponto.

Tal procedimento deve ser realizado com apoio de sistemas de remoção de lodo dos decantadores mecanizados ou com a implantação de tanques auxiliares de acumulação e equalização.

As limitações quanto às características do lodo de ETA a ser tratado em uma ETE incluem principalmente os seguintes itens (ASCE et. al 1996):

- Valor de $DBO_{5,20}$;
- Concentração de SST (sólidos em suspensão totais);
- Carga de sólidos (ton/dia);
- Variação de pH;
- Metais pesados constituintes;

Experiências da SABESP na ETE Franca relatam o recebimento do lodo da ETA em batelada, mediante uma programação antecipada diretamente para um decantador primário reservado, com volume de 1600 m³. O lodo recebido no decantador primário é então enviado diretamente para o digestor secundário de modo escalonado. Entre os períodos úmido e seco, ocorrem variações na qualidade e na quantidade de lodo aduzido (SABESP, 2003).

3.4.2. Efeito do Recebimento de Lodo de ETA sobre o Tratamento de Esgotos

SCALIZE (2003) realizou testes em uma estação piloto composta de lagoa de aeração seguida de lagoa de sedimentação, adicionou-se ao sistema lodo de ETA contendo cloreto férrico, foi verificado que tal resíduo melhorou a qualidade do efluente em termos de DQO, DBO, SST, turbidez, cor, amônia, nitrato, NTK e fosfato total. Os parâmetros ST, SDT, cloreto, nitrito, condutividade e pH não apresentaram diferenças significativas.

Nos estudos de CARVALHO (1999), obteve-se um incremento de até 50% na remoção de sólidos suspensos e turbidez, 40% na de DQO e fosfatos e 30% na de nitrogênio.

Os sólidos dissolvidos presentes nos lodos de ETAs, em determinadas concentrações podem inibir o processo biológico de tratamento de esgotos. A determinação deste efeito não é simples de ser realizado. Uma carga de choque inicial de um composto tóxico pode inibir o processo biológico, porém, com vários compostos, os microrganismos podem se adaptar e se ajustar à presença de um determinado composto tóxico. Uma boa prática é equalizar a descarga de acordo com as vazões afluentes à ETE, para que as concentrações de compostos potencialmente tóxicos permaneçam constantes. A toxicidade do lodo ao sistema biológico de tratamento, bem como as conseqüências desta descarga à qualidade e a produção dos lodos das ETEs, devem ser analisadas para evitar qualquer efeito não desejado ao sistema de tratamento de esgotos (TSUTIYA, 2001).

Os resultados operacionais da ETE Franca indicam alterações no tratamento secundário com a queda da turbidez do efluente final devido à melhor sedimentação nos decantadores secundários; a mudança da coloração de marrom para avermelhada nos tanques de aeração (consequente aumento da cor); redução no percentual de SSV em relação ao SST nos tanques de aeração. A eficiência de remoção da ETE Franca se manteve estável (SABESP, 2003) conforme dados apresentados nos gráficos 03, 04 e 05.

Gráfico 3 - Percentual de SSV em Relação ao SST nos Tanques de Aeração (SABESP, 2003)

Gráfico 4 - Turbidez do Efluente Final (SABESP, 2003)

Gráfico 5 - Eficiência de Remoção da ETE Franca (SABESP, 2003)

3.4.2.1. Efeitos sobre a Decantação

De maneira geral, os estudos desenvolvidos apontam para uma melhora na eficiência do decantador primário. Segundo CARVALHO (1999), o aumento na eficiência ocorre devido presença de hidróxido de ferro no resíduo do lodo de ETA, resultando na floculação do esgoto. Tal fenômeno deve-se principalmente ao entrelaçamento ("entrapment") das partículas presentes no esgoto precipitado.

No estudo realizado por SCALIZE (2003), comparando-se colunas de decantação com e sem lançamento de lodo de ETA, verificou-se que o sobrenadante da coluna com lançamento de lodo de ETA apresentava uma maior redução na concentração das variáveis cor, turbidez, SST, SSV e DQO, além de coliformes totais, *Escherichia*

coli, ovos de *Ancylostomidae* e larvas de *Strongylaides*. O trabalho foi conduzido utilizando lodo originário de uma ETA que utilizada sulfato de alumínio como coagulante.

A adição de lodo de ETA em uma ETE operada no sistema de aeração prolongada melhorou o índice volumétrico do lodo (IVL) nas três condições de recebimento (ASADA, 2007). Demonstra-se a melhora citada através do gráfico 6.

É fácil observar que a menor variação de dados ocorreu quando houve o recebimento de 100 mg SST/L de lodo de ETA, sendo que a pior situação observada, maior variabilidade, ocorreu para o lodo sem o recebimento de lodo de ETA.

Gráfico 6 - Índice Volumétrico do Lodo (IVL) para Lodo Ativado com Aeração Prolongada Recebendo Lodo de ETA (ASADA, 2007).

O trabalho realizado por ASADA (2007) em uma ETE Piloto apesar de demonstrar melhora na sedimentabilidade do lodo, também mostrou que houve aumento na concentração de sólidos em suspensão totais no efluente final com o aumento da dosagem de lodo de ETA, conforme demonstrado através do gráfico 7.

Gráfico 7 - Concentração de Sólidos Suspensos Totais no Efluente final com Diferentes Dosagens de Lodo de ETA. (ASADA, 2007).

Ensaio de sedimentação em colunas, realizados por ESCOBAR (2001), utilizando a mistura em diversas proporções de lodo adensado de ETA com esgoto sanitário, apresentaram um aumento nos valores de turbidez e de sólidos suspensos na mistura inicial e no sobrenadante clarificado obtido após duas horas de sedimentação.

Este aumento foi proporcional a quantidade adicionada de lodo de ETA, indicando que, nas proporções testadas, variando de 26 % a 86 % em razões volumétricas, não seria aconselhável misturar o lodo de ETA com o esgoto sanitário, na etapa de sedimentação primária na ETE.

Essas experiências apontam que dosagens de até 50 mg SST/L de lodo de ETA no afluente à ETE podem aumentar a eficiência de remoção de sólidos na sedimentação primária, porém acima deste valor de dosagem pode haver uma queda da eficiência (ASCE et al., 1996, CONSORCIO TECNOPAR, 2003).

Os resultados operacionais da ETE Franca indicam o aumento na concentração de sólidos no lodo primário, que era reservado para o recebimento da ETA, e queda da eficiência de remoção de $DBO_{5,20}$, DQO e SST nos demais decantadores primários (SABESP, 2003) conforme apresentado no gráfico 8.

Gráfico 8 - Eficiência de Remoção dos Decantadores Primários de Jan/2001 a Abri/2002 (SABESP, 2003).

3.4.2.2. Efeitos sobre a Remoção de Matéria Orgânica – $DBO_{5,20}$ e

DQO

Segundo OLIVEIRA (2005) apud ASADA (2007) o recebimento de lodo de ETA em um sistema de lagoas de estabilização (sistema australiano) localizada no município de São Lourenço da Serra/SP não afetou as remoções de $DBO_{5,20}$, que se mantiveram em torno de 90%. A conclusão do pesquisador é que não houve interferência no processo biológico.

Pesquisa realizada por ASADA (2007) em um sistema de tratamento de esgoto pelo processo de lodo ativado com aeração prolongada utilizando dosagens de lodo de ETA nas seguintes concentrações: 25 mg/L, 50 mg/L e 100 mg/L demonstrou que a eficiência de remoção de $DBO_{5,20}$ passou de 88% (antes das dosagens de lodo de ETA) para 94% (após dosagens de lodo de ETA). A concentração de $DBO_{5,20}$ no efluente antes da adição de lodo de ETA era de 19 mg/L e após a adição de lodo de ETA o valor da mediana permaneceu abaixo de 15 mg/L.

ASADA (2007) observou também os efeitos das dosagens de lodo de ETA na concentração da DQO. Para esta variável houve um aumento no efluente final, com o aumento da dosagem de lodo de ETA. Antes desta dosagem a concentração

mediana de DQO no efluente era de 31 mg/L; com a adição do lodo de ETA as concentrações medianas passaram para:

- Com dosagem de 25 mg SST/L de lodo de ETA = Concentração de DQO mediana no efluente = 35 mg/L;
- Com dosagem de 50 mg SST/L de lodo de ETA = Concentração de DQO mediana no efluente = 42 mg/L.
- Com dosagem de 100 mg SST/L de lodo de ETA = Concentração de DQO mediana no efluente = 56 mg/L.

A pesquisadora observou que avaliando o comportamento na eficiência de remoção de DQO, notou-se que antes da adição do lodo de ETA a remoção mediana de DQO era de 90%, a mesma eficiência observada com a adição de lodo de ETA nas concentrações de 25 mg/L e 50 mg/L. Para as dosagens de lodo de ETA na concentração de 100 mg/L a eficiência de remoção mediana de DQO foi de 76,6%.

À luz dos resultados apresentados poder-se-ia concluir que com o acréscimo de lodo de ETA há um efeito negativo aos processos biológicos de oxidação da matéria orgânica, porém a própria pesquisadora argumenta que os bons resultados na remoção da $DBO_{5,20}$, a estabilidade nas taxas de consumo de oxigênio nas etapas do estudo e os exames microscópicos realizados no lodo biológico levam à conclusão que não houve qualquer alteração negativa ao sistema.

3.4.2.3. Efeitos sobre a Remoção de Fósforo

Uma maior eficiência na remoção de fósforo é observada quando lodos que contêm alumínio ou ferro são lançados em ETEs. No entanto, a remoção excessiva desse nutriente pode inibir o processo biológico de tratamento de esgotos (TSUTIYA, 2001).

Os fosfatos formam complexos insolúveis com diversos íons metálicos, sendo o grau de complexação dependente da concentração relativa dos fosfatos e dos metais, do pH e de outros elementos e compostos como sulfatos, carbonatos fluoretos e orgânicos. No caso dos lodos de ETAs, estes carregam massas consideráveis de metais, como o ferro, decorrente principalmente da adição de sulfato férrico, utilizado como coagulante na ETA.

Dependendo do estado destes metais, ionizados ou não, existe a possibilidade de que grande parte do fósforo, sob forma de fosfatos no afluente à ETE, venha a ser complexado durante o tratamento preliminar. Fato que poderia dificultar ou, no limite, impossibilitar o processo biológico no reator projetado, obrigando a adição de fósforo sob forma de insumo químico (fosfato de sódio, p.ex.).

Referências da ASCE, EPA, AWWA (1996) também indicam que o aporte dos metais dos coagulantes, ferro e alumínio, acarretam a precipitação de fósforo. Publicação da FWR (1994) também expressa estas experiências em países da Europa (França, Alemanha, Holanda e Suíça) com resultados similares.

3.4.2.4. Efeitos no Processo de Desnitrificação Biológica

Outro efeito que se pode esperar do recebimento de lodo de ETA em ETE é a remoção de parte da matéria orgânica solúvel (cerca de 40% da DQO solúvel). Este efeito é constatado quando são dosados coagulantes ao afluente e/ou correntes líquidas internas nas ETEs.

Nos processos de tratamento com objetivo de remoção de nitrogênio, através de desnitrificação em tanque anóxico, essa maior remoção da DQO pode ser prejudicial. A remoção de matéria orgânica solúvel ou coloidal terá como consequência provável a redução, no afluente, da matéria orgânica rapidamente biodegradável, essencial para viabilizar (técnica e economicamente) o processo de desnitrificação biológica em câmara anóxica primária.

O recurso da desnitrificação biológica em alguns casos, não pode ser descartado como meio de recuperar parte da alcalinidade (muitas vezes baixa, em torno de 200 mgCaCO₃/l no afluente) a ser consumida no processo de nitrificação biológica.

Desta forma garante-se o pH estável, entre 6 e 7, no reator biológico, que é condição indispensável à estabilidade do próprio processo de nitrificação.

Cabe acrescentar que as lacunas e pendências existentes em relação à complexação e insolubilização de fosfatos, a remoção de DQO rapidamente biodegradável, e aos seus efeitos sobre o reator biológico projetado só podem ser

mais bem aferidas por meio de testes de bancada e escala-piloto, considerados indispensáveis (CONSÓRCIO TECNOPAR, 2003).

3.4.3. Possíveis Modificações da Qualidade do Lodo da ETE

Os lodos de ETAs contêm metais sob formas diversas (óxidos, hidróxidos carbonatos) que na ETE serão, na sua maior parte, encaminhados à etapa sólida, seja via lodo primário ou pelo lodo secundário descartado. Estas massas de metais se somarão às que são já registradas, decorrentes de despejos industriais lançados ao sistema de esgotos, e desta maneira interferindo na escolha do método adequado de disposição dos lodos da ETE.

3.4.3.1. Efeitos sobre a Produção e Desaguamento do Lodo

Um fator comum relacionado à aplicação de lodo de ETA em ETEs é o aumento do bio-sólido da ETE e um decréscimo na relação de voláteis (ASCE, EPA, AWWA, 1996). Os sedimentos obtidos em colunas de sedimentação com lançamento de lodo de ETA apresentaram maior quantidade de Sólidos Totais (ST) com menor resistência específica à filtração; pode-se concluir que deveria haver melhora na eficiência no desaguamento mecânico desses resíduos (SCALIZE, 2003).

O efeito do recebimento de lodo de ETA sobre o adensamento por gravidade do lodo primário formado não é muito conhecido, mas há indicações sobre a possibilidade de queda na concentração do lodo adensado para valores inferiores a 5%. Segundo Rolan (1980) apud TSUTIYA (2001) a produção de lodos nas ETEs é aproximadamente duas vezes maior, quando adicionados 200 mg/L de lodos de ETA.

Na pesquisa realizada por ASADA (2007) foi demonstrado que houve um aumento na produção de sólidos, com o recebimento do lodo de ETA nas seguintes proporções:

- Para dosagem de 25 mg SST de lodo de ETA/L houve aumento de 4,6% na produção de lodo (de 16,48 g/dia para 17,24 g/dia)

- Para dosagem de 50 mg SST de lodo de ETA/L houve aumento de 37,7% na produção de lodo (de 16,48 g/dia para 22,70 g/dia)
- Para dosagem de 100 mg SST de lodo de ETA/L houve aumento de 41,0% na produção de lodo (de 16,48 g/dia para 23,24 g/dia)

Testes de resistência específica e viscosidade efetuados para o lodo primário bruto e inoculado, indicaram o grau de desaguamento dos mesmos aumentaria em consequência do aumento da dosagem de resíduo da ETA introduzida no esgoto (ESCOBAR, 2001).

Na ETE Franca, operada pela SABESP, o envio de lodo da ETA ocorre diretamente para o biodigestor secundário. Os resultados operacionais desta ETE indicaram alterações no tratamento de etapa sólida (SABESP, 2003), como se seguem:

- A concentração do lodo primário passou de 3,15% para 6,68%;
- A concentração de sólidos no interior do biodigestor passou de 2,5% para 6,0%;

Ocorrem também alterações no Sistema de Desaguamento da ETE Franca (SABESP, 2003):

- Aumento de consumo de polímero;
- Aumento no volume de biossólidos produzido, de 15 para até 30 m³/d;
- Diminuição da dosagem de polímero de 3,82 para 2,90 Kg Poli/ton seca;
- Aumento do percentual de matéria seca nos biossólidos de 20 para até 30% (valor médio);

Para a ETE Franca demonstra-se através do gráfico 9 o aumento na concentração do lodo primário e através do gráfico 10 demonstra-se o aumento na quantidade de lodo gerado nesta unidade após o recebimento de lodo de ETA.

Gráfico 9 - Percentual de Sólidos Totais no Lodo Primário da ETE Franca (SABESP, 2003).

Gráfico 10 - Volume de Biossólidos Produzido na ETE Franca (m³/mês) (SABESP, 2003).

3.4.3.2. Efeitos sobre a Digestão Anaeróbia do Lodo

Os efeitos da aplicação de sólidos de lodos de ETAs no processo de tratamento de esgotos são especialmente críticos na digestão anaeróbia.

O tratamento anaeróbio pode ter altas taxas de remoção, pois há uma associação de diferentes bactérias nos flocos favorecendo a metanogênese. A completa conversão do material orgânico em metano e dióxido de carbono requer pelo menos três diferentes grupos funcionais tróficos, quais sejam, bactérias fermentativas

hidrolíticas, bactérias acetogênicas sintróficas (produtoras obrigatórias de hidrogênio) e bactérias metanogênicas (THIELE e ZEIKUS, 1988).

A primeira etapa de fermentação tem como função primordial transformar o material complexo em material de menor peso molecular como álcoois, ácidos orgânicos e gás hidrogênio (THIELE e ZEIKUS, 1988). Os metais encontrados no lodo de ETA poderão interferir nesta etapa primordial da digestão anaeróbia.

MRAFKOVA et al. (2003) realizou pesquisa de inibição da digestão anaeróbia, avaliando o decaimento da produção de biogás com diversos compostos químicos dentre os quais se encontra o ferro trivalente (Fe^{+3}), sendo que este elemento é constituinte da maioria dos lodos de ETAs. O resultado desta pesquisa foi de que houve redução da produção do biogás em 7,8% quando a aplicação de Fe^{+3} foi de 10 mg/L e inibição de 11,1% quando a aplicação de Fe^{+3} foi de 20 mg/L.

SCALIZE (2003) avaliou a interferência do lodo na digestão anaeróbia, quando foram realizados ensaios de toxicidade anaeróbia, através do teste da atividade metanogênica, durante a digestão de sedimento primário. À medida que se aumentou a quantidade de lodo da ETA no sistema, a concentração molar de metano foi reduzida. Mesmo na menor concentração estudada, de 28,28 mg SST por litro de esgoto sanitário, houve redução da ordem de 18% na produção de metano. Portanto, o resíduo da ETA teve influência negativa sobre os microrganismos metanogênicos. No exame microscópico realizado no licor misto do frasco-reator do ensaio da atividade metanogênica ficou evidenciado que algumas espécies de microrganismos tais como do gênero *Methanothrix* sp foram inibidas pela presença do resíduo da ETA. Essa inibição da atividade metanogênica pode ter sido pelas bactérias redutoras de sulfatos, que prevalecem na disputa pelo alimento.

Nos estudos desenvolvidos por ESCOBAR (2001), foram comparados os lodos provenientes de colunas de sedimentação com e sem adição de lodo de ETA. A ETA estudada utilizava sulfato de alumínio. Pode-se afirmar que as atividades metanogênicas dos lodos foram praticamente iguais, demonstrando que a digestão do lodo não estava sendo inibida pela mistura testada. No entanto, a partir de concentrações acima de 6 g SSV/L, os valores da atividade metanogênica foram diminuindo, o que pode ter ocorrido por causa de efeitos inibitórios do lodo adensado da ETA nas misturas estudadas.

Nos estudos realizados por CARVALHO (1999) os resultados dos testes de tratabilidade anaeróbia não indicaram efeito negativo na taxa de produção de metano com o aumento da dosagem de resíduo de ETA presente no lodo primário em digestão. CARVALHO trabalhou com dosagens de até 225 mg SST de lodo de ETA/L. Cabe salientar que a ETA originária do lodo estudado utilizava cloreto férrico como coagulante primário.

Trabalho realizado por BUENO, et.al. (2007) com o recebimento de lodo de ETA da cidade de Franca nas proporções de 50 e 100 mgST de lodo de ETA por litro de esgoto demonstrou que houve queda na produção de biogás na seguinte proporção:

- Antes do recebimento do lodo de ETA, a produção de biogás variava entre 80.000 a 85.000 m³/mês;
- Após o recebimento do lodo de ETA, a produção de biogás variou entre 50.000 a 60.000 m³/mês;

Os autores atribuem esta queda de produção (29 a 38%) à inibição do processo e argumentam que havendo o aumento da temperatura da digestão a produção do biogás retornaria a normalidade.

3.4.3.2.1. Atividade Metanogênica Especifica - AME

A avaliação do comportamento da digestão anaeróbia sob o efeito de compostos potencialmente inibidores ou tóxicos é feita através da atividade metanogênica específica (CHERNICHARO, 1997 apud SOUTO, et. al., 2007).

Este teste consiste na incubação da biomassa anaeróbia sob condições ambientais controlas e a produção de gás metano é constantemente monitorada.

Segundo FIELD et al., 1988 apud ROCHA, 2003, o teste de atividade metanogênica específica – AME é um dos mais importantes parâmetros de monitoramento da digestão anaeróbia.

A determinação da concentração inicial da biomassa a ser utilizada no teste de AME é fundamental para que haja a normalização dos resultados. Assim a concentração da biomassa não afetará a expressão dos resultados, MONTEGGIA (1997) apud

AQUINO (2007) concluiu que para a faixa ótima de AME ocorreu com concentração de biomassa variando entre 2 e 5 g SSV/L e para concentrações inferiores ou superiores a esta faixa a variação da AME foi discreta.

Penna (1995) apud AQUINO (2007) demonstrou que a AME não foi influenciada para concentração de biomassa na faixa de 2,5 a 20 g/L.

A pesquisa bibliográfica demonstrou que os testes de AME são realizados principalmente em digestor tipo UASB tratando diferentes substratos para avaliação da inibição, toxicidade ou mesmo determinar as melhores condições de operação do reator anaeróbio.

Como os valores de AME sofrem variação dependendo do substrato em estudo tal situação dificulta encontrar valores tipicamente de esgotos domésticos.

VERSIANI (2005) conduziu estudo em um reator UASB utilizando esgoto do campus da Universidade do Rio de Janeiro. A princípio o estudo de VERSIANI (2005) poderia corroborar para a determinação da AME de um esgoto tipicamente doméstico, porém, o pesquisador introduziu ao esgoto afluyente porções de lodo digerido e flotado para aumentar a concentração do substrato.

Tal alteração pode ter influenciado na caracterização da atividade metanogênica específica, e o resultado foi de:

- 0,087 g DQO-CH₄/g STV.d

PENNA (1994) apud VERSIANI (2005) realizou estudo com lodo da indústria alimentícia e obteve o seguinte valor de AME:

- 0,130 g DQO-CH₄/g STV.d

Em estudo realizado com lodo digerido da ETE Barueri para determinação de toxicidade de recebimento de esgoto industrial diretamente nos biodigestores, propiciou a determinação da AME de um esgoto que não podemos afirmar como “tipicamente doméstico” visto que a ETE Barueri recebe efluentes não domésticos. Porém será útil para a pesquisa que se desenvolveu com a aplicação de lodo de ETA.

IMBIMBO, et al. (2002) determinou a AME que ocorre nos biodigestores da ETE Barueri:

- $0,129 \pm 0,0042 \text{ g DQO_CH}_4/\text{g STV.d}^2$

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida em uma ETE Piloto montada na ETE Barueri conforme detalhamento a seguir.

4.1. ETE PILOTO

A ETE Piloto foi montada ao lado do sistema de pré tratamento da ETE Barueri, ou seja, o esgoto utilizado nesta pesquisa foi captado no efluente da caixa de areia, conforme pode ser visualizado através da figura 20.

Figura 20 - Local de Montagem da ETE Piloto na ETE Barueri

² O resultado do trabalho referia-se aos sólidos suspensos voláteis, porém como a parcela solúvel é praticamente nula em lodos, consideramos como sólidos totais voláteis.

4.1.1. Detalhamento da ETE Piloto

A ETE Piloto é composta de um decantador primário, reator aeróbio com compartimento de desnitrificação e recirculação interna e o decantador secundário também composto de recirculação do lodo.

A ETE Piloto foi projetada para tratar a vazão média de 360 l/h (0,1 L/s) de esgoto afluyente, e operada com vazão constante.

Os esgotos afluentes ao sistema piloto foram coletados após o tratamento preliminar e descarregados em caixa de recebimento (Figura 23), onde receberam a adição do lodo da ETA e foram encaminhados ao decantador primário, de seção circular em planta, cuja limpeza das paredes foi efetuada por dispositivo manual, evitando-se assim que elementos mecânicos situados permanente no interior do decantador perturbem a operação de sedimentação. Embora sua configuração se diferencie substancialmente dos decantadores primários da ETE Barueri, o tempo de retenção hidráulica e a taxa de escoamento superficial; principais características que governam sua operação foram mantidas dentro da faixa prevista para o funcionamento da ETE futura, garantindo a representatividade dos resultados obtidos.

Os esgotos efluentes do decantador primário foram descarregados por gravidade no primeiro compartimento do reator biológico, munido de um misturador para garantir a completa homogeneização do esgoto/lodo, mas sem aeração. Este compartimento, denominado câmara anóxica (figura 23), recebeu também os retornos de lodos provenientes do fundo do decantador secundário e diretamente do reator aerado (reciclo interno), promovendo a desnitrificação, ou seja, a redução do nitrato (NO_3) produzido na etapa de aeração por oxidação do nitrogênio amoniacal, à forma de nitrogênio gasoso (N_2).

Na parte inferior do reator anóxico, existe uma abertura para a transferência contínua do lodo para o compartimento aerado, conforme demonstrado através da figura 21.

No compartimento aerado do reator biológico foi introduzida mídia plástica com o objetivo de promover a formação de biofilme o qual terá como função auxiliar na remoção de material orgânico e nitrogenado.

A aeração foi feita através de ar comprimido retirado do próprio sistema da ETE Barueri e a dispersão através de difusores distribuídos no fundo do reator aerado.

A taxa de recirculação interna (reator aerado para reator anóxico) foi de uma vez e meia a vazão média afluente.

O lodo do reator aerado aflui por gravidade ao decantador secundário.

O lodo sedimentado no fundo do decantador secundário foi recirculado ao reator anóxico através de sistema air-lift e o excesso de lodo retirado através de válvula instalada na linha de retorno.

Na Figura 21, apresenta-se um fluxograma simplificado da ETE Piloto e através da figura 22 demonstra-se a ETE Piloto montada, enquanto na figura 23 há o detalhamento da ETE Piloto com a demonstração dos principais componentes.

Figura 21 – Representação Esquemática da ETE Piloto

Figura 22 - ETE Piloto

Figura 23 - Detalhamento da ETE Piloto

4.1.2. Dimensionamento do Decantador Primário

O decantador primário foi construído com um tanque cilíndrico com diâmetro de 0,4 metros e quatro metros de altura, fornecendo as seguintes características:

Volume Útil - $V_{DP} = 0,465 \text{ m}^3$;

Área Superficial - $A_{DP} = 0,126 \text{ m}^2$;

Altura útil – $H_u = 3,70 \text{ m}$.

Na figura 24 está representado o dimensionamento do decantador primário.

Figura 24 - Representação Esquemática do Decantador Primário da ETE Piloto

4.1.3. Dimensionamento do Reator Biológico

O reator biológico consiste de um tanque dividido em duas câmaras, sendo as dimensões totais de 1,5m x 1,2m x 1,0 m.

As principais dimensões estão representadas na figura 25 e as características resultantes são:

Volume do Tanque Anóxico: $V_{ANX} = 0,6 \times 1,0 \times 1,0 = 0,60 \text{ m}^3$;

Volume do Tanque de Aeração: $V_{AER} = 1,0 \times 1,0 \times 0,9 = 0,90 \text{ m}^3$;

Figura 25 - Representação Esquemática do Reator Biológico da ETE Piloto

4.1.4. Dimensionamento do Decantador Secundário

O decantador secundário foi construído com um tanque cilíndrico com diâmetro de 0,63 metros e quatro metros de altura, fornecendo as seguintes características:

Volume útil - $V_{DS} = 1,247 \text{ m}^3$;

Área Superficial - $A_{DS} = 0,312 \text{ m}^2$;

Altura útil - $H_u = 4,00 \text{ m}$.

Na figura 26 está representado o dimensionamento do decantador secundário.

Figura 26 - Representação esquemática do decantador secundário da ETE Piloto

4.2. Metodologia

A pesquisa foi realizada utilizando lodos provenientes das ETAs ABV e Guaraú, a primeira utiliza sais de ferro no processo produtivo e a segunda sais de alumínio, segundo dados demonstrados na tabela 3 e considerando os metais analisados fornecem a seguinte composição percentual:

- ETA ABV – 96,09% de Ferro,
- ETE Guaraú – 60,49% de Alumínio e 30,26% de Ferro.

Para as dosagens de lodo de ETA utilizadas nesta pesquisa considerou-se a estimativa de que a ETE ABV gera diariamente 30.000 kg de lodo, enquanto a ETE Guaraú 20.000 kg de lodo, medidos em termos de sólidos suspensos totais (SST) e que a vazão de trabalho na ETE Barueri será de 12.500 litros/segundo (ampliada), os cálculos das dosagens estão demonstrados através da Tabela 16.

As dosagens foram arredondadas para 30 mg de SST/L do lodo da ETA ABV e 20 mg de SST/L do lodo da ETA Guaraú

Tabela 16 – Lodo das ETAs ABV e Guaraú no Esgoto Afluente à ETE Barueri

PARÂMETRO	VALOR	UNIDADE
Vazão média do esgoto afluente à ETE Barueri	12.500	l/s
	1.080.000.000	l/dia
Lodo ETA ABV (SST)	30.000	kg/dia
	30.000.000	g/dia
Concentração dos SST do lodo da ETA ABV no esgoto afluente à ETE Barueri	0,028	g/l
	28	mg/l
Lodo ETA Guaraú (SST)	20.000	kg/dia
	20.000.000	g/dia
Concentração dos SST do lodo da ETA Guaraú no esgoto afluente à ETE Barueri	0,019	g/l
	19	mg/l

A fim de avaliar a capacidade de assimilação do sistema biológico procedeu-se o aumento dessas dosagens, conforme descrição abaixo.

A pesquisa foi dividida em seis etapas de dosagem de lodo de ETA.

A partida da ETE Piloto com a mídia plástica³, reator aeróbio com leito móvel – RALM, ocorreu com a introdução da mídia plástica no tanque de aeração com inóculo da Estação de Tratamento de Esgotos Barueri e a operação foi realizada somente com o esgoto afluente sem a presença do lodo de ETA.

Foi adicionada quantidade de mídia plástica equivalente a um volume de 0,45 m³, o que representa uma área superficial para crescimento biológico de 180 m², considerando o fator de 400 m²/m³, conforme recomendado por WESTRUM, 1995.

Após a estabilização do tanque de aeração iniciou-se a introdução de lodo de ETA em diversas concentrações, lodo ativado com mídia plástica tratando lodo de ETA – RALM_{lodoETA}, houve seis etapas com dosagens diferenciadas de lodo de ETA, a saber:

1ª etapa: 30 mg/L – Lodo da ETA ABV;

2ª etapa: 50 mg Lodo de ETA/L – 30 mg/L de Lodo da ETA ABV e 20 mg/L de Lodo da ETA Guaraú;

³ A mídia plástica utilizada neste experimento é o da empresa ANOXKALDNES

3ª etapa: 60 mg Lodo de ETA/L – 30 mg/L de Lodo da ETA ABV e 30 mg/L de Lodo da ETA Guaraú;

4ª etapa: 100 mg Lodo de ETA/L – 50 mg/L de Lodo da ETA ABV e 50 mg/L de Lodo da ETA Guaraú;

5ª etapa: 200 mg Lodo de ETA/L – 100 mg/L de Lodo da ETA ABV e 100 mg/L de Lodo da ETA Guaraú;

6ª etapa: 400 mg Lodo de ETA/L – 200 mg/L de Lodo da ETA ABV e 200 mg/L de Lodo da ETA Guaraú;

O sistema operou 547 dias (aproximadamente um ano e seis meses), conforme detalhado na tabela 17.

Tabela 17 - Etapas de Dosagens de Lodo das ETAs ABV e Guaraú na ETE Piloto

Data início	Data finalização	Nº dias	Condições do experimento
24/02/05	06/07/05	132	Sem lodo de ETA
07/07/05	27/11/05	143	Dosagem de 30 mg/L de Lodo da ETA ABV
28/11/05	02/03/06	94	Dosagem de 50 mg/L de lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 20 mg/L da ETA Guaraú)
03/03/06	21/04/06	49	Dosagem de 60 mg/L de Lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 30 mg/L da ETA Guaraú)
22/04/06	04/06/06	43	Dosagem de 100 mg/L de Lodo das ETAs (50 mg/L da ETA ABV + 50 mg/L da ETA Guaraú)
05/06/06	30/06/06	25	Dosagem de 200 mg/L de Lodo das ETAs (100 mg/L da ETA ABV + 100 mg/L da ETA Guaraú)
01/07/06	31/08/06	61	Dosagem de 400 mg/L de Lodo das ETAs (200 mg/L da ETA ABV + 200 mg/L da ETA Guaraú)

4.3. AMOSTRAS DE LODO DAS ETAs ABV E GUARAÚ

Os lodos utilizados nesta pesquisa foram retirados diretamente dos decantadores das respectivas ETAs e acondicionados em tanques de plástico que foram mantidos sob agitação constante utilizando sistema de insuflação de ar, vide figura 27.

Após a coleta e transferência dos lodos, amostras foram retiradas e a concentração de sólidos determinada para aferir a vazão a ser utilizada em cada etapa do experimento, conforme a seguinte equação:

$$Q_{lodo} = \frac{Q_{af1,dp} \times C_{desj}}{C_{lodo}}$$

Onde:

Q_{lodo} = Vazão de lodo de ETA – m³/d

$Q_{af1,dp}$ = Vazão afluyente ao Decantador Primário – m³/d

C_{desj} = Concentração desejada de lodo de ETA – mg/L

C_{lodo} = Concentração do lodo de ETA – mg/L

A verificação da concentração do lodo de ETA que estava acondicionada nos tanques plásticos era feita pelo menos duas vezes por semana.

Figura 27 - Tanque de Armazenamento do Lodo de ETA

4.4. MONITORAMENTO

4.4.1. PONTOS DE COLETA E ANÁLISES REALIZADAS NA ETE PILOTO

Os pontos de coleta na ETE Piloto estão demonstrados na Figura 21:

Ponto 1: Esgoto à entrada do decantador primário, após a mistura com o lodo da ETA;

Ponto 2: Saída do decantador primário;

Ponto 3: Saída do decantador secundário;

Ponto 4: Lodo do decantador primário;

Ponto 5: Reator biológico;

Ponto 6: Excesso de lodos ativados.

Na Tabela 18, apresenta-se o programa de monitoramento da ETE Piloto.

Tabela 18 – Programa de Monitoramento da ETE Piloto

Parâmetro	Pontos de Amostragem	Frequência das Análises	Observação
Alcalinidade Total (CaCO ₃)	2, 3	1 semana	
DBO _{5,20}	1, 2 e 3	1 por semana	
DBO _{5,20} – amostra filtrada	3	1 por semana	
DQO	1, 2, 3 e 6	3 por semana	Pto 6 = 01 por semana
DQO – amostra filtrada	3	3 por semana	
Fósforo – amostra filtrada	3	1 por semana	
Fósforo Total	1, 2 e 3	1 por semana	
Metais (Cr,Cd,Zn,Ni,Cu,Se,Fe)	4,6	1 por mês	
Nitrogênio Amoniacal	1, 2 e 3	1 por semana	
Nitrogênio Total Kjeldhal	1, 2 e 3	1 por semana	
Oxigênio Dissolvido	5	2 por dia	
pH	1, 2, 3, 4, 5 e 6	1 por dia	
Série Completa de Sólidos	1, 2, 3, 4, 5 e 6	1 por semana	
Sólidos Sedimentáveis em 60 minutos	1, 2 e 3	1 por dia	
Sólidos Sedimentáveis em 30 minutos	5	1 por dia	
Temperatura	1, 2 e 3	2 por dia	

4.4.2. METODOLOGIAS UTILIZADAS NA DETERMINAÇÃO ANALÍTICA

As metodologias estão baseadas na 20th edição do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, da APHA / AWWA / WEF:

- Alcalinidade: Titulação potenciométrica de neutralização ácido-base.
- Demanda Bioquímica de Oxigênio ($\text{DBO}_{5, 20}$). Técnica das diluições sem sementeira e incubação a 20°C. Determinação de concentrações de oxigênio dissolvido pelo método eletrométrico.
- Demanda Química de Oxigênio (DQO). Método convencional de oxidação química com dicromato de potássio catalisada pela prata em refluxo aberto. Titulação do excesso de dicromato com sulfato ferroso amoniacal.
- Fósforo Total e Ortofosfatos: Fósforo Total: Digestão ácida de fosfatos orgânicos e colorimetria com reagente combinado (Método do Ácido Ascórbico). Ortofosfatos: Colorimetria com reagente combinado (Método do Ácido Ascórbico).
- Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), Nitrogênio Orgânico e Nitrogênio Amoniacal: NTK: Digestão química do nitrogênio orgânico, destilação da amônia e titulação com ácido sulfúrico da amônia destilada. Nitrogênio Amoniacal: Destilação da amônia e titulação com ácido sulfúrico da amônia destilada. Nitrogênio Orgânico: Calculado por diferença a partir dos resultados de NTK e Nitrogênio Amoniacal obtido pelos procedimentos anteriormente descritos.
- Oxigênio Dissolvido: Método eletrométrico com eletrodo de oxigênio dissolvido.
- pH: Método potenciométrico com eletrodo de pH (pH-metro).
- Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Dissolvidos Fixos e Sólidos Dissolvidos Voláteis: Determinados por diferença (cálculo) entre as respectivas frações totais e em suspensão.
- Sólidos em Suspensão Totais, Fixos e Voláteis: Sólidos em Suspensão Totais determinados por filtração em filtro-membrana de fibra de vidro de 1,2µm e secagem em estufa a 105°C. Sólidos em Suspensão Fixos: Calcinação da

membrana após filtração e secagem em forno mufla a $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$. Sólidos em Suspensão Voláteis: Determinados por diferença (cálculo)

- Sólidos Sedimentáveis: Sedimentação proveta de 1.000 mL para lodo do reator aeróbio durante 30 minutos e em Cone Imhoff durante uma hora para demais pontos.
- Sólidos Totais, Sólidos Fixos e Sólidos Voláteis. Método Gravimétrico. Evaporação da amostra a 105°C em estufa e pesagem em balança analítica. Sólidos Fixos. Calcinação da amostra evaporada em forno mufla a $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$ e pesagem em balança analítica. Sólidos Voláteis: Determinados por diferença (Cálculo).
- Temperatura: Termômetro de Mercúrio.

4.4.3. ATIVIDADE METANOGÊNICA ESPECÍFICA - AME

É parte essencial desta pesquisa a avaliação dos possíveis impactos na digestão anaeróbia do lodo, para atender este objetivo, será determinada a Atividade Metanogênica Específica – AME para lodo com e sem a adição de lodo de ETA.

A metodologia adotada foi descrita por DUBORGUIER apud STEIL (2001) que consiste na determinação da concentração do gás metano presente no biogás produzido no volume livre de frascos-reatores de 500 mL. A determinação da concentração do gás metano foi realizada através de cromatografia gasosa.

Os frascos-reatores de 500 mL são fechados com tampas de borracha de butila e tampa de rosca com abertura central. A sequência utilizada para determinação da AME foi o seguinte:

- a. Determinou-se a quantidade de sólidos voláteis totais na amostra a ser analisada.
- b. Pesaram-se os frascos vazios e fechados, depois se completou o volume total dos frascos com água e foram pesados novamente.

- c. Adicionou-se 300 mL de amostra a ser analisada em cada frasco. A seguir pesou-se novamente os frascos fechados.
- Para o frasco sem lodo de ETA, que denominaremos de “Branco”, adicionou-se o lodo digerido, lodo flotado e lodo adensado da ETE Barueri na proporção de operação: 42,5% de lodo primário adensado primário e 57,5% de lodo secundário flotado.
 - Para o 1º frasco com lodo de ETA, foi adicionado junto com os lodos digerido, flotado e adensado quantidade equivalente de lodo de ETA proporcional a 0,4 g ST/dia. Esta quantidade equivale a 100% do lodo da ETA ABV adicionados diretamente na digestão anaeróbia, ou seja, 30 mg SST de lodo de ETA/L.
 - Para o 2º frasco com lodo de ETA, foi adicionado junto com os lodos digerido, flotado e adensado quantidade equivalente de lodo de ETA proporcional à 0,8 g ST/dia. Esta quantidade equivale a 200% do lodo da ETA ABV diretamente a digestão anaeróbia, ou seja, 60 mg SST de lodo de ETA /L.
- d. Determinou-se o volume livre, headspace, de cada frasco-reator da seguinte forma:
- Volume livre = peso do frasco cheio com água – peso do frasco com a amostra.
- e. Aplicou-se nitrogênio 100% puro por 5 minutos no espaço livre de cada frasco-reator.
- f. Fecharam-se os frascos com a tampa de borracha e a tampa de rosca.
- Os testes foram feitos em duplicata.
- g. Iniciou-se imediatamente o acompanhamento da produção de metano. A primeira amostragem foi considerada como o tempo zero do ensaio.
- h. Após a primeira amostragem, os frascos-reatores foram levados para estufa e mantidos a temperatura de 35 ± 1 °C. Analisava-se o gás contido no headspace de 24 em 24 horas. Antes de cada amostragem, a atmosfera gasosa era homogeneizada retirando-se e introduzindo-se o gás produzido no frasco com auxílio de uma seringa por cerca de dez vezes.

A seringa utilizada foi a mesma que era introduzida no cromatógrafo, com trava de pressão, mantendo o gás na mesma pressão do frasco.

- i. Após a homogeneização coletava-se o biogás e injetava-o no cromatógrafo para análise de sua composição. Obtido o cromatograma, calculava-se o volume de metano a cada tempo, com o auxílio de reta padrão e a área de metano obtida no cromatograma.

4.4.3.1. CONDIÇÕES CROMATOGRÁFICAS – DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE METANO

A determinação da concentração do gás metano foi realizada em um cromatógrafo Modelo CG 500 A, com as seguintes características:

- Detector de condutividade térmica
- Integrador Processador CG 500
- Coluna – Peneira Molecular 13X, comprimento de 3,0 metros e diâmetro interno de 1/8"
- Coluna – Poropack Q, comprimento 3,0 metros e diâmetro interno de 1/8"
- Gás de arraste: hidrogênio, com vazão de 35 mL/min
- Temperaturas de trabalho: detector: 100°C, Colunas: 60°C, Injetor: 60°C
- Volume de Injeção: 0,5 mL

4.4.3.2. RETA PADRÃO PARA O GÁS METANO

A reta padrão para o gás metano foi estabelecida a fim de que as áreas do gás metano obtidas no cromatograma fossem convertidas para concentração do gás metano, na qual o resultado será expresso em mole-mol de CH₄ (mmol CH₄). Para tanto foram injetados diferentes volumes de gás metano 100% puro. Sabendo-se

que 1 mol de gás metano corresponde a 22,4 litros nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP), e que os volumes injetados são conhecidos, estabelece-se uma relação entre área cromatográfica e a concentração de metano.

A partir desses dados, obtém uma correlação linear entre a área do gás metano e a sua correspondente em concentração (mmol).

A equação da reta obtida foi:

$$\text{mmol de CH}_4 = (y + 36,964)/516059$$

$$R^2 = 0,99$$

Onde: y= área do gás metano obtida no cromatograma.

Foi utilizado na elaboração da reta padrão o gás nitrogênio como padrão interno gasoso. Segundo, STEIL (2001) este procedimento é necessário para minimizar possíveis erros decorrentes da retirada de gás durante as amostragens, posto que a cada retirada de gás reduz-se a quantidade total de metano contida no volume livre dos frascos-reatores.

A retirada do biogás pode ser significativa, dependendo do volume do headspace e da quantidade de metano já produzida. O gás nitrogênio, utilizado como padrão interno, foi introduzido no início do ensaio, não interfere nas condições de análise e produz uma área cromatográfica, portando pode-se detectar a diminuição do volume ao longo do tempo, sendo o mesmo princípio aplicado ao gás metano.

A correção da diminuição da quantidade de gás metano, foi feita pelo valor médio das áreas do gás nitrogênio obtido diariamente, a fim de eliminar erros de amostragem, uma vez que a área de nitrogênio nem sempre diminui de uma amostragem para outra.

4.4.3.3. METODOLOGIA PARA CÁLCULO DA ATIVIDADE METANOGÊNICA ESPECÍFICA

A metodologia para cálculo da AME baseou-se na descrição feita por STEIL (2001) e seguiu os seguintes passos:

- a) Correção dos dados da área do gás metano obtidos no cromatograma em função da diminuição da área de nitrogênio ao longo do tempo:

$$\frac{\text{Área do gás metano no tempo } (t)}{\text{Área do gás nitrogênio no tempo } (t)} \times \text{Área média do gás nitrogênio}$$

- b) Os dados foram corrigidos pelo método da resposta térmica relativa (RTR), que para o metano é dada por (CIOLA, 1985 apud STEIL, 2001):

$$\frac{\text{Área do gás metano}}{RTR \text{ (36)}}$$

- c) Os valores das áreas do gás metano obtidas foram convertidos, através da equação da reta padrão ($\text{mmol de CH}_4 = (y + 36,964)/516059$).
- d) Os valores de metano obtidos para 0,5 mL (volume retirado para a amostragem) foram convertidos para o headspace de cada frasco, após conversão do volume injetado, 0,5 mL, para o volume nas CNTP a partir da seguinte equação:

$$[CH_4]_{\text{no headspace}} (\text{mmol}) = \frac{[CH_4]_{\text{na amostra}} \times \text{volume do headspace}}{\text{Volume de amostragem nas CNTP}}$$

- e) As concentrações de metano em mmoles foram acumuladas da seguinte forma:

No tempo $t=0$, a concentração de metano era aquela obtida no headspace do frasco no tempo $t=0$,

No tempo $t=1$, a concentração de metano era aquela obtida no headspace do frasco no tempo $t=1$, somado a concentração de metano obtida no tempo $t=0$,

No tempo $t=2$, a concentração de metano era aquela obtida no headspace do frasco no tempo $t=2$, somado à concentração de metano obtida no tempo $t=0$ e no tempo $t=1$. E assim sucessivamente.

- f) A concentração em mmol de gás metano foi convertida em concentração de DQO, sabendo que 01 mol de gás metano ocupa o volume de 22,4 litros:

$$DQO_{CH_4} = V_{CH_4} \times K(t)$$

Onde: $K(t)$ é o fator de correção para a temperatura de incubação dos frascos sendo definido como:

$$K(t) = \frac{P \times K}{R \times (273 + t)}$$

Onde:

K = DQO correspondente a um mol de CH₄ (64g DQO/mol)

R = constante dos gases (0,08206 atm.L/mol.K)

t = temperatura de incubação dos frascos (35°C)

- g) A AME foi então calculada a partir da DQO convertida a metano obtido diariamente durante o período de incubação, sendo utilizada a concentração média de sólidos voláteis determinadas no início da incubação das amostras.

AME é apresentada como g DQO_{CH₄}/g STV.d

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. CARACTERIZAÇÃO DO LODO DAS ETAS UTILIZADO NA PESQUISA

O lodo da Estação de Tratamento de Água do Guaraú foi caracterizado em algumas coletas realizadas durante o andamento desta pesquisa, os dados encontram-se apresentados na tabela 19. Também houve a caracterização do lodo da Estação de Tratamento de Água do ABV cujos dados estão apresentados na tabela 20.

Tabela 19 - Caracterização do lodo da ETA Guaraú

Data Coleta		14/07/99	09/12/99	09/03/06	10/08/06	24/05/07	n	Média +/- DP	Med	Mín	Máx
DBO_{5,2}	mg O ₂ /L				312		1	312			
DQO	mg O ₂ /L			4.361,5	2.483,0	8.948,0	3	5.264,2 +/- 3.325,7	4.361,5	2.483,0	8.948,0
P	mg P/L			39,0			1	39,0			
NH₃	mg N-NH ₃ /L			11,5	1,7		2	6,6 +/- 7,0	7,0	1,7	11,5
NKT	mg N-NTK/L			137,2	95,0		2	116,1 +/- 29,8	116	95	137
pH					6,00	6,54	2	6,3 +/- 0,4	6	6	7
STF	mg/L			53.704	5.500	10.170	3	23.125 +/- 26.585	10.170	5.500	53.704
SS	mL/L			1.000	1.000		2	1.000	1.000	1.000	1.000
SSF	mg/L			13.300	5.110		2	9.205 +/- 5.791	9.205	5.110	13.300
SST	mg/L			19.800	7.800		2	13.800 +/- 8.485	13.800	7.800	19.800
SSV	mg/L			6.500	2.690		2	4.595 +/- 2.694	4.595	2.690	6.500
ST	mg/L			77.280	8.252	15.496	3	33.676 +/- 37.935	15.496	8.252	77.280
STV	mg/L			23.576	2.752	5.326	3	10.551 +/- 11.353	5.326	2.752	23.576
Ag	mg Ag /L	0,897	1,950		< 0,13	< 0,01	4	0,729 +/- 0,910	1,424	0,005	1,950
Al	mg Al /L	8.749,4				3.227,0	2	5.988 +/- 3.905	8.749	3.227	8.749
As	mg As /L	2,890	2,824				2	2,857 +/- 0,047	2,857	2,824	2,890
Ba	mg Ba /L	48,8	46,7			4,9	3	33,453 +/- 24,785	47,750	4,859	48,800
Cd	mg Cd/L	3,886	1,560		< 0,24	< 0,005	4	1,392 +/- 1,807	2,723	0,003	3,886
Co	mg Co /L					0,320	1	0,320			
Cr	mg Cr/L	24,415	28,040		< 0,5	0,560	4	13,316 +/- 14,982	26,228	0,250	28,040
Cu	mg Cu /L	14,90	15,60		0,44	18,37	4	12,328 +/- 8,065	15,250	0,440	18,370
Fe	mg Fe/L	193.323	4.674		889	1.636	4	50.130 +/- 95.475	98.998	889	193.323
Hg	mgHg/L	0,498	0,097		0,006		3	0,200 +/- 0,262	0,298	0,006	0,498
Mn	mg Mn /L	1.583	2.639		15	157	4	1.098 +/- 1.247	2.111	15,06	2.639
Mo	mg Mo /L				<1,7		1	< 1,7			
Ni	mg Ni /L				<0,5	0,38	2	0,315 +/- 0,092	0,315	0,250	0,380
Pb	mg Pb /L	26,906	33,500		< 0,32	0,520	4	15,272 +/- 17,451	30,203	0,160	33,500
Se	mg Se /L	0,199	0,487				2	0,343 +/- 0,204	0,343	0,199	0,487
Sn	mg Sn /L				9,140	< 0,198	2	4,620 +/- 6,393	4,620	0,099	9,140
V	mg V/L					2,114	1	2,114			
Zn	mg Zn /L	59,8	11,7		4,1	10,0	4	21,398 +/- 25,807	35,750	4,110	59,800

Tabela 20 - Caracterização do lodo da ETA ABV

Data Coleta		14/07/99	09/12/99	23/12/04	09/03/05	09/03/06	10/08/06	03/05/07	24/05/07	n	Média +/- DP	Mediana	Mínimo	Máximo
DBO_{5,20}	mg O ₂ /L			1.764			703			2	1233,5 +/- 750,2	1.234	703	1.764
DQO	mg O ₂ /L			5.000,0		9.012,7	4.005,0	15.985,0		4	8500,7 +/- 5438,8	7.006,3	4.005,0	15.985,0
P	mg P/L			28,6		54,2				2	41,4 +/- 18,1	41,4	28,6	54,2
F	mg F/L			1,02						1	1			
NH₃	mg N-NH ₃ /L			3,8		11,5	2,1			3	5,8 +/- 5,0	3,8	2,1	11,5
NKT	mg N-NTK/L			206,0		305,5	197,9			3	236,5 +/- 59,9	206,0	197,9	305,5
pH				5,40			5,50	6,49	6,93	4	6 +/- 1	6,0	5,4	6,9
SO₄	mg/L			123						1	123			
STF	mg/L			1.359		13.604	2.764			3	5.909 +/- 6.701	2.764	1.359	13.604
SS	mL/L			800		1.000	1.000			3	933 +/- 115	1.000	800	1.000
SSF	mg/L				3.520	12.000	1.760			3	5.760 +/- 5.475	3.520	1.760	12.000
SST	mg/L			970	7.120	21.100	4.070			4	8.315 +/- 8.885	5.595	970	21.100
SSV	mg/L			450		9.100	2.310			3	3.953 +/- 4.553	2.310	450	9.100
ST	mg/L			2.596		21.982	4.754	40.152		4	1.7371 +/- 17.490	13.368	2.596	40.152
STV	mg/L			1.237		8.378	1.990	14.960		4	6.641 +/- 6.404	5.184	1.237	14.960
Ag	mg Ag/L	1,396	1,640	0,005			< 0,13		< 0,01	5	0,622 +/- 0,823	0,065	0,005	1,640
Al	mg Al/L	4,496,5		3,4					93,2	3	1.531 +/- 2.568	93	3	4.497
As	mg As/L	5,982	3,473	<0,017						3	3,155 +/- 2,999	3,473	0,009	5,982
Ba	mg Ba/L	132,6	45,3	1,0					5,2	4	46,0 +/- 61,1	25,2	1,0	132,6

Continua

Data Coleta		14/07/99	09/12/99	23/12/04	09/03/05	09/03/06	10/08/06	03/05/07	24/05/07	n	Média +/- DP	Mediana	Mínimo	Máximo
Cd	mg Cd/L	8,574	2,600	< 0,005			< 0,24		< 0,005	5	2,260 +/- 3,700	0,120	0,003	8,574
Co	mg Co /L			<0,15					0,83	2	0,453 +/- 0,534	0,453	0,075	0,830
Cr	mg Cr/L	34,397	34,830	0,530			< 0,5		1,830	5	14,367 +/- 18,492	1,830	0,250	34,830
Cu	mg Cu /L	1.021,90	1.167,40	2,52			9,28		58,35	5	451,890 +/- 589,402	58,350	2,520	1.167,40
Fe	mg Fe/L	195.631	8.558	652			3,262		14,911	5	44.602 +/- 84.603	8.558	652	195.631
Hg	mgHg/L	0,798	0,386	< 0,0005			0,006			4	0,297 +/- 0,379	0,196	0,000	0,798
Mn	mg Mn /L	3,290	1,486	31			37		122	5	993,226 +/- 1,424,523	121,800	31,400	3,290,10
Mo	mg Mo /L			< 0,50			<1,7			2	0,55 +/- 0,424	0,550	0,250	0,850
Ni	mg Ni /L			< 0,01			<0,5		0,56	3	0,272 +/- 0,278	0,250	0,005	0,560
Pb	mg Pb /L	25,243	28,850	< 0,10			< 0,32		0,590	5	10,979 +/- 14,725	0,590	0,050	28,850
Se	mg Se /L	0,399	0,965	0,040						3	0,468 +/- 0,466	0,399	0,040	0,965
Sn	mg Sn /L			< 4,00			6,890		< 0,198	3	2,996 +/- 3,503	2,000	0,099	6,890
V	mg V/L			< 1,70					0,828	2	0,839 +/- 0,016	0,839	0,828	0,850
Zn	mg Zn /L	109,7	14,5	2,0			6,6		30,5	5	32,658 +/- 44,41	14,500	1,970	109,700

5.2. CONDIÇÕES HIDRÁULICAS OPERACIONAIS ANTES E APÓS A ADIÇÃO DE LODO DE ETA

5.2.1. Condições Hidráulicas no Decantador Primário

Todos os dados utilizados para compor a síntese das tabelas e gráficos deste capítulo estão apresentados nos anexos.

Na operação da ETE Piloto foram feitas as medidas das vazões no efluente do decantador primário. A vazão afluyente foi calculada utilizando a seguinte expressão matemática:

$$Q_{\text{afl,dp}} = Q_{\text{efl,dp}} + V_{\text{lodo,}}$$

Onde:

$Q_{\text{afl,dp}}$: Vazão afluyente ao decantador primário – m³/d

$Q_{\text{efl,dp}}$: Vazão efluente do decantador primário – L/s x 86,4

$V_{\text{lodo,dp}}$: Volume de lodo descartado por dia do decantador primário – L/d ÷ 1000

Neste capítulo será avaliado apenas as questões hidráulicas em cada etapa do experimento.

O decantador primário piloto operou com vazão média entre 7,1 a 8,9 m³/d conforme demonstrado através da tabela 19, portanto operou dentro da vazão média projetada de 8,64 m³/d.

A vazão no período sem adição de lodo de ETA esteve em média 19% superior às etapas em que se dosava lodo de ETA, conseqüentemente o tempo de detenção hidráulico nesta etapa foi menor do que nas demais etapas.

Os dados do tempo de detenção hidráulico (TDH – h) e taxa de escoamento superficial (TES – m³/m².d) estão, respectivamente demonstrados nas tabelas 20 e 21.

Tabela 21 – Vazão Afluente ao Decantador Primário - Q (m³/d)

	Sem lodo ETA	Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	(m ³ /d)	(m ³ /d)	(m ³ /d)	(m ³ /d)	(m ³ /d)	(m ³ /d)	(m ³ /d)
n	132	139	95	46	44	24	61
Média	8,9	7,4	7,1	7,2	7,1	7,1	7,2
Mediana	8,7	7,2	7,2	7,2	7,2	7,1	7,2
Mínimo	4,4	6,8	5,3	5,3	5,3	7,0	6,9
Máximo	48,0	9,5	8,0	7,5	7,4	7,3	7,5
Coef. Var	40%	8%	7%	4%	4%	2%	2%

Tabela 22 – Tempo de Detenção Hidráulico no Decantador Primário – TDH (h)

	Sem lodo ETA	Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	h	h	h	h	h	h	h
n	132	139	95	46	44	24	61
Média	1,3	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Mediana	1,3	1,5	1,6	1,5	1,5	1,6	1,6
Mínimo	0,2	1,2	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5
Máximo	2,5	1,6	2,1	2,1	2,1	1,6	1,6
Coef. Var	17%	7%	8%	6%	6%	2%	2%

Tabela 23 – Taxa de Escoamento Superficial – TES (m³/m².d)

	Sem lodo ETA	Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	m ³ /m ² .d	m ³ /m ² .d	m ³ /m ² .d	m ³ /m ² .d	m ³ /m ² .d	m ³ /m ² .d	m ³ /m ² .d
n	132	139	95	46	44	24	61
Média	70,6	58,7	56,1	56,8	56,7	56,6	56,8
Mediana	69,2	57,4	56,8	57,3	57,2	56,6	57,0
Mínimo	35,1	54,3	41,7	41,9	42,3	55,2	54,9
Máximo	381,1	75,6	63,1	59,2	58,9	58,3	59,2
Coef. Var	40%	8%	7%	4%	4%	2%	2%

A variabilidade dos dados também foi superior na fase sem adição de lodo de ETA, o que é razoável, posto que foi nesta etapa em que ocorreram os ajustes operacionais necessários.

Através do gráfico 11, observa-se a vazão média semanal afluyente ao decantador primário.

Gráfico 11 - Vazão Média Semanal Afluyente ao Decantador Primário - Q (m3/d)

Para melhor observar a variabilidade dos dados obtidos também estão apresentados nos gráficos 12 e 13 os mesmos dados a luz dos diagramas Box-plot, denominada também pelos estatísticos como “caixa com bigodes” (ANTUNES, 2009).

Nestes diagramas podem-se observar de maneira mais elucidativa as informações contidas nos dados no que diz respeito à variabilidade.

No diagrama Box-plot há uma caixa ou bigode que é formada com o nível superior dado pelo terceiro quartil e o nível inferior pelo primeiro quartil. A mediana é representada no interior da caixa. (ANTUNES, 2009; CONCEIÇÃO et. al., 2009).

Com relação ao tempo de detenção hidráulico (h) e à taxa de escoamento superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$), observa-se através dos Gráficos Box Plot, gráficos 12 e 13, que as maiores amplitudes quanto aos valores mínimos e máximos ocorreram no período sem adição de lodo de ETA.

Quando se compara os dados médios do período sem adição de lodo de ETA com o período em que se dosou lodo de ETA, temos:

- Aumento de 19% no tempo de detenção hidráulico,
- Queda de 19% na taxa de aplicação hidráulica superficial.

Gráfico 12 - Gráfico Box plot para Análise da Variabilidade dos Dados do Tempo de Detenção Hidráulico (h) no Decantador Primário da ETE Piloto.

Gráfico 13 - Gráfico Box plot para Análise da Variabilidade dos Dados da Taxa de Escoamento Superficial (m3/m2.d) no Decantador Primário da ETE Piloto.

5.2.2. Condições Hidráulicas no Reator Biológico

Todos os dados utilizados para compor a síntese das tabelas e gráficos deste capítulo estão apresentados nos anexos

A vazão de alimentação do reator biológico é a mesma do efluente do decantador primário.

$$Q_{\text{af},\text{rb}} = Q_{\text{ef},\text{dp}}$$

Onde:

$Q_{\text{afli,rb}}$: Vazão afluente ao reator biológico – m³/d

$Q_{\text{eff,dp}}$: Vazão efluente do decantador primário – L/s x 86,4

O reator biológico piloto operou com vazão afluente média entre 6,9 a 8,9 m³/d conforme tabela 24.

Devido à utilização de mídia plástica no reator biológico para aumentar a área de crescimento biológico, não serão feitos os cálculos para a taxa de escoamento superficial, pois estes dados serão utilizados mais apropriadamente nas considerações de remoção de matéria orgânica e nitrogenada.

O tempo de detenção (TDH – h) em que o reator biológico operou está demonstrado na tabela 25.

Tabela 24 – Vazão Afluente ao Reator Biológico - Q (m³/d)

	Sem lodo ETA	Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	(m ³ /d)	(m ³ /d)	(m ³ /d)	(m ³ /d)	(m ³ /d)	(m ³ /d)	(m ³ /d)
n	132	139	95	46	44	24	61
Média	8,9	7,3	6,9	7,0	7,0	7,0	7,0
Mediana	8,7	7,1	7,1	7,0	7,1	7,0	7,1
Mínimo	4,4	6,8	5,1	5,2	5,2	6,8	6,8
Máximo	48,0	9,5	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
Coef. Var	40%	8%	7%	4%	4%	2%	2%

Tabela 25 – Tempo de Detenção Hidráulico no Reator Biológico – TDH (h)

	Sem lodo ETA	Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	h	h	h	h	h	h	h
n	132	139	95	46	44	24	61
Média	4,2	5,0	5,2	5,2	5,2	5,1	5,1
Mediana	4,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
Mínimo	0,8	3,8	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Máximo	8,2	5,3	7,0	6,9	6,9	5,3	5,3
Coef. Var	17%	7%	8%	6%	5%	2%	2%

A variabilidade dos dados está representada no diagrama Box-Plot, gráfico 14.

A variabilidade dos dados em todo o período dos testes ficou na ordem de 0,2 h.

Gráfico 14 - Gráfico Box Plot para Análise da Variabilidade dos Dados do Tempo de Detenção Hidráulico (h) no Reator Biológico da ETE Piloto.

A vazão média semanal afluyente ao reator biológico está demonstrada no gráfico 15.

Gráfico 15 - Dados da Vazão ao Reator Biológico - (m3/d)

5.2.3. Avaliação das Condições Hidráulicas

As maiores variações foram observadas durante o período em que não se dosava lodo de ETA devido à necessidade da realização dos ajustes na ETE Piloto.

A média do tempo de detenção hidráulico no reator biológico no período com dosagem de lodo de ETA esteve 21% superior ao período sem dosagem de lodo de ETA.

5.3. AVALIAÇÃO DA DECANTAÇÃO PRIMÁRIA

5.3.1. Operação do Decantador Primário

Os dados foram separados em parâmetros determinados em campo e em laboratório. Na primeira categoria (campo) encontram-se os parâmetros pH e os sólidos sedimentáveis e os da segunda categoria (laboratório) são DQO, ST, SV, SF, NKT, NH_3 e P.

Para o parâmetro pH, tratamos os dados para se obter as médias apresentadas da seguinte maneira:

- 1º Convertem-se as medidas de pH na sua respectiva concentração hidrogeniônica;
- 2º Procedeu-se o cálculo da média da concentração hidrogeniônica;
- 3º Aplicou-se o logaritmo do inverso da concentração média hidrogeniônica para, assim, se obter o valor médio de pH.

5.3.2. Variáveis Monitoradas em Campo

5.3.2.1. Parâmetro pH

A tabela 26 demonstra os dados do monitoramento de pH em todas as etapas do experimento, portanto, com e sem adição do lodo de ETA em suas diversas concentrações.

Tabela 26 – Monitoramento do Parâmetro pH no Afluente e Efluente do Decantador Primário com e sem Adição de Lodo de ETA

Decantador Primário								
	pH - sem lodo ETA		pH - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV		pH - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú		pH - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	31	36	66	66	92	92	39	39
Média ± dp	7,18 ± 0,26	7,04 ± 0,27	6,93 ± 0,26	7,02 ± 0,22	7,04 ± 0,26	7,05 ± 0,22	7,52 ± 0,26	7,56 ± 0,27
Mediana	7,30	7,09	7,10	7,14	7,10	7,09	7,61	7,64
Mín	6,91	6,30	5,88	6,23	6,51	6,59	7,05	7,19
Máx	7,70	7,60	7,46	7,68	7,84	7,70	8,27	8,38
Coef var	4%	4%	4%	3%	4%	3%	3%	4%
Obs.: A média do pH foi calculado através da média da concentração Hidrôgenionica.								

	pH - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú		pH - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú		pH - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú			
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente		
n	39	39	24	24	55	55		
Média ± dp	7,39 ± 0,26	7,44 ± 0,22	7,57 ± 0,21	7,5 ± 0,2	7,43 ± 0,22	7,47 ± 0,23		
Mediana	7,46	7,53	7,68	7,62	7,50	7,58		
Mín	6,90	7,03	7,22	7,11	6,88	7,03		
Máx	8,01	7,88	8,04	7,86	7,89	8,23		
Coef var	4%	3%	3%	3%	3%	3%		
Obs.: A média do pH foi calculado através da média da concentração Hidrôgenionica.								

Os dados foram colocados nos diagramas Box Plot conforme demonstrado através dos gráficos 16 e 17. Através destes gráficos, conclui-se que a variabilidade deste parâmetro foi baixa em todas as etapas, visto o intervalo interquartilico representado pelo “box”.

Gráfico 16 - Diagrama Box Plot para as Medições de pH no Afluente do Decantador Primário Operado com e sem Lodo de ETA

Gráfico 17- Diagrama Box Plot para as Medições de pH no Efluente do Decantador Primário Operado com e sem Lodo de ETA

Observa-se que após a dosagem de 50 mg de lodo ETA/L que tanto no afluente quanto no efluente do decantador primário o pH aumentou, tornando-se mais alcalino.

O gráfico 18 compara a concentração média do pH em todas as etapas do experimento, através dele demonstra-se a leve alteração do pH.

Gráfico 18 – pH Médio no Afluente e Efluente à Decantação Primária com e sem Adição de Lodo de ETA

Os lodos das ETAs Guaraú e ABV utilizados neste experimento, apresentaram os seguintes valores de pH:

- Menor pH : 5,40;
- Maior pH : 6,93;
- pH Médio : 6,14.

Portanto os lodos das ETAs utilizados apresentam características ácidas, não sendo os causadores da alteração observada no experimento. A causa provável desta alteração é o próprio esgoto afluente utilizado no experimento devido aos ciclos internos da ETE Barueri bem como alterações devido ao recebimento de efluentes não domésticos.

5.3.2.2. Parâmetro Sólidos Sedimentáveis

Os dados do monitoramento da concentração de sólidos sedimentáveis no afluente e efluente do decantador primário estão sintetizados na tabela 27.

Os dados demonstram que sem adição de lodo de ETA a concentração de sólidos sedimentáveis no afluente esteve em torno de 11 ml/L

Ao iniciar a dosagem de lodo de ETA houve queda na concentração média, voltando a aumentar na última etapa do experimento.

Os gráficos 19 e 20 facilitam a observação desta constatação.

Tabela 27 – Monitoramento da Concentração de Sólidos Sedimentáveis no Afluente e Efluente do Decantador Primário com e sem Adição de Lodo de ETA

Decantador Primário								
	SS - sem lodo ETA		SS - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV		SS - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú		SS - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	22	18	155	155	167	167	74	74
Média ± dp	11,4 ± 4,5	2,6 ± 1,1	5,5 ± 3,7	0,5 ± 0,6	4,4 ± 2,0	0,5 ± 0,6	6,3 ± 4,9	0,3 ± 0,2
Mediana	11,0	2,5	5,0	0,4	4,0	0,3	4,7	0,2
Mín	4,5	0,5	1,5	0,1	1,3	0,1	0,5	0,1
Máx	27,0	4,0	30,0	6,0	14,0	6,0	25,0	1,2
Coef var	40%	39%	67%	110%	45%	116%	77%	76%

	SS - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú		SS - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú		SS - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú			
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente		
n	75	75	40	40	105	105		
Média ± dp	5,1 ± 2,6	0,6 ± 0,5	6,2 ± 4,6	0,9 ± 0,7	18,41 ± 16,15	0,88 ± 1,35		
Mediana	5,0	0,4	5,0	0,7	14,00	0,60		
Mín	1,3	0,1	2,0	0,1	1,80	0,10		
Máx	13,0	2,4	30,0	3,8	100,00	11,00		
Coef var	50%	84%	74%	83%	88%	153%

Gráfico 19- Concentração Média Semanal de Sólidos Sedimentáveis no Afluente ao Decantador Primário – com e sem Adição de Lodo de ETA.

Gráfico 20 - Concentração Média de Sólidos Sedimentáveis no Afluente ao Decantador Primário – com e sem Adição de Lodo de ETA.

O aumento abrupto na última etapa do experimento da concentração de sólidos sedimentáveis no afluente para 18,4 ml/L não pode ser atribuída somente às dosagens de lodo de ETA visto que o esgoto afluente à ETE Piloto era retirado do esgoto afluente à ETE Barueri que também sofre grandes variações.

A tabela 28 traz os dados médios de dois anos de monitoramento da concentração de sólidos sedimentáveis no afluente da ETE Barueri. A variação observada corrobora com a tese apresentada acima.

Tabela 28 - Concentração de Sólidos Sedimentáveis no Afluente da ETE Barueri

	SS		SS
	mL/L		mL/L
jan/05	3,8	jan/06	2,8
fev/05	5,4	fev/06	5,8
mar/05	7,1	mar/06	6,6
abr/05	7,0	abr/06	4,3
mai/05	10,1	mai/06	3,7
jun/05	6,3	jun/06	2,1
jul/05	9,0	jul/06	5,0
ago/05	6,4	ago/06	5,0
set/05	5,3	set/06	7,7
out/05	6,4	out/06	5,1
nov/05	4,0	nov/06	7,4
dez/05	5,1	dez/06	9,2

Média	5,9
Desv Padrão	2,0
Coef. Var	34%

A remoção de sólidos sedimentáveis no decantador primário, está sintetizada na tabela 29.

Através do diagrama Box Plot, gráfico 21, observa-se que a variabilidade dos dados é pequena.

Com a adição de lodo de ETA houve uma melhora na remoção dos sólidos sedimentáveis na ordem de 10 a 20%, porém esta melhoria não foi proporcional ao aumento na dosagem de Lodo de ETA.

Os valores médios da remoção de sólidos sedimentáveis em cada etapa do experimento estão apresentados no gráfico 22.

Tabela 29 – Remoção de Sólidos Sedimentáveis no Decantador Primário com e sem Adição de Lodo de ETA

	1ª etapa do experimento - sem lodo de ETA (%)	Dosagem de 30 mg/L de Lodo da ETA ABV (%)	Dosagem de 50 mg/L de lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 20 mg/L da ETA Guaraú) (%)	Dosagem de 60 mg/L de Lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 30 mg/L da ETA Guaraú) (%)	Dosagem de 100 mg/L de Lodo das ETAs (50 mg/L da ETA ABV + 50 mg/L da ETA Guaraú) (%)	Dosagem de 200 mg/L de Lodo das ETAs (100 mg/L da ETA ABV + 100 mg/L da ETA Guaraú) (%)	Dosagem de 400 mg/L de Lodo das ETAs (200 mg/L da ETA ABV + 200 mg/L da ETA Guaraú) (%)
n	18	155	167	74	75	40	106
Média ± dp	18	88 ± 9	87 ± 14	93 ± 5	87 ± 10	84 ± 8	92 ± 9
Mediana	73 ± 14	91,4	90,0	95,0	91,4	86,1	96,3
Mín	72,9	44,4	-50,0	66,7	57,9	63,8	45,5
Máx	33,3	99,0	98,8	99,4	98,5	98,7	99,7
Melhoria na rem.em relação à 1ª etapa		21%	19%	28%	19%	15%	26%

Gráfico 21 - Diagrama Box Plot para a Remoção de Sólidos Sedimentáveis no Decantador Primário - com e sem Adição de Lodo de ETA

Gráfico 22 – Remoção Média Semanal de Sólidos Sedimentáveis no Decantador Primário - com e sem Adição de Lodo de ETA

5.3.3. Variáveis Monitoradas em Laboratório

5.3.3.1. Parâmetros Sólidos Totais – ST e Sólidos Voláteis - SV

Na tabela 30 é apresentada a síntese das concentrações de sólidos totais, voláteis e fixos no afluente e efluente da decantação primária.

Devido à dosagem de lodo de ETA a concentração média de sólidos totais no afluente do decantador primário subiu de 700 mg/L no período sem lodo de ETA,

para 1.256 mg/L na sétima etapa quando eram dosados 400 mg SST/L de lodo de ETA.

Tabela 30 - Dados de ST, SV e SF no Afluente e Efluente da Decantação Primária - com e sem a Dosagem de Lodo de ETA

	ST - sem lodo ETA - (mg/L)		SV - sem lodo ETA - (mg/L)		SF - sem lodo ETA - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	20	20	20	20	20	20
Média ± dp	699 ± 173	526 ± 118	371 ± 139	246 ± 107	327 ± 129	279 ± 90
Mediana	747	525	339	222	347	309
Min	324	234	203	128	33	67
Máx	925	770	710	625	520	445
Coef var	25%	23%	38%	44%	40%	33%

	ST - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)		SV - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)		SF - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	17	17	17	17	17	17
Média ± dp	744 ± 159	529 ± 55	320 ± 82	205 ± 34	424 ± 108	323 ± 68
Mediana	691	534	302	199	404	342
Min	576	395	172	158	288	120
Máx	1106	624	520	275	730	418
Coef var	21%	11%	26%	17%	25%	21%

	ST - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SV - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SF - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	7	7	7	7	7	7
Média ± dp	790 ± 155	528 ± 74	300 ± 46	188 ± 50	490 ± 129	340 ± 32
Mediana	762	554	302	204	484	344
Min	616	392	212	94	334	298
Máx	1082	610	358	238	724	382
Coef var	20%	14%	15%	27%	26%	9%

	ST - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SV - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SF - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	3	3	3	3	3	3
Média ± dp	901 ± 243	493 ± 64	282 ± 136	157 ± 76	490 ± 262	264 ± 112
Mediana	770	496	276	162	476	324
Min	752	428	150	79	235	135
Máx	1182	556	422	232	760	334
Coef var	27%	13%	48%	49%	54%	42%

Continua

	ST - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SV - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SF - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	3	3	3	3	3	3
Média ± dp	830 ± 220	597 ± 103	332 ± 46	213 ± 30	498 ± 177	384 ± 75
Mediana	756	568	332	198	424	374
Mín	656	512	286	194	370	314
Máx	1078	712	378	248	700	464
Coef var	27%	17%	14%	14%	36%	20%

	ST - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SV - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SF - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	5	5	5	5	5	5
Média ± dp	815 ± 76	597 ± 48	381 ± 59	231 ± 22	434 ± 30	366 ± 27
Mediana	815	597	381	231	434	366
Mín	734	537	306	208	391	329
Máx	897	657	456	254	477	403
Coef var	9%	8%	16%	10%	7%	8%

	ST - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SV - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SF - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	4	4	4	4	4	4
Média ± dp	1.256 ± 418	607 ± 113	624 ± 282	232 ± 34	632 ± 165	375 ± 87
Mediana	1.279	586	574	234	656	355
Mín	776	498	362	190	414	302
Máx	1.688	756	984	270	802	486
Coef var	33%	19%	45%	15%	26%	23%

A remoção de sólidos totais, sólidos voláteis e sólidos fixos está demonstrada na tabela 31.

Quando são avaliados os dados médios de remoção verifica-se que há tendência de aumento na remoção com o aumento da dosagem de lodo de ETA, porém não se confirmou uma tendência linear.

O coeficiente de variação demonstra que há elevada oscilação nos dados obtidos. Esta oscilação foi causada devido ao próprio esgoto afluente à ETE Barueri, e esta condição dificulta sobremaneira a correlação entre dosagem de lodo de ETA e a melhoria na remoção deste parâmetro na decantação primária.

Tabela 31 - Dados de Remoção de ST, SV e SF na Decantação Primária - com e sem a Dosagem de Lodo de ETA

	Sem Lodo ETA	Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	ST	ST	ST	ST	ST	ST	ST
n	20	17	7	3	3	5	4
Média	23%	26%	31%	43%	27%	27%	47%
Mínimo	3%	-7%	10%	26%	22%	24%	28%
Máximo	42%	63%	49%	58%	34%	29%	67%
Coef. Var	49%	67%	46%	37%	23%	6%	45%

	SV	SV	SV	SV	SV	SV	SV
n	20	17	7	3	3	5	4
Média	32%	33%	38%	42%	36%	39%	55%
Mínimo	3%	-13%	25%	16%	31%	31%	33%
Máximo	65%	60%	56%	62%	42%	45%	77%
Coef. Var	52%	54%	34%	56%	15%	12%	42%

	SF	SF	SF	SF	SF	SF	SF
	19	17	7	3	3	5	4
Média	10%	19%	27%	44%	20%	16%	38%
Mínimo	-56%	-22%	-2%	32%	12%	12%	20%
Máximo	44%	84%	47%	56%	34%	20%	62%
Coef. Var	239%	119%	71%	28%	58%	18%	49%

A afirmação de que o próprio esgoto afluente à ETE Barueri causa as oscilações nas remoções tem como base a análise da série de dados de sólidos totais e sólidos voláteis antes do início da dosagem de lodo de ETA.

Através dos gráficos 23 e 24 observa-se que até aproximadamente o 50º dia a concentração média de ST e SV era respectivamente de 507 mg/L e 184 mg/L, após este dia houve um aumento aproximado de 50% na concentração afluente destes parâmetros.

Gráfico 23 - Série Temporal para Concentração de ST no Afluente e Efluente do Decantador Primário antes da Dosagem de Lodo de ETA

Gráfico 24 - Série Temporal para Concentração de SV no Afluente e Efluente do Decantador Primário antes da Dosagem de Lodo de ETA

Comparando-se os resultados de remoção de sólidos totais no decantador primário das etapas em que se dosava lodo de ETA com os resultados de remoção sem a dosagem de lodo de ETA verificam-se que:

- Para a etapa em que se dosava 30 mg SST/L de lodo de ETA: 70% dos dados estiveram dentro da mesma faixa de remoção observada na etapa em que não havia dosagem de lodo de ETA;

- Para a etapa em que se dosava 50 mg SST/L de lodo de ETA: 60% dos dados estiveram dentro da mesma faixa de remoção observada na etapa em que não havia dosagem de lodo de ETA e 40% estiveram acima desta faixa;
- Para a etapa em que se dosava 60 mg SST/L de lodo de ETA: 80% dos dados estiveram acima da faixa de remoção observada na etapa em que não havia dosagem de lodo de ETA;
- Para a etapa em que se dosava 100 mg SST/L de lodo de ETA: 100% dos dados estiveram dentro da mesma faixa de remoção observada na etapa em que não havia dosagem de lodo de ETA;
- Para a etapa em que se dosava 200 mg SST/L de lodo de ETA: 100% dos dados estiveram dentro da mesma faixa de remoção observada na etapa em que não havia dosagem de lodo de ETA;
- Para a etapa em que se dosava 400 mg SST/L de lodo de ETA: 60% dos dados estiveram acima da faixa de remoção observada na etapa em que não havia dosagem de lodo de ETA e 40% estiveram dentro desta faixa.

Os dados podem ser avaliados através dos gráficos 25 e 26.

Gráfico 25 - Distribuição de Frequência para a Remoção de ST com Dosagem de 30, 50 e 60 mg/L Lodo de ETA Comparada com a Remoção de ST antes da Dosagem de Lodo de ETA

Gráfico 26 - Distribuição de Frequência para a Remoção de ST com Dosagem de 100, 200 e 400 mg/L Lodo de ETA Comparada com a Remoção de ST antes da Dosagem de Lodo de ETA

A análise dos resultados médios das sete etapas do experimento com o objetivo de verificar se há uma correlação entre o aumento da dosagem de lodo de ETA com a melhoria da eficiência de remoção de sólidos totais, verifica-se que ao considerar todos os dados a correção linear é de apenas 39%, grafico 27.

A baixa correlação apresentada é causada pelos resultados obtidos nas etapas 5 e 6, nas quais se dosou 100 e 200 mg SST/L de lodo de ETA, esses dados foram considerados anômalos e retirados da análise de correlação.

Com o novo grupo de dados, retirando-se os resultados obtidos quando havia a dosagem de 100 e 200 mg SST/L de lodo de ETA, verifica-se através do gráfico 28 que o índice de correlação é de 60%, assim conclui-se que mesmo com a alta variação na concentração de sólidos totais no esgoto afluente encontra-se uma correlação entre dosagens de lodo de ETA e o desempenho da decantação primária em termos de remoção de sólidos totais.

Gráfico 27 - Correlação Linear entre Dosagem de Lodo de ETA e o Aumento na Remoção de ST na Decantação Primária

Gráfico 28 - Correlação Linear entre Dosagem de Lodo de ETA e o Aumento na Remoção de ST na Decantação Primária – sem os dados das dosagens de 100 e 200 mg de Lodo/L

Para os sólidos voláteis o índice de correlação foi de 91%, conforme pode ser observado através do gráfico 29.

Gráfico 29 - Correlação Linear entre Dosagem de Lodo de ETA e o Aumento na Remoção de SV na Decantação Primária

Com a adição de lodo de ETA houve como esperado um aumento na ordem de 20% na quantidade de sólidos fixos no efluente do decantador primário, conforme demonstra-se através do gráfico 30.

Gráfico 30 - Concentração de Sólido Fixos (SF) no Efluente da Decantação Primária - com e sem Lodo de ETA

5.3.3.2. Parâmetros Sólidos Suspensos Totais – SST e Sólidos Suspensos Voláteis – SSV e Sólidos Suspensos Fixos - SSF

As concentrações médias dos sólidos suspensos totais, voláteis e fixos do afluente e efluente do decantador primário piloto estão apresentadas na tabela 32.

Tabela 32 - Dados de SST, SSV e SSF no Afluente e Efluente da Decantação Primária com e sem a Dosagem de Lodo de ETA

	SST - sem lodo ETA - (mg/L)		SSV - sem lodo ETA - (mg/L)		SSF - sem lodo ETA - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	21	20	21	20	20	20
Média ± dp	250 ± 95	94 ± 41	189 ± 63	74 ± 36	51 ± 31	20 ± 11
Mediana	260	95	200	68	43	20
Mín	68	20	43	15	3	0
Máx	500	170	285	160	120	45
Coef var	38%	44%	33%	49%	61%	55%

	SST - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)		SSV - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)		SSF - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	18	18	18	18	18	18
Média ± dp	296 ± 125	145 ± 38	218 ± 87	111 ± 35	77 ± 45	33 ± 15
Mediana	250	145	203	105	58	34
Mín	147	87	107	66	27	15
Máx	607	215	420	195	187	60
Coef var	42%	27%	40%	32%	59%	45%

	SST - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SSV - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SSF - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	7	7	7	7	7	7
Média ± dp	385 ± 115	139 ± 19	209 ± 20	100 ± 15	176 ± 95	39 ± 14
Mediana	357	133	207	106	150	40
Mín	268	118	182	78	83	20
Máx	560	180	247	118	313	63
Coef var	30%	14%	10%	15%	54%	36%

	SST - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SSV - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SSF - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	3	3	3	3	3	3
Média ± dp	407 ± 95	116 ± 15	195 ± 36	75 ± 10	212 ± 75	41 ± 5
Mediana	440	120	193	78	208	42
Mín	300	100	160	64	140	36
Máx	483	130	233	84	290	46
Coef var	23%	13%	19%	13%	35%	13%

Continua

	SST - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SSV - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SSF - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	3	3	3	3	3	3
Média ± dp	367 ± 97	170 ± 26	210 ± 5	123 ± 28	157 ± 102	47 ± 5
Mediana	320	162	210	120	110	46
Mín	303	150	205	97	87	42
Máx	480	200	217	154	275	53
Coef var	27%	15%	3%	23%	65%	12%

	SST - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SSV - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SSF - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	5	5	5	5	5	5
Média ± dp	357 ± 42	196 ± 13	236 ± 28	136 ± 9	120 ± 13	60 ± 4
Mediana	358	197	237	137	121	60
Mín	310	177	203	123	107	54
Máx	405	216	270	150	135	66
Coef var	12%	7%	12%	7%	11%	7%

	SST - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SSV - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		SSF - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	4	4	4	4	4	4
Média ± dp	723 ± 388	163 ± 30	441 ± 259	113 ± 25	281 ± 143	49 ± 11
Mediana	678	170	384	112	287	50
Mín	350	120	210	84	140	36
Máx	1187	192	790	146	413	62
Coef var	54%	19%	59%	23%	51%	22%

Para auxiliar na avaliação do desempenho do decantador primário piloto, haverá a comparação dos dados obtidos nas sete etapas do experimento com os dados históricos da operação dos decantadores primários da ETE Barueri no período de 2004 a 2006, que estão demonstrados na tabela 33.

O decantador primário piloto operou com uma taxa média de escoamento superficial de $59 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, oscilando entre 56 a $69 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$. A ETE Barueri no período de 2004 a 2006 operou os decantadores primários com taxa de escoamento superficial entre 41 e $74 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, com média de $53 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$, portanto quando comparamos os dados da taxa de escoamento superficial do decantador primário piloto com os dados dos decantadores primários da ETE Barueri observa-se que a maior diferença é observada na primeira etapa, ou seja, sem dosagem de lodo de ETA. Nesta etapa o decantador primário piloto operou com uma taxa de escoamento superficial 29%

acima da taxa média observada na operação dos decantadores primários da ETE Barueri.

Nas demais etapas do experimento o decantador primário piloto operou com taxa de escoamento superficial apenas 7% acima das taxas observadas nos decantadores primários da ETE Barueri.

Tabela 33 – Taxa de Escoamento Superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$) e Remoções de SST e SSV nos Decantadores Primários da ETE Barueri no Período de 2004 a 2006

	Remoção		Tx escoamento superficial
	SST	SSV	($\text{m}^3/\text{m}^2.\text{d}$)
<i>jan/04</i>	39%	53%	47
<i>fev/04</i>	37%	41%	58
<i>mar/04</i>	40%	44%	55
<i>abr/04</i>	60%	63%	72
<i>mai/04</i>	18%	36%	45
<i>jun/04</i>	21%	24%	48
<i>jul/04</i>	40%	55%	53
<i>ago/04</i>	55%	62%	53
<i>set/04</i>	51%	50%	54
<i>out/04</i>	58%	56%	52
<i>nov/04</i>	61%	68%	58
<i>dez/04</i>	38%	36%	61
<i>jan/05</i>	22%	21%	74
<i>fev/05</i>	42%	41%	57
<i>mar/05</i>	65%	67%	73
<i>abr/05</i>	58%	60%	44
<i>mai/05</i>	61%	62%	44
<i>jun/05</i>	54%	54%	47
<i>jul/05</i>	59%	56%	43
<i>ago/05</i>	15%	15%	42
<i>set/05</i>	76%	74%	45
<i>out/05</i>	57%	56%	47
<i>nov/05</i>	40%	38%	47
<i>dez/05</i>	57%	56%	52
<i>jan/06</i>	52%	50%	53
<i>fev/06</i>	48%	48%	57
<i>mar/06</i>	66%	67%	65
<i>abr/06</i>	40%	40%	54
<i>mai/06</i>	30%	32%	61
<i>jun/06</i>	21%	24%	51
<i>jul/06</i>	46%	49%	54
<i>ago/06</i>	42%	41%	60
<i>set/06</i>	45%	40%	60
<i>out/06</i>	47%	49%	50
<i>nov/06</i>	71%	70%	41
<i>dez/06</i>	64%	65%	46
Média	47%	49%	53
Mediana	47%	50%	53
Mínimo	15%	15%	41
Máximo	76%	74%	74
Desvio Padrão	15%	15%	8

A tabela 34 e os gráficos 31 e 32 demonstram a síntese dos dados de remoção de sólidos suspensos totais e voláteis. Observa-se que as remoções foram menores quando eram dosados 100 e 200 mg SST/L de lodo de ETA, que conforme já explanado deveu-se às variações no próprio esgoto afluente da ETE Barueri.

Com a dosagem de lodo de ETA houve a seguinte situação na remoção de sólidos suspensos totais na decantação primária:

- Dosagem de 30 mg SST de lodo de ETA/L = Não houve melhoria na remoção;
- Dosagem de 50 mg SST de lodo de ETA/L = Houve melhoria de 2% na remoção;
- Dosagem de 60 mg SST de lodo de ETA/L = Houve melhoria de 9% na remoção;
- Dosagem de 100 mg SST de lodo de ETA/L = Não houve melhoria na remoção;
- Dosagem de 200 mg SST de lodo de ETA/L = Não houve melhoria na remoção;
- Dosagem de 400 mg SST de lodo de ETA/L = Houve melhoria de 15% na remoção.

Tabela 34 - Dados de Remoção de SST, SSV e SSF na Decantação Primária - com e sem a Dosagem de Lodo de ETA

	Sem Lodo ETA	Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	SST	SST	SST	SST	SST	SST	SST
n	20	18	7	3	3	5	4
Média	58%	42%	61%	70%	51%	45%	71%
Mínimo	12%	-39%	45%	57%	34%	37%	51%
Máximo	89%	81%	75%	77%	69%	51%	87%
Coef. Var	33%	73%	18%	16%	34%	11%	24%

Continua

	SSV	SSV	SSV	SSV	SSV	SSV	SSV
n	20	18	7	3	3	5	4
Média	58%	40%	51%	60%	42%	42%	68%
Mínimo	7%	-37%	39%	48%	29%	34%	45%
Máximo	85%	78%	64%	72%	53%	49%	83%
Coef. Var	35%	88%	20%	21%	29%	13%	27%

	SSF	SSF	SSF	SSF	SSF	SSF	SSF
	20	18	7	3	3	5	4
Média	38%	38%	75%	78%	63%	50%	76%
Mínimo	-233%	-71%	59%	67%	47%	44%	61%
Máximo	100%	86%	85%	86%	81%	56%	91%
Coef. Var	184%	124%	13%	13%	27%	8%	20%

Gráfico 31 – Remoção de Sólidos Suspensos Totais no Decantador Primário - com e sem Dosagem de Lodo de ETA

a = sem dosagem de lodo de ETA; b = com dosagem de lodo de ETA

Gráfico 32 – Remoção de Sólidos Suspensos Totais Voláteis no Decantador Primário - com e sem Dosagem de Lodo de ETA

a = sem dosagem de lodo de ETA; b = com dosagem de lodo de ETA

A utilização de todos os dados para avaliar se há uma correlação entre a dosagem de lodo de ETA com a remoção de SST nos leva a um índice “r” muito baixo, conforme gráfico 33.

Removendo os dados obtidos nas dosagens de 100 e 200 mg SST/L de lodo de ETA pois com esses dados não houve eficiência na remoção de SST, a correção aumenta para 0,32, porém muito aquém do necessário para poder utilizar em previsões de remoções, gráfico 34.

Gráfico 33 – Relação entre Dosagem de Lodo de ETA com a Remoção de Sólidos Suspensos Totais – SST no Decantador Primário Piloto – (com todos os dados, baixo fator de correlação)

Gráfico 34 - Relação entre Dosagem de Lodo de ETA com a Remoção de Sólidos Suspensos Totais – SST no Decantador Primário (sem os dados anômalos).

A adição de lodo de ETA elevou a concentração de sólidos suspensos fixos que é encaminhada ao reator biológico:

Sem adição de lodo de ETA: 21 mg SSF/L

Com adição de 30 mg SST/L de lodo de ETA: 34 mg SSF/L – aumento de 64%

Com adição de 50 mg SST/L de lodo de ETA: 40 mg SSF/L – aumento de 91%

Com adição de 60 mg SST/L de lodo de ETA: 41 mg SSF/L – aumento de 99%

Com adição de 100 mg SST/L de lodo de ETA: 47 mg SSF/L – aumento de 128%

Com adição de 200 mg SST/L de lodo de ETA: 60 mg SSF/L – aumento de 190%

Com adição de 400 mg SST/L de lodo de ETA: 50 mg SSF/L – aumento de 139%

5.3.3.3. Parâmetros DQO e DBO_{5,20}

A tabela 35 abaixo sintetiza os dados de DQO e DBO_{5,20} obtidos durante todas as etapas dos testes.

Tabela 35 - Dados da Concentração Afluente, Efluente e Remoção de DBO_{5,20} e DQO na Decantação Primária - com e sem Dosagem de Lodo de ETA

	DQO - sem lodo ETA - (mg/L)		DBO - sem lodo ETA - (mg/L)		Remoção - sem lodo ETA - (%)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	DQO	DBO
n	22	26	22	24	21	21
Média ± dp	438 ± 148	268 ± 66	189 ± 74	119 ± 39	34%	28%
Mediana	433	279	177	127	35%	38%
Mín	253	142	45	35	-9%	-15%
Máx	781	415	402	183	68%	71%
Coef var	34%	25%	40%	33%	45%	92%

	DQO - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)		DBO - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)		Remoção - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	DQO	DBO
n	20	20	19	19	20	19
Média ± dp	549 ± 162	398 ± 168	244 ± 77	165 ± 58	24%	27%
Mediana	525	355	208	155	34%	30%
Mín	306	200	151	76	-53%	-53%
Máx	1.022	1.001	402	311	67%	68%
Coef var	30%	42%	32%	35%	132%	117%

	DQO - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		DBO - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		Remoção - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	DQO	DBO
n	7	7	7	7	7	7
Média ± dp	496 ± 103	302 ± 80	298 ± 83	179 ± 94	39%	39%
Mediana	494	329	335	155	38%	43%
Mín	343	172	146	89	24%	-5%
Máx	675	386	370	378	54%	69%
Coef var	21%	26%	28%	53%	34%	63%

	DQO - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		DBO - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		Remoção - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	DQO	DBO
n	3	3	3	3	3	3
Média ± dp	552 ± 105	242 ± 60	290 ± 104	111 ± 19	54%	55%
Mediana	570	220	339	102	66%	71%
Mín	439	195	171	99	30%	22%
Máx	646	310	361	133	66%	72%
Coef var	19%	25%	36%	17%	39%	52%

Continua

	DQO - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		DBO - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		Remoção - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	DQO	DBO
n	3	3	3	3	3	3
Média ± dp	573 ± 23	413 ± 14	212 ± 55	151 ± 29	28%	28%
Mediana	580	407	209	164	28%	25%
Mín	548	403	158	119	26%	22%
Máx	592	428	268	172	30%	36%
Coef var	4%	3%	26%	19%	9%	27%

	DQO - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		DBO - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		Remoção - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	DQO	DBO
n	5	5	5	5	5	5
Média ± dp	611 ± 136	419 ± 110	278 ± 51	197 ± 47	32%	29%
Mediana	611	419	278	197	32%	29%
Mín	514	341	241	163	30%	27%
Máx	708	497	314	230	34%	32%
Coef var	22%	26%	19%	24%	9%	13%

	DQO - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		DBO - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)		Remoção - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	DQO	DBO
n	5	5	5	5	5	5
Média ± dp	1.113 ± 880	454 ± 137	394 ± 297	188 ± 95	47%	51%
Mediana	794	415	251	176	48%	53%
Mín	506	327	222	89	21%	32%
Máx	2.638	687	919	313	74%	66%
Coef var	79%	30%	75%	50%	54%	33%

Os gráficos 35 e 36 mostram os dados temporais das concentrações DQO e DBO_{5,20} para o afluente e efluente do decantador primário.

Observa-se que há uma tendência no aumento da concentração seja de DQO e DBO_{5,20} no esgoto afluente com o aumento da dosagem de lodo de ETA.

Gráfico 35 - Série Temporal para Concentração de DQO no Afluente e Efluente do Decantador Primário - com e sem Dosagem de Lodo de ETA

Gráfico 36 - Série Temporal para Concentração de DBO_{5,20}, no Afluente e Efluente do Decantador Primário - com e sem Dosagem de Lodo de ETA

Os gráficos 37 e 38 mostram os dados de eficiência de remoção de DQO e DBO_{5,20} no decantador primário piloto ao longo do tempo.

Gráfico 37 - Remoção de DQO no Decantador Primário - com e sem Dosagem de Lodo de ETA

Gráfico 38 - Remoção de $\text{DBO}_{5,20}$ no Decantador Primário - com e sem Dosagem de Lodo de ETA

Devido às grandes oscilações nas concentrações de DQO e $\text{DBO}_{5,20}$ no esgoto afluente não são de fácil interpretação os dados disponíveis quanto à melhora ou piora da eficiência de remoção destes parâmetros.

O gráfico 39 representa a correlação entre a eficiência de remoção de DQO com o aumento da dosagem de lodo de ETA. Neste gráfico foram inseridos os dados médios de cada etapa do experimento, o coeficiente de correlação foi de apenas 0,11. Consideramos como anômalo o valor obtido quando houve a dosagem de 60 mg SST de lodo de ETA/L.

Com a retirada do valor considerado anômalo, houve uma melhora no índice de correlação, que passou de 0,11 para 0,45. Porém, ainda aquém de uma correlação linear adequada (Gráfico 40).

Mesmo com essa consideração, demonstra-se que há uma tendência de aumento na remoção de DQO com o aumento nas dosagens de lodo de ETA.

Com a exclusão dos dados negativos de eficiência, antes da dosagem de lodo de ETA a remoção média de DQO era de 36% passando para:

- 38% com dosagem de 30 mg SST/L de lodo de ETA
- 39% com dosagem de 50 mg SST/L de lodo de ETA
- 54% com dosagem de 60 mg SST/L de lodo de ETA
- 28% com dosagem de 100 mg SST/L de lodo de ETA
- 32% com dosagem de 200 mg SST/L de lodo de ETA
- 47% com dosagem de 400 mg SST/L de lodo de ETA

Gráfico 39 – Correlação entre a Remoção de DQO com a Dosagem de Lodo de ETA – (Com dados de todas as etapas, baixa correlação)

Gráfico 40 - Correlação entre a Remoção de DQO com a Dosagem de Lodo de ETA – (Sem os dados da etapa 60 mg/L, melhor índice de correlação)

Para a correlação entre a remoção de $DBO_{5,20}$ e o aumento na dosagem de lodo de ETA utilizando todos os dados médios de cada etapa do experimento, também obtivemos um coeficiente de correlação baixo, de apenas 0,19, conforme pode ser observado através do gráfico 41.

Retirando-se o resultado obtido na etapa em que houve a dosagem de 60 mg SST de lodo de ETA/L, o índice de correlação passou para 0,59, conforme demonstra-se no gráfico 42.

É plausível inferir que há uma tendência de aumento na remoção da $DBO_{5,20}$ com o aumento das dosagens de lodo de ETA. Ao excluir os dados negativos de remoção de $DBO_{5,20}$ temos que antes da dosagem de lodo de ETA a remoção média foi de 35% que passou para:

- 38% com dosagem de 30 mg SST/L de lodo de ETA
- 46% com dosagem de 50 mg SST/L de lodo de ETA
- 55% com dosagem de 60 mg SST/L de lodo de ETA
- 28% com dosagem de 100 mg SST/L de lodo de ETA
- 29% com dosagem de 200 mg SST/L de lodo de ETA
- 51% com dosagem de 400 mg SST/L de lodo de ETA

Gráfico 41 – Correlação entre a Remoção de DBO_{5,20} com a Dosagem de Lodo de ETA – (Com dados de todas as etapas, baixa correlação)

Gráfico 42 - Correlação entre a Remoção de DBO_{5,20} com a Dosagem de Lodo de ETA – (Sem os dados da etapa 60 mg/L, melhor índice de correlação)

Também foi monitorada a concentração de DQO solúvel no efluente do decantador primário para se avaliar se haveria remoção deste parâmetro com a adição de lodo de ETA, os dados estão sintetizados na tabela 36.

A concentração deste parâmetro teve alta variabilidade, o que pode ser melhor visualizado através do gráfico 43 que demonstra a concentração média deste parâmetro associada ao desvio padrão.

Tabela 36 - Dados da Concentração da DQO Solúvel no Efluente da Decantação Primária com e sem a Dosagem de Lodo de ETA

	DQOsol - sem lodo ETA	DQOsol - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	DQOsol - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	DQOsol - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú
Parâmetro	Efluente	Efluente	Efluente	Efluente
n	8	19	7	3
Média ± dp	186,3 ± 39,1	218,6 ± 146,1	171,4 ± 64,9	143,1 ± 16,2
Mediana	169,0	180,1	169,1	136,7
Mín	128,0	84,1	89,2	131,2
Máx	237,0	780,2	290,5	161,5
Coef var	21%	67%	38%	11%

	DQOsol - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	DQOsol - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	DQOsol - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	Efluente	Efluente	Efluente	
n	3	5	5	
Média ± dp	264,9 ± 44,3	190,4 ± 23,5	253,9 ± 96,1	
Mediana	282,2	190,4	220,5	
Mín	214,6	163,1	186,1	
Máx	297,9	217,7	446,0	
Coef var	17%	12%	38%

Gráfico 43 - Gráfico com a Média e o Desvio Padrão da Concentração de DQO Solúvel no Efluente do Decantador Primário - com e sem Adição de Lodo de ETA

A adição de lodo de ETA eleva sensivelmente a concentração de DQO solúvel no efluente do decantador primário, gráfico 44.

Gráfico 44 - Relação entre Dosagem de Lodo de ETA com a Concentração de DQO Solúvel no Efluente do Decantador Primário

5.3.3.4. Parâmetros Nitrogênio e Fósforo.

A tabela 37 abaixo sintetiza todos os dados obtidos nas sete etapas dos testes.

A concentração média de fósforo total no afluente do decantador primário em todo o período de testes variou entre 3 a 46 mg/L, com média de 7 mg/L. A concentração deste parâmetro no efluente teve concentração mínima de 0,2 e máxima de 22 mg/L, com média de 5,8 mg/L.

A eficiência média de remoção de fósforo no decantador primário antes da dosagem de lodo de ETA, excluindo os valores negativos, foi de 24%. Com a adição de lodo de ETA a remoção média passou para:

- 24% com dosagem de 30 mg SST/L de lodo de ETA
- 34% com dosagem de 50 mg SST/L de lodo de ETA
- 43% com dosagem de 60 mg SST/L de lodo de ETA
- 15% com dosagem de 100 mg SST/L de lodo de ETA
- 29% com dosagem de 200 mg SST/L de lodo de ETA
- 48% com dosagem de 400 mg SST/L de lodo de ETA

A aplicação de sais de ferro para remoção de ferro em situação de controle, padrões, geraram reações de hidrólise bem conhecidas, porém ao aplicar sais de ferro em esgotos sanitários haverá a formação de complexos do ferro com outros cátions e ânions que certamente estão presentes nos esgotos, portanto é de grande dificuldade a determinação dos mecanismos envolvidos na remoção de fósforo com a aplicação de sais de ferro (EL SAMRANI et. al., 2004 apud GUALBERTO, 2009).

Tal complexidade pode ser a razão pela qual houve as variações de remoção apresentada nesta pesquisa.

Tabela 37 - Dados do Afluente, Efluente de Fósforo, Nitrogênio Amoniacal e Total na Decantação Primária com e sem a Dosagem de Lodo de ETA

	P - sem lodo ETA - (mg/L)		NH3 - sem lodo ETA - (mg/L)		NKT - sem lodo ETA - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	20	25	20	25	20	25
Média ± dp	7,9 ± 4,3	6,4 ± 4,5	38 ± 13	33 ± 13	60 ± 22	48 ± 21
Mediana	6,4	5,1	35	30	55	44
Mín	3,4	0,2	21	10	31	22
Máx	21,0	21,0	67	61	114	114
Coef var	7,9	6,4	33%	39%	36%	44%

	P - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)		NH3 - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)		NKT - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	23	23	23	23	23	23
Média ± dp	6,0 ± 2,0	5,2 ± 3,8	41 ± 12	40 ± 13	51 ± 13	49 ± 13
Mediana	5,3	4,4	44	43	55	53
Mín	3,1	2,2	17	18	24	22
Máx	12,0	22,0	56	64	68	65
Coef var	33%	73%	29%	31%	26%	27%

	P - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú		NH3 - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú		NKT - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	7	7	8	8	8	8
Média ± dp	11,1 ± 15,4	6,3 ± 6,7	47 ± 20	44 ± 13	62 ± 22	57 ± 18
Mediana	5,7	3,8	43	42	58	57
Mín	4,4	2,6	25	23	34	28
Máx	46,0	21,4	89	64	106	83
Coef var	138%	107%	42%	30%	35%	32%

Continua

	P - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú		NH3 - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú		NKT - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes
n	3	3	3	3	3	3
Média ± dp	4,0 ± 1,5	3,5 ± 1,7	54 ± 19	55 ± 20	67 ± 20	69 ± 22
Mediana	4,3	2,5	49	47	70	70
Mín	2,3	2,5	37	40	45	47
Máx	5,3	5,4	75	77	85	90
Coef var	39%	48%	36%	36%	30%	32%

	P - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú		NH3 - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú		NKT - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes
n	3	3	4	4	4	4
Média ± dp	6,9 ± 2,1	6,5 ± 2,8	60 ± 22	59 ± 17	72 ± 25	70 ± 21
Mediana	6,7	5,7	58	57	67	67
Mín	4,9	4,2	35	39	48	48
Máx	9,1	9,6	88	81	107	99
Coef var	30%	43%	36%	29%	35%	30%

	P - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú		NH3 - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú		NKT - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes
n	5	5	8	8	8	8
Média ± dp	5,7 ± 1,0	3,9 ± 0,5	42 ± 22	41 ± 23	52 ± 26	48 ± 22
Mediana	5,7	3,9	41	38	50	48
Mín	4,3	3,3	18	19	26	23
Máx	7,0	4,5	69	71	89	80
Coef var	18%	13%	53%	56%	49%	46%

	P - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú		NH3 - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú		NKT - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes	Afluentes	Efluentes
n	4	4	19	19	19	19
Média ± dp	8,5 ± 2,8	7,7 ± 8,2	38 ± 26	40 ± 26	57 ± 33	49 ± 30
Mediana	8,8	4,1	34	40	60	51
Mín	5,3	2,7	14	16	23	22
Máx	11,0	20,1	125	120	163	149
Coef var	32%	106%	69%	66%	57%	62%

O gráfico 45 facilita a visualização dos dados das concentrações médias de fósforo no afluente e no efluente do decantador primário piloto. A concentração deste parâmetro no afluente teve variações significativas ao longo das etapas dos testes, o que influencia a análise de eficiência de remoção.

Gráfico 45 – Concentração Média de Fósforo no Afluente e Efluente do Decantador Primário com e sem Dosagem de Lodo de ETA

É possível verificar uma tendência de aumento na remoção do parâmetro fósforo no decantador primário com o aumento das dosagens de lodo de ETA, vide gráfico 46.

A etapa em que se dosavam 400 mg SST/L de lodo de ETA é a única em que a concentração de fósforo afluente foi semelhante à etapa em que não se dosava lodo de ETA. A comparação entre as duas demonstra que há um aumento significativo na remoção de fósforo no decantador primário, na ordem de 11%

Gráfico 46 – Remoção Média de Fósforo no Decantador Primário Piloto com e sem Dosagem de Lodo de ETA

Também foi monitorada a concentração de fósforo solúvel no efluente do decantador primário com e sem adição de lodo de ETA para avaliar se haveria remoção deste elemento fundamental para o sistema biológico.

Os dados estão demonstrados na tabela 38, deve-se observar que o coeficiente de variação em algumas etapas atingiu cerca de 150%, demonstrando que há muita variação da concentração deste elemento.

A concentração média de fósforo solúvel no efluente do decantador primário em todo o período de testes variou entre 0,3 a 20,9 mg/L, com média de 3,3 mg/L.

Tabela 38 - Dados da Concentração de Fósforo Solúvel no Efluente da Decantação Primária com e sem a Dosagem de Lodo de ETA

	Psol - sem lodo ETA	Psol - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	Psol - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	Psol - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú
Parâmetro	Efluente	Efluente	Efluente	Efluente
n	13	23	7	3
Média ± dp	4,0 ± 2,6	2,8 ± 3,1	2,8 ± 3,6	0,9 ± 0,5
Mediana	3,5	2,1	1,8	1,1
Mín	0,5	0,9	0,6	0,3
Máx	10,0	17,0	11,0	1,3
Coef var	65%	111%	129%	60%

Continua

	Psol - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	Psol - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	Psol - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	Efluente	Efluente	Efluente	
n	3	5	4	
Média ± dp	3,8 ± 2,3	2,5 ± 0,4	6,4 ± 9,6	
Mediana	2,6	2,5	2,0	
Mín	2,3	2,0	0,9	
Máx	6,5	3,1	20,9	
Coef var	61%	17%	150%	

Com os dados disponíveis verificou-se que não há uma correlação entre a concentração de fósforo solúvel no efluente do decantador primário com a adição de lodo de ETA, como pode ser observado através do gráfico 47. As variações observadas devem-se às alterações na concentração do esgoto afluente ao decantador primário.

Gráfico 47 - Relação entre Dosagem de Lodo de ETA com a Concentração de Fósforo Solúvel no Efluente do Decantador Primário

Ao comparar a concentração de fósforo solúvel com a concentração de fósforo total no efluente do decantador primário verifica-se que nas três primeiras etapas a relação Psol/P era de aproximadamente 0,50. Nas três últimas etapas esta relação passou para 0,75. Isto demonstra que houve remoção de fósforo particulado e não solúvel, deixando este elemento disponível ao sistema biológico, vide gráfico 48.

Gráfico 48 – Relação entre Fósforo Solúvel e Fósforo Total no Efluente do Decantador Primário

A concentração de nitrogênio kjeldahl total no afluente do decantador primário oscilou entre 22,8 a 163,3 mg/L, com média de 57,3 mg/L. A concentração deste parâmetro no efluente teve concentração mínima de 21,6 e máxima de 149,2 mg/L, com média de 51,1 mg/L.

O gráfico 49 facilita a visualização dos dados das concentrações médias de NKT no afluente e efluente do decantador primário piloto.

Gráfico 49 – Concentração Média de NKT no Afluente e Efluente do Decantador Primário com e sem Dosagem de Lodo de ETA

A eficiência média de remoção de NKT no decantador primário antes da dosagem de lodo de ETA, excluindo os valores negativos, foi de 28%. Com a adição de lodo de ETA a remoção média passou para:

- 14% com dosagem de 30 mg SST/L de lodo de ETA
- 10% com dosagem de 50 mg SST/L de lodo de ETA
- 0% com dosagem de 60 mg SST/L de lodo de ETA
- 4% com dosagem de 100 mg SST/L de lodo de ETA
- 9% com dosagem de 200 mg SST/L de lodo de ETA
- 19% com dosagem de 400 mg SST/L de lodo de ETA

Através do gráfico 50 nota-se a grande variabilidade na remoção do parâmetro nitrogênio total, demonstrando que a adição de lodo de ETA não influi na remoção deste parâmetro.

Gráfico 50 - Remoção Média de Nitrogênio Kjeldahl Total no Decantador Primário Piloto com e sem Dosagem de Lodo de ETA

A concentração de nitrogênio amoniacal no afluente do decantador primário oscilou entre 13,7 a 125,1 mg/L, com média de 41,7 mg/L. A concentração deste parâmetro no efluente teve concentração mínima de 10,0 e máxima de 120,0 mg/L, com média de 40,0 mg/L.

O gráfico 51 facilita a visualização dos dados das concentrações média de NH_3 no afluente e no efluente do decantador primário piloto.

Gráfico 51 – Concentração Média de NH_3 no Afluente e Efluente do Decantador Primário com e sem Dosagem de Lodo de ETA

A eficiência média de remoção de NH_3 no decantador primário antes da dosagem de lodo de ETA, excluindo os valores negativos, foi de 25%. Com a adição de lodo de ETA a remoção média passou para:

- 31% com dosagem de 30 mg SST/L de lodo de ETA
- 13% com dosagem de 50 mg SST/L de lodo de ETA
- 4% com dosagem de 60 mg SST/L de lodo de ETA
- 6% com dosagem de 100 mg SST/L de lodo de ETA
- 11% com dosagem de 200 mg SST/L de lodo de ETA
- 6% com dosagem de 400 mg SST/L de lodo de ETA

Através do gráfico 52 observa-se a grande variabilidade na remoção do parâmetro NH_3 , demonstrando que a adição de lodo de ETA não influi na sua remoção.

Gráfico 52 - Remoção Média de Nitrogênio Amoniacal no Decantador Primário Piloto com e sem Dosagem de Lodo de ETA

Como a decantação em uma estação de tratamento de esgotos não foi projetada para remoção de macro-nutrientes é plausível que para estes parâmetros as remoções sejam praticamente nulas.

5.3.4. Avaliação do Lodo Primário

5.3.4.1. Parâmetros DQO, ST, SV e SF

O lodo primário também foi monitorado para avaliar as alterações na sua composição após as dosagens de lodo de ETA. A tabela 39 sintetiza todos os dados obtidos nas sete etapas do experimento, com e sem adição de lodo de ETA, para os parâmetros DQO, ST, SV e SF.

Todos os dados utilizados para compor a síntese das tabelas e gráficos deste capítulo estão apresentados nos anexos.

No lodo primário a mínima concentração de DQO observada foi de 1.566 mg/L e a máxima de 63.957 mg/L, com média de 16.915 mg/L. Verifica-se através do gráfico 53 que há uma grande variação nos resultados de DQO no lodo primário.

Apesar da variação, é nítida a tendência no aumento da concentração de DQO com o aumento na dosagem de lodo de ETA. O gráfico 54 demonstra a correlação entre a dosagem de lodo de ETA com o aumento na concentração de DQO no lodo primário, a correlação dos dados foi de 0,82.

Tabela 39 - Dados da Concentração de DQO, ST, SV e SF no Lodo Primário com e sem a Dosagem de Lodo de ETA

	DQO - sem lodo ETA - (mg/L)	ST - sem lodo ETA - (mg/L)	SV - sem lodo ETA - (mg/L)	SF - sem lodo ETA - (mg/L)
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	11	20	20	20
Média ± dp	8.565 ± 2.485	9.475 ± 4.280	6.594 ± 3.023	2.906 ± 1.375
Mediana	9.240	10.337	6.733	2.975
Mín	4.980	2.148	1.375	541
Máx	11.540	16.739	11.719	5.089
Coef var	29%	45%	46%	47%

	DQO - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)	ST - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)	SV - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)	SF - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV - (mg/L)
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	19	17	17	17
Média ± dp	18.500 ± 10.440	12.309 ± 10.342	8.108 ± 6.669	4.201 ± 3.745
Mediana	15.511	10.010	6.834	3.176
Mín	1.566	2.030	1.294	730
Máx	39.812	32.229	21.718	12.500
Coef var	56%	84%	82%	89%

Continua

	DQO - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	ST - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	SV - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	SF - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	7	7	7	7
Média ± dp	15.799 ± 13.849	6.424 ± 5.374	3.923 ± 3.508	2.501 ± 1.985
Mediana	9.544	4.408	2.362	2.046
Mín	4.901	878	414	464
Máx	44.991	14.960	10.020	5.200
Coef var	88%	84%	89%	79%

	DQO - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	ST - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	SV - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	SF - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	3	3	3	3
Média ± dp	18.055 ± 14.047	21.140 ± 6.861	10.063 ± 5.070	7.316 ± 3.525
Mediana	20.069	22.560	14.340	9.020
Mín	3.111	13.680	6.750	4.530
Máx	30.988	27.180	15.900	11.280
Coef var	78%	32%	50%	48%

	DQO - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	ST - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	SV - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	SF - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	3	3	3	3
Média ± dp	12.668 ± 8.819	16.670 ± 11.276	10.096 ± 6.819	6.573 ± 4.479
Mediana	13.672	22.060	13.720	8.340
Mín	3.390	3.710	2.230	1.480
Máx	20.944	24.240	14.340	9.900
Coef var	70%	68%	68%	68%

	DQO - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	ST - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	SV - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	SF - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	3	3	3	3
Média ± dp	24.135 ± 3.441	23.790 ± 4.770	15.870 ± 3.670	7.920 ± 1.100
Mediana	24.136	23.790	15.870	7.920
Mín	20.695	19.020	12.200	6.820
Máx	27.577	28.560	19.540	9.020
Coef var	14%	20%	23%	14%

Continua

	DQO - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	ST - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	SV - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	SF - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	4	4	4	4
Média ± dp	33.021 ± 22.795	48.181 ± 30.395	28.286 ± 17.880	19.896 ± 12.626
Mediana	29.575	41.442	24.661	16.781
Mín	8.979	19.040	10.620	8.420
Máx	63.957	90.800	53.200	37.600
Coef var	69%	63%	63%	63%

Gráfico 53 - Série Temporal para a Concentração de DQO no Lodo Primário – com e sem Dosagem de Lodo de ETA

Gráfico 54 – Correlação entre Aumento da Concentração da DQO do Lodo Primário com o Aumento na Dosagem de Lodo de ETA.

A concentração média de DQO do lodo primário antes da dosagem de lodo de ETA, era de 8.565,5 mg/L. Com a adição de lodo de ETA a concentração média passou para:

- 18.499,6 mg/L com dosagem de 30 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 116%)
- 15.799,5 mg/L com dosagem de 50 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 84%)
- 18.056,0 mg/L com dosagem de 60 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 111%)
- 12.668,5 mg/L com dosagem de 100 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 48%)
- 24.136,0 mg/L com dosagem de 200 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 182%)
- 33.021,3 mg/L com dosagem de 400 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 286%)

As concentrações de sólidos totais, voláteis e fixos também apresentaram grande variação durante as etapas de testes e os coeficientes de variação ficaram acima de 50%.

Através do gráfico 55, observa-se o aumento na concentração de sólidos totais e sólidos totais voláteis ao longo do período dos testes.

O gráfico 56 demonstra a correlação entre a dosagem de lodo de ETA com o aumento na concentração de ST no lodo primário e a correlação dos dados foi de 0,90.

Gráfico 55 – Dados Temporais da Concentração de ST e SV no Lodo Primário, com e sem Adição de Lodo de ETA

Gráfico 56 – Correlação entre Aumento da Concentração da Concentração de ST do Lodo Primário com o Aumento na Dosagem de Lodo de ETA.

A concentração média de ST do lodo primário antes da dosagem de lodo de ETA, era de 9.475,0 mg/L. Com a adição de lodo de ETA a concentração média passou para:

- 12.209,3 mg/L com dosagem de 30 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 30%)
- 6.424,0 mg/L com dosagem de 50 mg SST/L de lodo de ETA (redução de 32%)

- 21.140,0 mg/L com dosagem de 60 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 123%)
- 16.670,0 mg/L com dosagem de 100 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 76%)
- 23.790,0 mg/L com dosagem de 200 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 151%)
- 48.181,0 mg/L com dosagem de 400 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 409%)

Sem a dosagem de lodo de ETA, as relações média e mediana de SV/ST foram respectivamente de 70% e 72%, com valor máximo de 75% e mínimo de 55%.

Nas etapas com dosagem de lodo de ETA as relações média e mediana de SV/ST foram respectivamente de 62% e 64%, com valor máximo de 71% e mínimo de 30%.

O gráfico 57 apresenta os dados temporais da percentagem de sólidos voláteis no lodo primário. Demonstra-se através deste gráfico que a quantidade de voláteis no lodo decai significativamente, o que pode ser um dificultador na digestão anaeróbia.

Gráfico 57 - Dados Temporais da Percentagem de Sólidos Voláteis no Lodo Primário, com e sem Adição de Lodo de ETA

a = Sem adição de lodo de ETA; b = Com adição de lodo de ETA

Através do gráfico 58 demonstra-se que houve queda acentuada na fração volátil do lodo primário, atingindo fração mínima de 0,5 quando houve a dosagem de 60 mg SST/L de lodo de ETA.

Gráfico 58 - Dados Médios da Concentração de ST, SV e Razão SV/ST no Lodo Primário, com e sem Adição de Lodo de ETA

5.3.4.2. Parâmetros Metais

Em um sistema de tratamento que opera com digestão anaeróbia dos lodos é fundamental que haja concentrações de metais abaixo de certos limites, porquanto poderá haver a inibição completa do sistema de digestão, visto que é um sistema complexo e mais suscetível a variações.

Realizou-se também neste estudo a avaliação da concentração de alguns metais no lodo primário, são eles: Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Estanho, Ferro, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata e Zinco. Os dados estão demonstrados no Anexo H.

A alteração na composição do lodo primário, após a introdução de lodo de ETA foi realizada trabalhando-se com o somatório de todos os metais citados acima e a comparação com o somatório da concentração do metal ferro nos mesmos períodos. Estes dados estão demonstrados através da tabela 40.

Tabela 40 - Dados da Concentração de Metais no Lodo Primário com e sem a Dosagem de Lodo de ETA

	Σ Metais - Sem adição de lodo ETA ABV	Σ Metais - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	Σ Metais - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	Σ Metais - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	96	216	83	36
Somatório	1.280	13.215	5.227	3.258
% Ferro	76%	91%	93%	94%

	Σ Metais - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	Σ Metais - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	Σ Metais - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	
	mg/L	mg/L	mg/L	
n	36	24	48	
Somatório	3.429	3.226	9.708	
% Ferro	94%	92%	96%	

Através do gráfico 59 observa-se o aumento quase linear na quantidade de metais presente no lodo primário, com a predominância do metal ferro.

Com a adição de lodo de ETA, a percentagem média de ferro no lodo ficou acima de 90%.

Gráfico 59 - Dados Temporais para o Somatório de Metais Comparados com a Percentagem de Ferro no Lodo Primário

a = Fase sem dosagem de lodo de ETA, b = Etapas com dosagem de lodo de ETA.

As concentrações médias de cada metal estão demonstradas através da tabela 41.

É nítido que houve aumento na concentração de todos os metais após o início da dosagem de lodo de ETA, contudo, considerando a maior concentração observada no monitoramento verificou-se que estão aquém dos limites considerados como tóxicos ou inibidores (SENA, 2001):

- Cádmio: maior concentração observada 0,388 mg/L, 464 vezes inferior ao limite de inibição ou toxicidade,
- Chumbo: maior concentração observada 2,840 mg/L, 120 vezes inferior ao limite de inibição ou toxicidade,
- Cobre: maior concentração observada 23,474 mg/L, 7 vezes inferior ao limite de inibição ou toxicidade,
- Estanho: maior concentração observada 6,023 mg/L, não foram encontrados estudos que demonstrem limites,
- Ferro, maior concentração observada 2.344 mg/L, situação menos favorável que será detalhada,
- Manganês: maior concentração observada 22,157 mg/L, não foram encontrados estudos que demonstrem limites,
- Mercúrio: maior concentração observada 0,048 mg/L, 32.000 vezes inferior ao limite de inibição ou toxicidade,
- Molibdênio: maior concentração observada 1,080 mg/L, não foram encontrados estudos que demonstrem limites,
- Níquel: maior concentração observada 6,202 mg/L, 80 vezes inferior ao limite de inibição ou toxicidade,
- Prata: maior concentração observada 0,781 mg/L, 17 vezes inferior ao limite de inibição ou toxicidade,
- Zinco: maior concentração observada 52,240 mg/L, 3 vezes inferior ao limite de inibição ou toxicidade.

Tabela 41 - Concentração de Metais no Lodo Primário (antes e após dosagem de lodo de ETA)

	Cd mgCd/ L	Pb mgPb /L	Cu mgCu /L	Cr mgCr/ L	Sn mg Sn /L	Fe mg Fe/L	Mn mg Mn /L	Hg mgHg/ L	Mo mgMo /L	Ni mgNi /L	Ag mgAg /L	Zn mgZn /L
	180	340	170	500		2.600		1.560		500	13	163
1ª etapa do experimento - sem lodo de ETA	Limite * -->											
Dosagem de 30 mg/L de Lodo da ETA ABV	0,041	0,870	4,161	3,795	2,000	132,6	1,689	0,0003	0,250	1,309	0,045	13,243
Dosagem de 50 mg/L de lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 20 mg/L da ETA Guarau)	0,129	1,084	8,094	5,307	2,461	677,6	17,255	0,0175	0,458	2,103	0,307	19,328
Dosagem de 60 mg/L de Lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 30 mg/L da ETA Guarau)	0,143	1,878	9,388	5,764	4,257	695,4	6,111	0,0305	0,594	2,575	0,321	20,283
Dosagem de 100 mg/L de Lodo das ETAs (50 mg/L da ETA ABV + 50 mg/L da ETA Guarau)	0,213	1,355	8,787	8,111	6,023	1.077,4	12,875	0,0419	0,690	3,314	0,165	23,961
Dosagem de 200 mg/L de Lodo das ETAs (100 mg/L da ETA ABV + 100 mg/L da ETA Guarau)	0,388	2,840	23,474	0	5,780	1.487,5	19,195	0,0358	1,080	6,202	0,781	52,240
Dosagem de 400 mg/L de Lodo das ETAs (200 mg/L da ETA ABV + 200 mg/L da ETA Guarau)	0,295	1,753	16,185	8,657	3,465	2.344,9	22,157	0,0370	0,875	3,989	0,463	24,308

Segundo pesquisa bibliográfica (SENA, 2001) o metal ferro é tóxico quando atingir a concentração de 2.600 mg/L dentro de um digestor anaeróbio. Nesta pesquisa a concentração máxima monitorada esteve apenas 11% abaixo deste limite.

Através do gráfico 60 demonstra-se o comportamento linear no aumento da concentração de ferro no lodo primário, portanto esta condição poderá ser o limitante na questão de tratamento de lodo de ETA em uma ETE com sistema convencional de tratamento e com digestão anaeróbia.

Gráfico 60 - Concentração Média de Ferro em cada Etapa do Experimento

5.4. AVALIAÇÃO DO PROCESSO BIOLÓGICO

5.4.1. Condições de Operação do Processo Biológico

O sistema biológico foi operado com a adição da mídia plástica em quantidade de 0,45 m³, e segundo o fabricante a área equivalente é de 500 m²/m³, porém conforme pesquisadores que utilizaram a mesma mídia plástica utilizada nesta pesquisa, a área que deverá ser considerada em termos práticos é de 400 m²/m³.

Para que o sistema fosse estabilizado e houvesse o desenvolvimento do biofilme foi necessário, no início, operar em altas concentrações de oxigênio dissolvido até que fosse possível diminuir a aeração para se obter uma concentração na faixa operacional desejada.

Testamos também condições diferentes de tempo de retenção celular para a remoção de carbono e nitrogênio.

5.4.1.1. Concentração de Oxigênio Dissolvido

Houve três grandes condições de operação na questão da concentração de oxigênio dissolvido. Na primeira condição manteve-se a concentração de oxigênio entre 6 e 7 mgO₂/L durante aproximadamente 60 dias e depois a vazão de ar foi diminuída para manter a concentração de oxigênio entre 4 e 6 mgO₂/L, e esta condição foi mantida durante aproximadamente 30 dias. Depois destes períodos foi mantida a concentração de 3,0 mgO₂/L até o final do experimento.

O gráfico 61 demonstra a concentração de oxigênio dissolvido no reator biológico ao longo do tempo, e são de fácil visualização os patamares citados no parágrafo anterior.

Gráfico 61 - Concentração de OD no Reator Biológico ao Longo do Tempo

Avaliando-se a distribuição das concentrações de oxigênio dissolvido, gráfico 62, verifica-se que 10% dos dados estiveram na faixa entre 6,0 e 7,0 mgO₂/L, 10% entre as concentrações de 4,0 a 6,0 mgO₂/L, 60% dos dados estiveram na faixa entre 3,0 e 4,0 mgO₂/L e 20% dos dados apresentaram concentração entre 2,0 e 3,0 mgO₂/L.

Gráfico 62 - Distribuição da Concentração de Oxigênio Dissolvido no Reator Biológico Durante Todas as Etapas do Experimento (com e sem dosagem de lodo de ETA)

5.4.1.2. Sólidos Sedimentáveis - SS

A tabela 42 sintetiza os dados de sólidos sedimentáveis obtidos em todas as etapas dos testes.

A concentração de sólidos sedimentáveis no reator biológico antes da dosagem de lodo de ETA esteve em 247 ml/L, após o início das dosagens de lodo de ETA passaram para:

- 279 ml/L para dosagem de 30 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 13%),
- 210 ml/L para dosagem de 50 mg SST/L de lodo de ETA (redução de 15%),
- 256 ml/L para dosagem de 60 mg SST/L de lodo de ETA (aumento de 4%),
- 231 ml/L para dosagem de 100 mg SST/L de lodo de ETA (redução de 7%),
- 218 ml/L para dosagem de 200 mg SST/L de lodo de ETA (redução de 12%),
- 206 ml/L para dosagem de 400 mg SST/L de lodo de ETA (redução de 17%).

Somente na etapa do experimento em que houve a dosagem de 100 mg SST de lodo de ETA/L o coeficiente de variação foi mais elevado em comparação com as demais etapas do experimento.

A representação dos dados médios de SS distribuídos ao longo do período dos testes está demonstrada através do gráfico 63, onde se observa uma tendência de queda.

Tabela 42 - Dados de Sólidos Sedimentáveis no Reator Biológico

	SS_tq - sem lodo ETA	SS_tq - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	SS_tq - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	SS_tq - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú
Parâmetro	ml/L	ml/L	ml/L	ml/L
n	22	92	92	43
Média ± dp	247 ± 49	279 ± 80	210 ± 30	256 ± 67
Mediana	250	264	210	240
Mín	150	162	100	183
Máx	350	660	294	593
Coef var	20%	29%	14%	26%

	SS_tq - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	SS_tq - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	SS_tq - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	ml/L	ml/L	ml/L	
n	43	24	58	
Média ± dp	231 ± 105	218 ± 26	206 ± 30	
Mediana	212	216	203	
Mín	130	171	107	
Máx	775	290	268	
Coef var	46%	12%	15%

Gráfico 63 Dados Temporais da Concentração de Sólidos Sedimentáveis do Lodo Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

A dispersão dos dados pode ser avaliada através do Diagrama Box Plot, gráfico 64, a avaliação interquartílica demonstra que a variabilidade dos dados entre as etapas

do experimento não diverge muito, demonstrando boa estabilidade do sistema mesmo com a adição de lodo de ETA nas diversas concentrações.

Gráfico 64 - Diagrama Box Plot para a Concentração de Sólidos Sedimentáveis no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA

5.4.1.3. Concentração de Sólidos Suspensos Totais e Voláteis – SST e SSV

A tabela 43 sintetiza a concentração de sólidos suspensos totais presente no reator biológico em todas as etapas dos testes e a tabela 44 sintetiza a concentração de sólidos suspensos voláteis.

A concentração de sólidos suspensos totais no reator biológico em todas as etapas do experimento se manteve entre 950 a 5.170 mg/L.

A maior variação ocorreu no período em que não havia a dosagem de lodo de ETA, provavelmente devido ao tempo de estabilização do sistema.

Na fase sem dosagem de lodo de ETA o coeficiente de variação foi de 42%, enquanto que para as etapas subsequentes nas quais foi dosado lodo de ETA o coeficiente de variação esteve na faixa de 20%.

O gráfico 65 reporta a série temporal com os valores de sólidos suspensos totais do lodo ativado, neste gráfico também está representada a concentração média em cada etapa do experimento.

Tabela 43 – Concentração de Sólidos Suspensos Totais no Reator Biológico ao Longo das Etapas do Experimento.

	SST - sem lodo ETA	SST - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	SST - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	SST - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú
Parâmetro	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	25	42	32	16
Média ± dp	2.024 ± 736	2.438 ± 552	2.167 ± 393	2.409 ± 324
Mediana	1.910	2.330	2.190	2.360
Mín	1.240	1.700	950	1.980
Máx	5.170	3.780	2.820	3.100
Coef var	36%	23%	18%	13%

	SST - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	SST - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	SST - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	mg/L	mg/L	mg/L	
n	15	10	16	
Média ± dp	2.197 ± 454	2.330 ± 368	2.281 ± 376	
Mediana	2.180	2.305	2.245	
Mín	1.590	1.750	1.510	
Máx	3.120	2.990	2.900	
Coef var	21%	16%	16%	

Tabela 44 – Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis no Reator Biológico ao Longo das Etapas do Experimento.

	SSV - sem lodo ETA	SSV - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	SSV - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	SSV - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú
Parâmetro	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	25	42	32	16
Média ± dp	1.601 ± 682	1.803 ± 407	1.459 ± 229	1.533 ± 228
Mediana	1.420	1.670	1.515	1.515
Mín	1.000	1.130	740	1.100
Máx	4.560	2.840	1.750	1.960
Coef var	43%	23%	16%	15%

Continua

	SSV - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	SSV - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	SSV - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	mg/L	mg/L	mg/L	
n	15	10	16	
Média ± dp	1.503 ± 279	1.610 ± 258	1.559 ± 294	
Mediana	1.410	1.540	1.585	
Mín	1.150	1.280	1.090	
Máx	2.010	2.160	2.100	
Coef var	19%	16%	19%

Gráfico 65 - Dados Temporais da Concentração de Sólidos Suspensos Totais do Lodo Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

a = Fase sem dosagem de lodo de ETA, b = Etapas com dosagem de lodo de ETA.

A dispersão dos dados de sólidos suspensos totais pode ser avaliada através do Diagrama Box Plot, gráfico 66. Verifica-se que na fase sem dosagem de lodo de ETA as concentrações mínimas e máximas têm maior amplitude o que leva a um coeficiente de variação mais elevado, porém o maior intervalo interquartil é observado na etapa do experimento onde se dosavam 30 mg SST/L de lodo de ETA.

Gráfico 66 - Diagrama Box Plot para a Concentração de Sólidos Suspensos Totais no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA

A distribuição de frequência da concentração de sólidos em suspensão total no tanque de aeração está representada através dos gráficos 67 e 68. Nestes gráficos também estão demonstradas a concentração média com o respectivo desvio padrão das medidas feitas para este parâmetro durante a etapa em que não havia dosagem de lodo de ETA.

Cerca de 80 a 90% dos dados das etapas em que houve a dosagem de lodo de ETA estão dentro da faixa em que não havia a dosagem de lodo de ETA.

Gráfico 67 - Distribuição de frequência da Concentração dos Sólidos Suspensos Totais no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA

Gráfico 68 - Distribuição de Frequência da Concentração dos Sólidos Suspensos Totais no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA

A concentração de sólidos suspensos voláteis no reator biológico em todas as etapas do experimento se manteve entre 740 a 4.560 mg/L.

Seguindo a mesma tendência dos dados de sólidos suspensos totais, a maior variabilidade dos dados das medidas feitas para o parâmetro sólidos suspensos voláteis foi observada na fase sem dosagem de lodo de ETA, provavelmente devido ao tempo de estabilização do sistema.

Na fase sem dosagem de lodo de ETA o coeficiente de variação foi de 43%, enquanto para as etapas subsequentes nas quais foram dosados lodos de ETA o coeficiente de variação esteve na faixa de 20%.

O gráfico 69 reporta a série temporal com os valores de sólidos suspensos voláteis do lodo ativado, neste gráfico também foi representada a concentração média em cada etapa do experimento.

Gráfico 69 - Dados Temporais da Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis do Lodo Biológico, com e sem adição de Lodo de ETA

a = Fase sem dosagem de lodo de ETA, b = Etapas com dosagem de lodo de ETA

A dispersão dos dados de sólidos suspensos voláteis pode ser avaliada através do Diagrama Box Plot, gráfico 70.

Verifica-se que na fase sem dosagem de lodo de ETA as concentrações mínimas e máximas têm maior amplitude o que leva a um coeficiente de variação mais elevado, porém o maior intervalo interquartil é observado na etapa do experimento onde se dosavam 30 mg SST/L de lodo de ETA.

A maior amplitude do interquartil quando se inicia a dosagem de lodo de ETA (30 mg/L) pode ser explicado devido à adaptação do meio biológico.

Gráfico 70 - Diagrama Box Plot para a Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA

A distribuição de frequência da concentração de sólidos em suspensão volátil no tanque de aeração está representada nos gráficos 71 e 72. Nestas figuras também estão demonstradas a concentração média com o respectivo desvio padrão das medidas feitas para este parâmetro durante a etapa em que não havia dosagem de lodo de ETA.

Os dados das etapas em que se dosava lodo de ETA em quase 100% do tempo estiveram dentro da faixa em que não havia a dosagem de lodo de ETA.

Gráfico 71 - Distribuição de Frequência da Concentração dos Sólidos Suspensos Voláteis no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA

Gráfico 72 - Distribuição de Frequência da Concentração dos Sólidos Suspensos Voláteis no Reator Biológico - com e sem Lodo de ETA

As alterações ocorridas no sistema biológico são melhor observadas quando se avalia a quantidade de matéria orgânica presente no lodo ativado. A síntese dos dados está apresentada na tabela 45.

Sem a presença de lodo de ETA no esgoto afluente a relação entre sólidos suspensos totais voláteis e sólidos suspensos totais (SSV/SST) apresentou média e mediana de 79% e 80% respectivamente. Com a adição de lodo de ETA houve queda nesta relação, vide gráfico 73.

Tabela 45 – Relação entre Sólidos Suspensos Totais Voláteis e Sólidos Suspensos Totais (SSV/SST) no Reator Biológico ao Longo das Etapas do Experimento.

	SSV/SST - sem lodo ETA	SSV/SST - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	SSV/SST - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	SSV/SST - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú
Parâmetro	%	%	%	%
n	25	42	32	16
Média ± dp	79% ± 7%	74% ± 4%	68% ± 6%	64% ± 4%
Mediana	80%	75%	68%	64%
Mín	60%	65%	54%	53%
Máx	88%	81%	80%	69%

	SSV/SST - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	SSV/SST - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	SSV/SST - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	%	%	%	
n	15	10	16	
Média ± dp	69% ± 4%	69% ± 4%	68% ± 5%	
Mediana	70%	70%	69%	
Mín	60%	61%	55%	
Máx	74%	73%	73%

Gráfico 73 - Dados Temporais para a Razão entre a Concentração de SSV e SST no Reator Biológico com e sem Adição de Lodo de ETA

a = Fase sem dosagem de lodo de ETA, b = Etapas com dosagem de lodo de ETA

A distribuição de frequência para a relação entre SSV/SST, gráficos 74 e 75, demonstra que:

- 80% dos dados na etapa em que se dosavam 30 mg SST de lodo de ETA/L estavam na mesma faixa observada na etapa sem lodo de ETA. Portanto, praticamente não houve alteração nas características do lodo biológico.

- 70% dos dados na etapa em que se dosavam 50 mg SST de lodo de ETA/L estavam **abaixo** da faixa observada na etapa sem lodo de ETA. Isto demonstra alteração significativa nas características do lodo biológico.
- 100% dos dados da etapa em que se dosavam 60 mg SST de lodo de ETA/L estavam **abaixo** da faixa observada na etapa sem lodo de ETA. Demonstrando assim alteração significativa nas características do lodo biológico.
- Nas etapas em que se dosavam 100, 200 e 400 mg SST de lodo de ETA/L, 80 a 90% dos dados estavam **abaixo** da faixa observada na etapa sem lodo de ETA. Demonstrando assim alteração significativa nas características do lodo biológico.

Percebe-se nitidamente que houve a redução da quantidade de sólidos suspensos voláteis ao longo do tempo, esta alteração pode ter ocorrido devido a introdução de lodo de ETA no esgoto afluyente ou pelo desenvolvimento do biofilme aderido.

Gráfico 74 - Distribuição de Frequência da Razão entre a Concentração dos Sólidos Suspensos Totais e Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis no Reator Biológico (SSV/SST) - com e sem Lodo de ETA

Gráfico 75 - Distribuição de Frequência da Razão entre a Concentração dos Sólidos Suspensos Totais e Concentração de Sólidos Suspensos Voláteis no Reator Biológico (SSV/SST) - com e sem Lodo de ETA

O gráfico de correção entre sólidos suspensos voláteis e as dosagens de lodo de ETA que está apresentado através do gráfico 76 demonstra que há uma tendência na diminuição da quantidade de voláteis com o aumento nas dosagens de lodo de ETA, porém não é linear.

Gráfico 76 – Correlação entre Dosagem de Lodo de ETA com a Diminuição na Percentagem de Sólidos Suspensos Voláteis do Lodo Biológico

5.4.1.4. Índice Volumétrico do Lodo - IVL

O índice volumétrico do lodo em todo o período do experimento manteve-se entre 66 e 197 mL/g. A tabela 46 sintetiza os dados obtidos nas seis etapas do experimento.

Os dados estão demonstrados através do gráfico 77 e nota-se que sem a adição de lodo de ETA, houve maior variação dos resultados.

Tabela 46 - Dados do Índice Volumétrico do Lodo

	IVL - sem lodo ETA	IVL -Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	IVL -Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	IVL -Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú
Parâmetro	ml/g	ml/g	ml/g	ml/g
n	21	35	32	16
Média ± dp	139 ± 31	122 ± 22	99 ± 11	112 ± 27
Mediana	135	121	96	102
Min	79	87	79	92
Máx	197	170	123	191
Coef var	22%	18%	12%	24%

	IVL -Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	IVL -Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	IVL -Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	ml/g	ml/g	ml/g	
n	15	10	14	
Média ± dp	93 ± 10	98 ± 14	97 ± 15	
Mediana	93	99	97	
Min	74	73	66	
Máx	112	120	124	
Coef var	11%	14%	16%

Gráfico 77 – Dados Temporais para o Índice Volumétrico do Lodo – com e sem Lodo de ETA

a = Fase sem dosagem de lodo de ETA, b = Etapas com dosagem de lodo de ETA

Através do diagrama Box-Plot, gráfico 78, conclui-se que a maior variação ocorreu na fase sem dosagem de lodo de ETA e na etapa com dosagem de 30 mg SST de lodo de ETA/L, nestas o intervalo interquartil ficou em torno de 30 mL/g, enquanto nas demais etapas este intervalo ficou em torno de 15 mL/g.

Gráfico 78 - Diagrama Box Plot para o Índice Volumétrico do Lodo - com e sem Lodo de ETA

Os gráficos 79 e 80 apresentam a distribuição de frequência para o índice volumétrico do lodo, também está representado o IVL médio obtido na fase sem dosagem de lodo de ETA com o seu respectivo desvio padrão:

- Na etapa em que se dosavam 30 mg SST/L de lodo de ETA: aproximadamente 60% dos dados estiveram na mesma faixa em que não havia a dosagem de lodo de ETA.
- Nas etapas em que se dosavam 50 e 60 mg SST/L de lodo de ETA: aproximadamente 80% dos dados estiveram **abaixo** da faixa em que não havia a dosagem de lodo de ETA.
- A partir da dosagem de 100 mg SST de lodo de ETA/L o IVL esteve em aproximadamente 90% do tempo **abaixo** da faixa observada na 1ª etapa do experimento, ou seja, sem adição de lodo de ETA.

A melhora no IVL não pode ser atribuída somente à adição de lodo de ETA, o reator biológico operou com o enchimento plástico o que também contribuiu para a melhoria deste parâmetro.

Gráfico 79 - Distribuição de Frequência do Índice Volumétrico do Lodo - com e sem Lodo de ETA

Gráfico 80 - Distribuição de Frequência do Índice Volumétrico do Lodo - com e sem Lodo de ETA

5.4.1.5. Tempo de Retenção Celular Aparente – $\Theta_{c,apa}$

Utilizamos a denominação tempo de retenção celular aparente posto que não foi considerada a biomassa aderida na mídia plástica devido à impossibilidade de fazer a quantificação da mesma.

Para o cálculo do tempo de retenção celular aparente consideramos a massa descartada diretamente do reator biológico bem como a massa perdida pelo efluente final.

$$\Theta_{c,apa} = \text{Massa volátil total no reator biológico} \div \text{Massa volátil descartada por dia}$$

Onde:

Massa volátil total no reator biológico = $SSV_{\text{reator}} \times V_{\text{reator}}$,

Massa volátil descartada por dia = $SSV_{\text{reator}} \times \text{Volume}_{\text{descartado}} + SSV_{\text{efl_final}} \times Q_{\text{efl}}$

5.4.1.5.1. Concentração de Sólidos Suspensos Totais e Voláteis no Efluente Final

A tabela 47 mostra a concentração média dos sólidos suspensos totais e voláteis presentes no efluente final. No 104º dia da primeira etapa do experimento houve uma perda elevada de sólidos: 118 mgSST/L e 107 mgSSV/L. Estes dados podem ser observados no gráfico 81.

Tabela 47 – Concentração Média de Sólidos Suspensos Totais e Voláteis no Efluente Final

Etapas do experimento	SST (mg/L)	SSV (mg/L)
1ª etapa do experimento - sem lodo de ETA	32,5	25,7
Dosagem de 30 mg/L de Lodo da ETA ABV	29,2	22,1
Dosagem de 50 mg/L de lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 20 mg/L da ETA Guaraú)	19,2	14,8
Dosagem de 60 mg/L de Lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 30 mg/L da ETA Guaraú)	20,8	14,2
Dosagem de 100 mg/L de Lodo das ETAs (50 mg/L da ETA ABV + 50 mg/L da ETA Guaraú)	37,4	26,6
Dosagem de 200 mg/L de Lodo das ETAs (100 mg/L da ETA ABV + 100 mg/L da ETA Guaraú)	40,7	28,8
Dosagem de 400 mg/L de Lodo das ETAs (200 mg/L da ETA ABV + 200 mg/L da ETA Guaraú)	38,2	25,5

Gráfico 81 - Concentração de Sólidos Suspensos Totais e Voláteis no Efluente Final - com e sem Dosagem de Lodo de ETA

Retirando os dados do 104º dia, obtivemos para a fase sem dosagem de lodo de ETA a concentração média no efluente final: SST: 28,0 mg/L e SSV: 21,4 mg/L.

Na fase sem dosagem de lodo de ETA e nas etapas em que se dosavam 30, 50 e 60 mg SST de lodo de ETA/L, com a retirada do resultado do 104º dia, observa-se que a concentração média de SST e SSV no efluente final foi de 24,3 e 18,1 mg/L respectivamente.

Nas etapas subsequentes, em que se dosavam 100, 200 e 400 mg SST de lodo de ETA/L, a concentração média de sólidos suspensos totais e voláteis no efluente final subiu para 41,2 e 29,0 mg/L respectivamente. Isto representa um aumento médio de 69% para a concentração de SST e 60% para a concentração de SSV.

O aumento na perda de sólidos pelo efluente final está relacionado ao processo de nitrificação/desnitrificação que será demonstrado nos capítulos posteriores.

5.4.1.5.2. Tempo de Retenção Celular Aparente

Através da tabela 48, demonstra-se o tempo médio de retenção celular aparente em cada etapa do experimento.

Tabela 48 - Tempo Médio de Retenção Celular Aparente em cada Etapa do Experimento

Etapas do experimento	Θ_c médio (d)
Sem lodo de ETA	11,3
Dosagem de 30 mg/L de Lodo da ETA ABV	5,4
Dosagem de 50 mg/L de lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 20 mg/L da ETA Guaraú)	4,0
Dosagem de 60 mg/L de Lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 30 mg/L da ETA Guaraú)	5,2
Dosagem de 100 mg/L de Lodo das ETAs (50 mg/L da ETA ABV + 50 mg/L da ETA Guaraú)	3,8
Dosagem de 200 mg/L de Lodo das ETAs (100 mg/L da ETA ABV + 100 mg/L da ETA Guaraú)	4,2
Dosagem de 400 mg/L de Lodo das ETAs (200 mg/L da ETA ABV + 200 mg/L da ETA Guaraú)	4,4

Os tempos de retenção celular aparente de cada etapa do experimento estão apresentados nos gráficos temporais 82 a 88. As oscilações observadas foram causadas pela maior ou menor perda de sólidos suspensos voláteis pelo efluente final.

Gráfico 82 - Tempo de Retenção Celular Aparente - Sem Adição de Lodo de ETA

Gráfico 83 - Tempo de Retenção Celular Aparente - Dosagem de 30 mg/L de Lodo da ETA ABV

Gráfico 84 - Tempo de Retenção Celular Aparente - Dosagem de 50 mg/L de Lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 20 mg/L da ETA Guaraú)

Gráfico 85 - Tempo de Retenção Celular Aparente - Dosagem de 60 mg/L de Lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 30 mg/L da ETA Guaraú)

Gráfico 86 – Tempo de Retenção Celular Aparente - Dosagem de 100 mg/L de Lodo das ETAs (50 mg/L da ETA ABV + 50 mg/L da ETA Guaraú)

Gráfico 87 - Tempo de Retenção Celular Aparente - Dosagem de 200 mg/L de Lodo das ETAs (100 mg/L da ETA ABV + 100 mg/L da ETA Guaraú)

Gráfico 88 - Tempo de Retenção Celular Aparente - Dosagem de 400 mg/L de Lodo das ETAs (200 mg/L da ETA ABV + 200 mg/L da ETA Guaraú)

Os dados demonstram que o reator piloto biológico em todas as etapas do experimento operou com baixo tempo de retenção celular aparente.

Através dos gráficos 89 e 90 demonstra-se a distribuição de frequência nas etapas do experimento, e observam-se que:

- Sem adição de lodo de ETA: em praticamente em 70% do tempo o sistema foi operado com tempo de retenção celular aparente acima de sete dias.
- Nas etapas em que se dosava lodo de ETA o tempo de retenção celular aparente em cerca de 80% do tempo tendeu a operar entre dois e quatro

dias. Assim, teoricamente condições menos favoráveis para o processo de nitrificação.

5.4.1.6. Relação Aparente entre Alimento/Microrganismos – A/M_{apa}

A relação aparente entre alimento/microrganismos em todo o período do experimento manteve-se entre 0,3 e 0,7 d^{-1} quando consideramos os dados médios. A tabela 49 sintetiza os dados obtidos no experimento.

Poder-se-ia classificar os dados apresentados como lodos ativados convencional, porém como a quantidade de massa biológico aderida não foi considerada esta classificação não adequada.

Os dados temporais da relação A/M_{apa} estão demonstrados através do gráfico 91, o pico de $1,6 \text{ d}^{-1}$ ocorrido no 295º foi ocasionado pelo aumento de mais de 100% na $\text{DBO}_{5,20}$ afluyente ao reator biológico.

Tabela 49 - Dados da relação Alimento/Microrganismos – A/M

	A/M_{APA} - sem lodo ETA	A/M_{APA} -Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	A/M_{APA} -Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	A/M_{APA} -Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú
Parâmetro	d^{-1}	d^{-1}	d^{-1}	d^{-1}
n	23	17	7	3
Média $\pm$ dp	$0,5 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,5$	$0,3 \pm 0,1$
Mediana	0,5	0,5	0,5	0,3
Min	0,0	0,2	0,3	0,3
Máx	0,8	1,2	1,6	0,5
Coef var	42%	49%	70%	34%

	A/M_{APA} -Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	A/M_{APA} -Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	A/M_{APA} -Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú	
Parâmetro	d^{-1}	d^{-1}	d^{-1}	
n	3	5	4	
Média $\pm$ dp	$0,4 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,1$	$0,6 \pm 0,5$	
Mediana	0,5	0,6	0,4	
Min	0,3	0,4	0,3	
Máx	0,5	0,7	1,4	
Coef var	32%	17%	86%

Gráfico 91 – Dados Temporais para a Relação Aparente entre Alimento/Microrganismos

Através do diagrama Box-Plot, gráfico 92, conclui-se que as maiores variações ocorreram na terceira e sétima etapas do experimento, nestas o intervalo interquartílico ficou em torno de $0,45 \text{ d}^{-1}$, enquanto nas demais etapas este intervalo ficou em torno de $0,2 \text{ d}^{-1}$. Entende-se que as variações observadas deveu-se a variação da concentração da $\text{DBO}_{5,20}$ afluente e também pela perda de sólidos suspensos voláteis pelo efluente tratado.

Gráfico 92 - Diagrama Box Plot para o a Relação Aparente entre Alimento/Microrganismos - com e sem Lodo de ETA

O gráfico 93 apresenta a distribuição de frequência para a relação aparente entre alimento/microrganismos, e também está representada a relação A/M_{apa} média obtida na fase sem dosagem de lodo de ETA com o seu respectivo desvio padrão.

Verifica-se que 70% dos dados estiveram dentro da faixa de $0,3$ até $0,7 \text{ d}^{-1}$, 20% dos dados estão acima desta faixa e somente 10% abaixo.

Demonstra-se assim que o sistema operou na maior parte do tempo de todas as etapas do experimento nas mesmas taxas aparentes entre alimento e microrganismos.

Gráfico 93 - Distribuição de Frequência da Relação Aparente entre Alimento/Microorganismos - com e sem Lodo de ETA

5.4.2. Desempenho do Sistema Biológico

5.4.2.1. Remoção de DQO

5.4.2.1.1. DQO Total

A concentração de DQO afluente ao sistema biológico ficou entre 140 e 1.000 mg/L conforme pode ser observado através da tabela 50 e do gráfico 94.

Nas diferentes etapas do experimento o coeficiente de variação ficou em torno de 25%. A causa de alguns picos de concentração pode ser associada ao recebimento de esgotos com contribuição significativa de esgotos industriais e mesmo à recirculação de drenagem de unidades da própria Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri, que causa alterações significativas na composição do esgoto. Além disso, a própria dosagem de lodo de ETA contribui para esta característica.

Conforme demonstrado anteriormente, mesmo com essas oscilações na concentração afluente ao sistema biológico a relação aparente entre alimento e microorganismos foi mantida constante na maior parte do experimento, o que permite a comparação entre as diferentes etapas.

Tabela 50 - Dados de DQO Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA

	DQO - sem lodo ETA		DQO - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV		DQO - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú		DQO - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	26	26	20	20	7	7	3	3
Média ± dp	268 ± 66	66 ± 30	398 ± 168	85 ± 28	302 ± 80	69 ± 19	242 ± 60	59 ± 12
Mediana	279	63	355	81	329	59	220	61
Mínimo	142	17	200	50	172	47	195	46
Máximo	415	128	1001	174	386	99	310	70
Coef. Var	25%	45%	42%	33%	26%	27%	25%	21%

	DQO - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú		DQO - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú		DQO - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú		
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
n	3	3	5	5	5	5	
Média ± dp	413 ± 14	96 ± 17	419 ± 110	80 ± 23	454 ± 137	108 ± 30	
Mediana	407	97	419	80	415	96	
Mínimo	403	79	341	64	327	75	
Máximo	428	113	497	96	687	153	
Coef. Var	3%	18%	26%	29%	30%	28%

Gráfico 94 - Dados Temporais da Concentração de DQO Afluente ao Reator Biológico, com e sem adição de Lodo de ETA

A concentração de DQO no efluente final, oscilou entre 17 e 174 mg/L, sendo que para esta concentração máxima, verificou-se que a concentração da DQO afluente

foi de 1.001 mg/L. O coeficiente de variação nas determinações de DQO no esgoto efluente ficou em torno de 30%, um pouco superior ao observado na DQO afluente.

Verifica-se através do gráfico 95 que há uma tendência no aumento da concentração da DQO total no efluente com o passar do tempo. Tal situação pode levar a conclusão, em primeira análise, de que a adição de lodo de ETA causou tal distúrbio, porém devido ao reator biológico operar com mídia plástica como meio suporte o processo de nitrificação é muito favorecido, mesmo com baixo tempo de retenção celular. Devido a esta característica ocorre o processo de desnitrificação no decantador secundário que carrega lodo biológico pelo efluente final ocasionando concentrações maiores tanto na determinação de DQO ou DBO_{5,20}.

Gráfico 95 - Dados Temporais da Concentração de DQO Efluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

A concentração média da concentração de DQO no efluente final em cada etapa do experimento demonstra mais claramente a tendência de aumento conforme descrito acima, o que está demonstrado através do gráfico 96.

Gráfico 96 - Gráfico da Concentração Média de DQO no Efluente do Reator Biológico em cada Etapa do Experimento

A eficiência de remoção de DQO no reator biológico ao longo do tempo está demonstrada através do gráfico 97.

A avaliação da distribuição das remoções, gráfico 98, demonstra que para a faixa de remoção de DQO entre 70 e 80%:

- Sem adição de lodo de ETA: 48% dos dados estiveram nesta faixa de remoção,
- Com adição de lodo de ETA: 60% dos dados estiveram nesta faixa de remoção.

Apesar de maior concentração de DQO no efluente final, aparentemente a remoção teve aumento devido ao acréscimo da DQO no afluente ao reator biológico.

Gráfico 97 - Remoção de DQO no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA

Gráfico 98 – Distribuição Percentil da Remoção de DQO no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA

Como pode ser comprovado através do gráfico 99, não é possível estabelecer uma correlação na eficiência de DQO total com o aumento na dosagem de lodo de ETA.

Gráfico 99 - Remoção Média de DQO no Reator Biológico em Cada Etapa do Experimento.

5.4.2.1.2. DQO Solúvel

Além do monitoramento da concentração de DQO total, realizou-se a determinação da DQO solúvel afluente e efluente ao sistema biológico.

A concentração de DQO solúvel afluente ao sistema biológico ficou entre 84 e 780 mg/L conforme pode ser observado através da tabela 51 e o gráfico 100.

O coeficiente de variação nas diferentes etapas do experimento ficou em torno de 30%. Observam-se picos na concentração tal como nos dados de DQO total, porém conforme pode ser avaliado através do Diagrama Box-Plot, gráfico 101, a variabilidade do sistema foi pequena visto o tamanho das caixas.

Tabela 51 - Dados de DQO Solúvel Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA

	DQOs - sem lodo ETA		DQOs - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV		DQOs - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú		DQOs - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	8	20	19	19	7	7	3	3
Média ± dp	186 ± 39	37 ± 11	219 ± 146	50 ± 26	171 ± 65	39 ± 10	143 ± 16	38 ± 5
Mediana	169	34	180	44	169	38	137	39
Mínimo	128	17	84	28	89	25	131	34
Máximo	237	61	780	151	290	57	162	43
Coef. Var	21%	31%	67%	51%	38%	24%	11%	12%

	DQOs - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú		DQOs - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú		DQOs - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú		
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
n	3	3	5	5	5	5	
Média ± dp	265 ± 44	65 ± 11	190 ± 39	48 ± 8	259 ± 107	71 ± 40	
Mediana	282	62	190	48	211	52	
Mínimo	215	57	163	42	186	48	
Máximo	298	78	218	54	446	141	
Coef. Var	17%	17%	20%	17%	41%	56%

Gráfico 100 - Dados Temporais da Concentração de DQO Solúvel Afluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

Gráfico 101 – Diagrama Box Plot para a Concentração de DQO Solúvel Afluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

A concentração de DQO solúvel no efluente final oscilou entre 17 a 151 mg/L. O coeficiente de variação ficou em torno de 30%, ligeiramente superior ao observado na DQO total efluente.

Verifica-se através do gráfico 102 que há uma tendência no aumento da concentração da DQO solúvel no efluente com o aumento da dosagem de lodo de ETA.

Gráfico 102 - Dados Temporais da Concentração de DQO Solúvel Efluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

A concentração média da concentração de DQO solúvel no efluente final em cada etapa do experimento demonstra mais claramente a tendência de aumento na

concentração de DQO solúvel com o aumento na dosagem de lodo de ETA, conforme pode ser verificado através do gráfico 103.

Gráfico 103 - Gráfico da Concentração Média de DQO Solúvel no Efluente do Reator Biológico em Cada Etapa do Experimento.

O índice de remoção de DQO solúvel no sistema biológico para o período sem adição de lodo esteve para 90% dos dados acima de 70%, enquanto no período em que houve a dosagem de lodo de ETA 80% dos dados apresentaram remoções acima de 70%, conforme gráfico 104.

Através do gráfico 105, demonstra-se a remoção temporal para a DQO solúvel no reator biológico.

Gráfico 104 - Distribuição Percentil da Remoção de DQO Solúvel no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA

Gráfico 105 - Remoção de DQO Solúvel no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA

Ao contrário do que ocorreu com a remoção de DQO total, observa-se através do gráfico 106 que há uma tendência de correlação entre a diminuição da eficiência de remoção de DQO solúvel com o aumento na dosagem de lodo de ETA.

O que é esperado devido à introdução de maior quantidade de material solúvel não biodegradável.

Gráfico 106 - Remoção Média de DQO Solúvel no Reator Biológico em Cada Etapa do Experimento

5.4.2.1.3. DQO Solúvel Biodegradável – DQO_{sb}

Com o monitoramento das frações de DQO total e solúvel afluyente ao sistema biológico é possível calcular a DQO solúvel e biodegradável afluyente ao sistema, posto que são removidas rapidamente no sistema.

Defini-se a DQO solúvel biodegradável como:

- $DQO_{sb} = DQO_{safi_TQ} - DQO_{sefi}$

Onde:

DQO_{sb} = Demanda Química de Oxigênio solúvel e biodegradável – mg/L

DQO_{safi_rb} = Demanda Química de Oxigênio solúvel afluyente ao reator biológico – mg/L

DQO_{sefi} = Demanda Química de Oxigênio solúvel efluente do reator biológico (esgoto tratado) – mg/L

A concentração de DQO solúvel biodegradável afluyente ao sistema biológico oscilou entre 27 e 722 mg/L conforme pode ser observado através da tabela 52 e o gráfico 107.

O coeficiente de variação nas diferentes etapas do experimento ficou em torno de 38%. Houve apenas um pico na concentração de DQO_{sb} afluyente no 109º dia na etapa em que se dosavam 30 mg SST de Lodo de ETA/L.

Apesar desta concentração elevada podemos avaliar que a variabilidade da concentração em todas as etapas foi pequena, conforme avaliação feita através do Diagrama Box-Plot, gráfico 108.

Tabela 52 - Dados de DQO Solúvel Biodegradável Afluentes ao Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA

	DQOsb - sem lodo ETA	DQOsb - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	DQOsb - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	DQOsb - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	DQOsb - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	DQOsb - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	DQOsb - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	8	19	7	3	3	5	5
Média ± dp	147 ± 34	168 ± 146	132 ± 60	105 ± 13	199 ± 36	142 ± 30	188 ± 124
Mediana	135	128	134	103	220	142	157
Mínimo	108	27	64	92	158	121	70
Máximo	203	722	248	119	220	164	395
Coef. Var	23%	87%	45%	13%	18%	21%	66%

Gráfico 107 - Dados Temporais da Concentração de DQO Solúvel Biodegradável Afluentes ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

Gráfico 108 – Diagrama Box Plot para a Concentração de DQO Solúvel Biodegradável Afluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

Avaliando os dados e considerando as médias em cada etapa do experimento, podemos afirmar que a DQO_{sb} não é afetada por dosagens de lodo de ETA em qualquer concentração, conforme pode ser verificado através do gráfico 109. Observa-se que sem a adição de lodo de ETA a concentração média de DQO_{sb} foi de 146,6 mg/L, praticamente a mesma concentração quando havia a dosagem de 200 ou 400 mg lodo de ETA/L.

Gráfico 109 - Gráfico da Concentração Média de DQO Solúvel Biodegradável no Afluente ao Reator Biológico em Cada Etapa do Experimento.

5.4.2.2. Cargas Aplicadas e Removidas de DQO

5.4.2.2.1. Carga de DQO Total

Conforme explanado no item 5.3.1, CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO PROCESSO BIOLÓGICO”, foi aportado no reator biológico quantidade de mídia plástica que propiciou uma área equivalente de 180 m² a qual será utilizada para demonstração das cargas aplicadas e removidas.

A eficiência de um sistema biológico está fortemente relacionada com as taxas de aplicação volumétricas e superficiais. Como neste experimento houve a utilização de mídia plástica para aumentar a área superficial disponível para o desenvolvimento de microrganismos aderidos, fixaremos os estudos neste último conceito.

A carga de DQO aplicada à mídia plástica é definida como:

$$(qDQO)_{reatB} = DQO_{afi} \times Q_a / S$$

Onde:

$(qDQO)_{reatB}$ = carga de DQO aplicada ao reator biológico (gDQO/m²/dia)

DQO_{afi} = Concentração da DQO afluenta (g/L)

Q_a = Vazão afluenta (L/d)

S = área superficial da mídia plástica (m²)

Para todo o período do experimento a carga de DQO aplicada ao reator biológico ficou entre 6,7 a 40,7 gDQO/m²/dia, com média de 14,4 e mediana de 13,9, demonstrando que houve boa estabilidade.

O gráfico 110 demonstra os dados médios semanais para a carga aplicada superficial de DQO ao reator biológico.

Na fase sem adição de lodo de ETA a carga aplicada de DQO foi em média de 12,9 gDQO/m²/dia com desvio padrão de 3,4 gDQO/m²/dia, considerando estes dados como referência e avaliando-se as demais etapas verifica-se que cerca de 70% dos dados estão na mesma faixa observada sem adição de lodo de ETA, portanto podem ser comparados de forma direta.

Os dados de distribuição de percentil estão apresentados no gráfico 111.

Gráfico 110 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial da DQO

Gráfico 111 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de DQO (com e sem dosagem de lodo de ETA)

Calculou-se a correlação da taxa de aplicação superficial de DQO com a taxa de remoção de DQO, dados estes apresentados através da tabela 53. Demonstra-se através do gráfico 112 que há correlação linear entre as variáveis.

Portanto, havendo maiores dosagens de DQO por m² de reator biológico utilizando à mídia plástica como meio suporte a remoção será proporcional e não é afetada pelo tempo de retenção celular aparente (Θ_{c_apa}).

Tabela 53 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de DQO, Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de DQO no Sistema Biológico

	Tx aplicação de DQO	Tx remoção de DQO	Tempo de retenção celular aparente (d)	% rem. de DQO
Semana	gDQO/m²/dia	gDQO/m²/dia		
1	9,2	4,2	30,0	46%
2	10,5	6,1	12,0	58%
3	10,7	8,7	9,3	83%
4	13,6	10,7	2,7	79%
5	7,7	6,4	3,3	83%
6	9,6	7,0	3,1	74%
7	9,4	7,6	19,5	82%
8	12,9	9,0	12,9	69%
9	18,6	14,4	8,2	78%
10	12,8	10,4	17,3	81%
11	11,2	6,5	18,4	59%
12	14,5	11,6	8,3	80%
13	14,8	12,1	10,0	82%
14	20,0	14,7	16,7	73%
15	18,1	16,0	1,8	89%
17	14,2	8,0	5,2	56%
18	15,3	11,4	7,0	75%
19	17,7	13,9	14,1	79%
20	13,7	10,7	2,8	78%
21	13,1	10,8	12,3	82%
22	14,5	5,8	13,8	40%
23	15,0	11,5	16,3	77%
24	19,3	16,0	3,0	83%
25	13,9	10,5	14,4	75%
26	16,4	12,0	2,6	73%
28	40,7	36,2	2,6	89%
29	23,5	20,6	3,0	87%
30	14,7	11,5		78%
31	13,9	10,0	3,4	72%
32	13,5	9,9		73%
33	17,0	12,7	14,3	75%
34	13,5	10,9	3,7	81%
35	14,8	11,4	3,0	77%
36	13,1	10,5	3,2	80%
37	12,0	9,4		78%
38	14,4	12,0	3,7	84%
39	19,7	16,9	3,6	86%
40	8,2	6,0	3,5	74%
41	13,4	11,0	3,5	82%
42	15,2	11,7	3,2	77%
43	13,9	9,9	3,6	71%
46	6,7	4,9	3,1	73%
48	12,5	10,2	4,0	82%
50	14,0	11,0	8,5	79%
52	8,6	6,3	3,5	73%
55	8,8	7,0	3,6	79%
57	7,8	5,4	3,5	69%
60	12,5	9,7	3,2	77%
62	15,9	12,8	3,5	80%
64	16,6	12,2	3,0	74%
66	15,7	12,0	2,8	76%

Continua

	Tx aplicação de DQO	Tx remoção de DQO	Tempo de retenção celular aparente (d)	% rem. de DQO
68	13,3	10,8	3,1	81%
70	20,1	16,2	2,9	81%
73	12,7	9,0	3,1	71%
75	15,6	11,8	3,3	76%
77	16,9	12,0	2,8	71%
78	18,0	11,8		66%
79	28,5	25,4	3,2	89%

Gráfico 112 – Correlação entre a Taxa de Aplicação Superficial e Taxa de Remoção de DQO

Os mesmos dados das taxas de aplicação superficial foram agora correlacionados com a percentagem de remoção de DQO. Para esta avaliação não se observa uma correlação linear fornecendo um R^2 de apenas 0,11, conforme gráfico 113.

Neste gráfico destacamos a área com maior número de dados, assim foi possível detalhá-los em outro gráfico e correlacionar com o tempo de retenção celular aparente, gráfico 120. Com estes dados podemos afirmar que para taxa de aplicação superficial entre 10 e 20 gDQO/m².d, houve para 80% dos dados uma remoção de DQO igual ou superior a 70% e para 30% dos dados a remoção foi igual ou superior a 80%.

A remoção de DQO na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri no período entre 2005 e 2006 foi em média de 79% com mediana de 81%, pelos dados disponíveis verificou-se que 60% dos dados apresentaram remoção igual ou superior a 80%. Portanto, é um indicativo que houve uma queda na eficiência de remoção de

DQO o que é plausível devido à introdução de maior quantidade de material refratário ao processo biológico ao dosarmos maiores quantidades de lodo de ETA.

Gráfico 113 – Correlação entre a Taxa de Aplicação de DQO com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico

Gráfico 114 - Correlação entre a Taxa de Aplicação de DQO com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico e Tempo de Retenção Celular Aparente

A síntese dos dados de taxas de aplicação e remoção de DQO por m² relacionado com a percentagem de remoção da DQO esta demonstrada através do gráfico 115.

A percentagem de remoção é estável até as dosagens de 400 mg de lodo/L, sendo que nesta última etapa houve uma diminuição elevada.

Gráfico 115 - Síntese das Taxas de Aplicação e Remoção de DQO/m²/dia e a Respectiva Percentagem de Remoção.

5.4.2.2.2. Carga de DQO Solúvel

Será demonstrado também o impacto da carga de DQO solúvel ao sistema biológico, a carga de DQO solúvel (DQO_s) aplicada à mídia plástica é definida como:

$$(qDQO_s)_{reatB} = DQO_{safI_rb} \times Q_a / S$$

Onde:

$(qDQO_s)_{reatB}$ = carga de DQO solúvel aplicada ao reator biológico ($gDQO_s/m^2/dia$)

DQO_{safI_rb} = Demanda Química de Oxigênio solúvel afluyente ao reator biológico (g/L)

Q_a = Vazão afluyente (L/d)

S = área superficial da mídia plástica (m^2)

Para todo o período do experimento a carga de DQO solúvel aplicada ao reator biológico ficou entre 3,5 a 31,7 $gDQO_s/m^2/dia$, com média de 8,6 e mediana de 7,9, demonstrando boa estabilidade.

O gráfico 116 demonstra os dados médios semanais para a carga aplicada superficial de DQO solúvel ao reator biológico.

Na fase sem adição de lodo de ETA a carga aplicada de DQO solúvel foi em média de 9,1 $gDQO_s/m^2/dia$ com desvio padrão de 1,8 $gDQO_s/m^2/dia$. Considerando estes dados como referência, avaliou-se as demais etapas, verifica-se que cerca de 55% dos dados estão na mesma faixa de observada sem adição de lodo de ETA, 35%

estão abaixo e apenas 10% acima desta faixa. Os dados de distribuição de percentil estão apresentados no gráfico 117.

Gráfico 116 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial da DQOs no Reator Biológico

Gráfico 117 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de DQOs no Reator Biológico (com e sem dosagem de lodo de ETA)

Calculou-se a correlação da taxa de aplicação superficial de DQOs com a taxa de remoção de DQOs, dados estes apresentados através da tabela 54. Demonstra-se através do gráfico 118 que há correlação linear entre as variáveis.

Portanto, havendo maiores dosagens de DQOs por m² de reator biológico utilizando à mídia plástica como meio suporte, a remoção será proporcional e não é afetada pelo tempo de retenção celular aparente (Θ_{c_apa}).

Tabela 54 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de DQOs, Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de DQOs no Sistema Biológico

	Tx aplicação de DQOs	Tx remoção de DQOs	Tempo de retenção celular aparente	rem. de DQOs
Semana	gDQOs/m ² /dia	gDQOs/m ² /dia	d	%
13	7,3	6,1	10,0	83%
14	11,2	8,4	16,7	75%
15	11,6	9,9	1,8	86%
17	8,4	6,7	5,2	80%
18	8,2	6,5	7,0	79%
19	10,8	8,5	14,1	79%
20	8,0	5,1	2,8	64%
21	7,3	5,5	12,3	75%
22	8,9	1,3	13,8	15%
23	7,0	5,2	16,3	74%
24	10,1	9,0	3,0	89%
25	7,8	5,9	14,4	76%
26	8,7	6,5	2,6	75%
28	31,7	29,3	2,6	93%
29	12,5	10,8	3,0	87%
30	8,1	5,7		70%
31	6,8	4,9	3,4	73%
32	7,0	4,7		67%
33	7,6	6,0	14,3	79%
34	6,4	4,9	3,7	76%
35	7,5	5,7	3,0	76%
36	6,9	5,1	3,2	73%
37	4,8	3,2		67%
38	6,6	5,0	3,7	76%
39	10,7	8,7	3,6	81%
40	3,5	2,0	3,5	58%
41	6,7	5,1	3,5	76%
42	7,9	5,7	3,2	72%
43	6,9	5,4	3,6	79%
46	3,5	2,5	3,1	72%
48	6,7	5,3	4,0	79%
50	11,5	9,8	8,5	85%
52	4,6	3,1	3,5	66%
55	5,5	4,1	3,6	75%
57	5,3	3,7	3,5	70%
60	6,5	4,8	3,2	74%
62	11,1	8,7	3,5	78%
64	11,6	8,5	3,0	74%
66	8,3	6,1	2,8	73%
68	6,3	4,7	3,1	74%
70	8,8	6,6	2,9	75%
73	7,2	4,9	3,1	67%
75	8,1	6,1	3,3	75%
77	9,8	7,9	2,8	80%
78	8,5	2,8		33%
79	18,5	16,4	3,2	89%

Gráfico 118 – Correlação entre a Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de DQOs e Idade do Lodo Aparente

A boa correção observada com as variáveis acima não se repetiu quando relacionamos a taxa de aplicação de DQO solúvel com a percentagem de remoção, conforme gráfico 119.

Na análise detalhada dos dados disponíveis foi possível relacionar os dados de taxas de aplicação de DQO solúvel com a percentagem de remoção e o tempo de retenção celular aparente, gráfico 120. Para os dados compreendidos entre as taxas de aplicação superficial de 4,8 a 12,5 gDQOs/m².d o sistema foi capaz de remover no mínimo 70% da DQO solúvel em 85% do tempo, para um tempo de retenção celular aparente entre 1,8 a 16,7 dias.

Gráfico 119 – Correlação entre a Taxa de Aplicação de DQOs com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico

Gráfico 120 - Correlação entre a Taxa de Aplicação de DQOs com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico e Tempo de Retenção Celular Aparente

A síntese dos dados de taxas de aplicação e remoção de DQO_s por m² relacionado com a percentagem de remoção da DQO_s está demonstrada através do gráfico 121.

A percentagem de remoção é estável até as dosagens de 400 mg de lodo/L, sendo que nesta última etapa houve uma diminuição acentuada.

Gráfico 121 - Síntese das Taxas de Aplicação e Remoção de DQOs/m2/dia e a Respectiva Percentagem de Remoção.

5.4.2.3. Remoção de $DBO_{5,20}$

5.4.2.3.1. $DBO_{5,20}$ Total

A concentração de $DBO_{5,20}$ afluyente ao sistema biológico ficou entre 35 e 378 mg/L conforme pode ser observado através da tabela 55 e o gráfico 122.

O coeficiente de variação nas diferentes etapas do experimento ficou em torno de 30% mas na fase em que se dosava 50 mg SST de Lodo de ETA/L a variação subiu para cerca de 50%. A causa para as variações e picos de concentração no esgoto afluyente já foi aventada no item anterior quando se avaliou a remoção de DQO.

Tabela 55 - Dados de DBO_{5,20} Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA

	DBO _{5,20} - sem lodo ETA		DBO _{5,20} - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV		DBO _{5,20} - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú		DBO _{5,20} - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	24	24	19	19	7	7	3	3
Média ± dp	119 ± 39	23 ± 22	165 ± 58	42 ± 24	179 ± 94	41 ± 28	111 ± 19	30 ± 16
Mediana	127	15	155	36	155	32	102	28
Mínimo	35	1	76	14	89	12	99	14
Máximo	183	81	311	92	378	87	133	46
Coef. Var	33%	95%	35%	56%	53%	68%	17%	55%

	DBO _{5,20} - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú		DBO _{5,20} - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú		DBO _{5,20} - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú		
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
n	3	3	5	5	4	4	
Média ± dp	151 ± 28	68 ± 24	197 ± 47	74 ± 53	188 ± 95	70 ± 19	
Mediana	164	78	197	74	176	63	
Mínimo	119	42	163	37	89	58	
Máximo	172	86	230	112	313	98	
Coef. Var	19%	34%	24%	71%	50%	27%

Gráfico 122 - Dados Temporais da Concentração de DBO_{5,20} Afluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

No efluente final a concentração de $\text{DBO}_{5,20}$, oscilou entre 1 e 112 mg/L. O coeficiente de variação ficou em torno de 60%, praticamente o dobro do observado no monitoramento da $\text{DBO}_{5,20}$ no esgoto afluente. Esta variabilidade tem motivo de ser devido ao comportamento do sistema biológico que é influenciado por diversos fatores, e principalmente aquele em que este trabalho foi desenvolvimento, ou seja, se há interferência devido ao aporte de lodo de estação de tratamento de água no sistema biológico de tratamento de esgotos.

Verifica-se através do gráfico 123 que há uma aparente tendência no aumento da concentração da $\text{DBO}_{5,20}$ total no efluente com o aumento da dosagem de lodo de ETA.

Gráfico 123 - Dados Temporais da Concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ Efluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

A concentração média de $\text{DBO}_{5,20}$ no efluente final em cada etapa do experimento demonstra mais claramente a aparente tendência de aumento na concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ com o aumento na dosagem de lodo de ETA, conforme pode ser verificado através do gráfico 124. Temos um coeficiente de correlação linear de 0,74.

Gráfico 124 - Gráfico da Concentração Média de DBO_{5,20} no Efluente do Reator Biológico em cada Etapa do Experimento

O índice de remoção de DBO_{5,20} no sistema biológico para o período sem adição de lodo de ETA ficou acima de 80% para cerca de 80% dos dados, enquanto para o período com a adição de lodo de ETA em suas diferentes dosagens, somente 40% dos dados estiveram nesta mesma faixa de remoção.

A determinação da DBO_{5,20} é influenciada pela presença de matéria orgânica proveniente dos sólidos suspensos voláteis que são perdidos pelo efluente final. Neste experimento, conforme já comentado, houve intensa atividade de nitrificação e, por conseguinte, desnitrificação, ocorrida também no decantador secundário, mesmo o reator biológico contendo câmara anóxica. Será demonstrado nos capítulos posteriores a influência da perda de sólidos na eficiência de remoção de DBO_{5,20}.

Os dados temporais para a percentagem de remoção da DBO_{5,20} total apresentados no gráfico 125, demonstra que a eficiência descrece aparentemente com o aumento na dosagem de lodo de ETA.

Gráfico 125 - Remoção de DBO_{5,20} no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA

Como pode ser comprovado através do gráfico 126, é possível estabelecer uma correlação quase linear ($R^2 = 0,73$) no decaimento da eficiência de remoção de DBO_{5,20} total com o aparente aumento na dosagem de lodo de ETA.

Gráfico 126 - Remoção Média de DBO_{5,20} no Reator Biológico em cada Etapa do Experimento

Considerando a legislação ambiental do Estado de São Paulo que define que para o parâmetro DBO_{5,20} deve-se obedecer à concentração máxima de 60 mg/L ou remoção mínima de 80% realizou-se a continuidade desta análise.

Os gráficos 127 e 128, demonstram respectivamente a quantidade de dados, em percentagem, que apresentaram concentrações iguais ou inferiores ao padrão de

emissão de 60 mg DBO_{5,20}/L, enquanto o outro gráfico demonstra em percentagem da quantidade de dados em que a eficiência de remoção foi igual ou superior a 80%. Os dados nos induzem a concluir que até a dosagem de 60 mg SST de lodo de ETA/L o sistema biológico tende a atender os padrões de emissão, quando consideramos os padrões estabelecidos pela legislação do Estado de São Paulo para o parâmetro de DBO_{5, 20}. Porém, observando os dados dos dois gráficos nos parece que há uma divergência entre a concentração de DBO_{5, 20} no efluente final e a sua respectiva percentagem de remoção. Sem um motivo aparente a concentração afluente de DBO_{5, 20} na etapa em que se dosaram 50 mg SST de Lodo/L decaiu entre 30 a 40% quando consideramos os dados anteriores, portanto é plausível concluir que o sistema biológico teve praticamente o mesmo desempenho até a dosagem de 50 mg SST de lodo de ETA/L.

Gráfico 127 - Percentagem de Dados que Obtiveram Concentração de DBO_{5, 20} Igual ou Inferior a 60 mg/L

Gráfico 128 - Percentagem de Dados que Obtiveram Remoção de $DBO_{5,20}$ Igual ou Superior a 80%

A fim de corroborar com a análise acima, demonstra-se através dos gráficos 129 e 130 a distribuição de frequência dos dados.

Na fase do experimento sem a adição de lodo de ETA, 90% dos dados do monitoramento no efluente final do reator biológico apresentaram concentração inferior a 60 mg/L. Nas etapas em que se dosou lodo de ETA, temos:

- 70% dos dados tiveram resultados inferiores a 60 mg/L, considerando todas as etapas de dosagem de lodo de ETA.
- 80% dos dados tiveram resultados inferiores a 60 mg/L, considerando a etapa em que houve a dosagem de 30 mg SST/L de lodo de ETA.
- 80% dos dados tiveram resultados inferiores a 60 mg/L, considerando a etapa em que houve a dosagem de 50 mg SST/L de lodo de ETA.

Gráfico 129 - Distribuição de Frequência para a Concentração de $DBO_{5,20}$ no Efluente Final – com e sem Adição de Lodo de ETA

Gráfico 130 - Distribuição de Frequência para Eficiência de Remoção de $DBO_{5,20}$ no Reator Biológico – com e sem Lodo de ETA.

A análise dos dados de $DBO_{5,20}$ solúvel propiciará uma visão mais objetiva da remoção de matéria orgânica dentro do reator biológico, posto que será retirada a influência da perda de sólidos suspensos voláteis.

5.4.2.3.2. $DBO_{5,20}$ Solúvel

A concentração de $DBO_{5,20}$ solúvel efluente do sistema biológico ficou entre 1e 41 mg/L conforme pode ser observado através da tabela 56 e o gráfico 131.

O coeficiente de variação nas diferentes etapas do experimento ficou em torno de 40%. Através do diagrama Box-Plot, gráfico 132, é possível verificar que para este parâmetro houve uma variabilidade elevada. O intervalo interquartilco atingiu até 10 mg/L e quando relacionamos este valor com o valor médio atinge-se o coeficiente de até 120%. A etapa do experimento com a menor variabilidade ocorreu quando se dosavam 200 mg SST de lodo de ETA/L onde o intervalo interquartilco ficou em 2 mg/L.

Tabela 56 - Dados de DBO_{5, 20} Solúvel Efluente do Reator Biológico – com e sem Lodo de ETA

	DBOs - sem lodo ETA	DBOs - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	DBOs - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	DBOs - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	DBOs - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	DBOs - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	DBOs - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	Efluente	Efluente	Efluente	Efluente	Efluente	Efluente	Efluente
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	20	17	7	3	3	5	3
Média ± dp	8 ± 7	12 ± 9	12 ± 3	14 ± 5	15 ± 5	8 ± 2	11 ± 3
Mediana	8	10	13	11	14	8	11
Mínimo	1	6	8	10	11	7	9
Máximo	28	41	16	20	20	10	14
Coef. Var	89%	71%	25%	38%	31%	26%	24%

Gráfico 131 - Dados Temporais da Concentração de DBO_{5, 20} Solúvel no Efluente do Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

Gráfico 132 – Diagrama Box Plot para a Concentração de DBO_{5,20} Solúvel no Efluente do Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

A DBO_{5,20} solúvel representa a parte não biodegradável que passa pelo processo de tratamento biológico, porém como neste experimento o substrato utilizando não foi sinteticamente preparado, a DBO_{5,20} solúvel também pode indicar a parcela do material orgânico que o sistema não pôde biodegradar por vários fatores isolados ou concorrentes, sejam eles toxicidade, tempo de retenção celular inadequado, tempo de detenção reduzido, concentração de oxigênio insuficiente, etc.

Portanto é um parâmetro de importância relevante para compreensão dos fenômenos que ocorrem dentro do reator biológico.

Conforme pode ser observado no gráfico anterior quanto à evolução temporal da concentração da DBO_{5,20} solúvel no efluente final, existe uma tendência para o aumento da mesma com o aumento na dosagem de lodo de ETA.

A tendência mencionada acima é melhor avaliada quando se calculam as concentrações médias em cada etapa do experimento. No gráfico 133 temos esta representação.

Nota-se que um dos pontos está em vermelho. Este ponto foi retirado do cálculo do índice de correção (r^2), visto que foi considerado como valor anômalo.

Demonstra-se que não houve uma relação linear entre dosagem de lodo de ETA e o aumento na concentração de DBO_{5,20} solúvel, mas uma correlação polinomial com uma correlação de 0,90.

Gráfico 133 - Gráfico da Concentração Média de DBO_{5,20} Solúvel no Efluente do Reator Biológico em cada Etapa do Experimento.

A concentração relativa de DBO_{5,20} solúvel presente no efluente do reator biológico é outro parâmetro importante a ser avaliado, e através deste podemos concluir se a concentração de DBO_{5,20} no efluente final é solúvel ou particulada.

Para todo o período do experimento temos as seguintes relações entre a DBO_{5,20} solúvel e a DBO_{5,20} total no efluente final:

Sem adição de lodo de ETA	= 0,48
Dosagem de 30 mg/L de lodo da ETA ABV	= 0,32
Dosagem de 50 mg/L de lodo das ETAs ABV e Guaraú	= 0,42
Dosagem de 60 mg/L de lodo das ETAs ABV e Guaraú	= 0,56
Dosagem de 100 mg/L de lodo das ETAs ABV e Guaraú	= 0,24
Dosagem de 200 mg/L de lodo das ETAs ABV e Guaraú	= 0,14
Dosagem de 400 mg/L de lodo das ETAs ABV e Guaraú	= 0,16

Esta relação também está demonstrada através do gráfico 134. Conclui-se que o aumento da DBO_{5,20} no efluente do reator biológico é causado principalmente pela DBO_{5,20} particulada e não a solúvel.

Esta constatação nos leva à conclusão de que o aumento da concentração de DBO_{5,20} no efluente final foi causado pela perda de sólidos. Foi observado no

capítulo “CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO PROCESSO BIOLÓGICO”, mais especificamente no sub-item “Tempo de Retenção Celular Aparente – $\Theta_{c,apa}$ ”, que houve um aumento na concentração de sólidos suspensos totais e voláteis na ordem de 60 a 70% no efluente final.

Gráfico 134 – Relação entre a DBO_{5,20} Solúvel e DBO_{5,20} Total no Efluente Final do Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA

A perda de sólidos pode estar relacionada ao processo de nitrificação/desnitrificação que propicia o arraste dos flocos biológicos pelo vertedouro do decantador secundário. Esta hipótese é corroborada com a análise das condições de sedimentabilidade do lodo, demonstrou-se no capítulo sobre as condições de operação do processo biológico que houve uma melhoria no índice volumétrico do lodo com o aumento da adição de lodo de ETA.

Será demonstrado nos capítulos posteriores que o processo de nitrificação ocorreu intensamente neste experimento.

As frações da DBO_{5,20} no efluente final foram calculadas e estão demonstradas na tabela 57.

Tabela 57 - Concentrações Médias da DBO_{5,20} Total, Particulada e Solúvel no Efluente Final do Reator Biológico

Etapas do experimento	DBO _{5,20} total	DBO _{5,20} particulada	DBO _{5,20} solúvel
	mg/L	mg/L	mg/L
1ª etapa do experimento - sem lodo de ETA	23	14	8
Dosagem de 30 mg/L de Lodo da ETA ABV	42	29	12
Dosagem de 50 mg/L de lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 20 mg/L da ETA Guaraú)	41	28	12
Dosagem de 60 mg/L de Lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 30 mg/L da ETA Guaraú)	30	16	14
Dosagem de 100 mg/L de Lodo das ETAs (50 mg/L da ETA ABV + 50 mg/L da ETA Guaraú)	68	53	15
Dosagem de 200 mg/L de Lodo das ETAs (100 mg/L da ETA ABV + 100 mg/L da ETA Guaraú)	74	66	8
Dosagem de 400 mg/L de Lodo das ETAs (200 mg/L da ETA ABV + 200 mg/L da ETA Guaraú)	70	61	11

Considerando a premissa que o aumento da DBO_{5,20} total foi ocasionada pela perda de sólidos e que se esta condição fosse completamente controlada, a concentração de DBO_{5,20} particulada seria a mesma da média da fase sem a dosagem de lodo de ETA e também a mesma da concentração monitorada nas etapas com dosagens de 30, 50 e 60 mg SST de lodo de ETA/L, ou seja, 22 mg/L e considerando a concentração de DBO_{5,20} solúvel obtida no monitoramento as concentrações totais hipotéticas de DBO_{5,20} seriam, para cada etapa, as que estão demonstradas na tabela 58.

Tabela 58 - Concentrações Totais Hipotéticas de DBO_{5,20} no Efluente Final - com e sem Lodo de ETA

Etapas do experimento	DBO _{5,20} total hipotética
	mg/L
Sem lodo de ETA	31
Dosagem de 30 mg/L de Lodo da ETA ABV	34
Dosagem de 50 mg/L de lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 20 mg/L da ETA Guaraú)	34
Dosagem de 60 mg/L de Lodo das ETAs (30 mg/L da ETA ABV + 30 mg/L da ETA Guaraú)	36
Dosagem de 100 mg/L de Lodo das ETAs (50 mg/L da ETA ABV + 50 mg/L da ETA Guaraú)	37
Dosagem de 200 mg/L de Lodo das ETAs (100 mg/L da ETA ABV + 100 mg/L da ETA Guaraú)	30
Dosagem de 400 mg/L de Lodo das ETAs (200 mg/L da ETA ABV + 200 mg/L da ETA Guaraú)	35

Com esta hipótese demonstra-se que o sistema biológico não sofreu qualquer inibição devido à dosagem de lodo de ETA em qualquer das concentrações de trabalho, sendo que o processo crítico pode ter sido a desnitrificação.

5.4.2.4. Cargas Aplicadas e Removidas de $\text{DBO}_{5,20}$

5.4.2.4.1. Carga $\text{DBO}_{5,20}$ Total

A carga de $\text{DBO}_{5,20}$ aplicada à mídia plástica é definida como:

$$(\text{qDBO}_{5,20})_{\text{reatB}} = \text{DBO}_{5,20}^{\text{afl}} \times Q_a / S$$

Onde:

$$(\text{qDBO}_{5,20})_{\text{reatB}} = \text{carga de } \text{DBO}_{5,20} \text{ aplicada ao reator biológico (gDBO}_{5,20} / \text{m}^2 / \text{dia})$$

$$\text{DBO}_{5,20}^{\text{afl}} = \text{Concentração da } \text{DBO}_{5,20} \text{ afluyente (g/L)}$$

$$Q_a = \text{Vazão afluyente (L/d)}$$

$$S = \text{Área superficial da mídia plástica (m}^2\text{)}$$

Para todo o período do experimento a carga de $\text{DBO}_{5,20}$ aplicada ao reator biológico ficou entre 1,7 a 15,3 $\text{gDBO}_{5,20} / \text{m}^2 / \text{dia}$, com média de 6,3 e mediana de 6,2, demonstrando boa estabilidade.

O gráfico 135 demonstra os dados médios semanais para a carga aplicada superficial de $\text{DBO}_{5,20}$ ao reator biológico.

Na fase sem adição de lodo de ETA a carga aplicada de $\text{DBO}_{5,20}$ foi em média de 5,7 $\text{gDBO}_{5,20} / \text{m}^2 / \text{dia}$ com desvio padrão de 1,8 $\text{gDBO}_{5,20} / \text{m}^2 / \text{dia}$. Considerando estes dados como referência e avaliando-se as demais etapas verifica-se que cerca de 70% dos dados estão na mesma faixa de observada sem adição de lodo de ETA, portanto podem ser comparados de forma direta. Os dados de distribuição de percentil estão apresentados no gráfico 136.

Gráfico 135 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial da DBO_{5,20} (com e sem Dosagem de Lodo de ETA)

Gráfico 136 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de DBO_{5,20} (com e sem dosagem de lodo de ETA)

Calculou-se a correlação da taxa de aplicação superficial de DBO_{5,20} com a taxa de remoção de DBO_{5,20}. Os dados estão apresentados na tabela 59. Verifica-se que há aderência entre as variáveis, fornecendo um coeficiente R² de 0,79, conforme pode ser visualizado através do gráfico 137.

Portanto, havendo maiores dosagens de DBO_{5,20} por m² de reator biológico utilizando à mídia plástica como meio suporte, a remoção será proporcional e não é afetada pelo tempo de retenção celular aparente (Θ_{c_apa}), como é demonstrado no mesmo gráfico.

Tabela 59 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de DBO_{5,20}, Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de DBO_{5,20} no Sistema Biológico

	Tx aplicação de DBO _{5,20}	Tx remoção de DBO _{5,20}	Tempo de retenção celular aparente	rem. de DBO _{5,20}
Semana	gDBO _{5,20} /m ² /dia	gDBO _{5,20} /m ² /dia	d	%
3	4,4	3,0	9,3	72%
4	8,3	6,9	2,7	83%
5	2,4	2,3	3,3	98%
6	6,8	5,9	7,6	87%
7	3,2	2,9	19,5	92%
8	5,6	4,4	12,9	79%
9	7,5	6,8	8,2	91%
10	6,5	5,6	17,3	86%
11	7,3	3,9	18,4	54%
12	7,4	6,3	8,3	86%
13	6,4	5,6	10,0	87%
14	5,6	1,7	16,7	30%
15	4,3	3,9	1,8	92%
17	6,9	5,3	5,2	76%
18	6,3	5,5	7,0	88%
19	6,4	5,7	14,1	89%
20	5,0	4,5	2,8	90%
21	8,7	7,8	12,3	89%
22	9,5	4,9	13,8	52%
23	4,0	3,3	16,3	82%
24	8,1	6,5	3,0	80%
25	6,3	3,3	14,4	53%
26	6,7	3,5	2,6	53%
28	12,6	11,2	2,6	88%
29	11,2	9,4	3,0	84%
31	5,5	3,1	3,4	57%
32	5,9	4,3	4,0	73%
33	7,6	5,5	14,3	72%
34	4,8	4,0	3,7	83%
35	5,9	4,6	3,0	78%
36	7,0	5,9	3,2	85%
37	4,8	4,0	3,2	84%
38	6,3	5,5	3,7	88%
39	4,5	3,1	3,6	70%
40	3,8	2,9	3,5	75%
41	6,3	4,8	3,5	75%
42	7,5	4,1	3,2	54%
43	15,3	12,5	3,6	82%
46	3,4	3,0	3,1	87%
48	5,9	5,1	4,0	87%
50	6,9	5,7	8,5	82%
52	4,7	3,7	3,5	78%
55	4,0	3,4	3,6	86%
57	4,1	3,0	3,5	73%
60	5,4	3,5	3,2	65%
62	6,8	3,7	3,5	55%
64	4,6	1,3	3,0	28%
66	6,3	4,7	2,8	75%
68	6,4	4,9	3,1	77%
70	9,3	4,8	2,9	52%
73	3,4	(0,4)	3,1	-11%

Continua

	Tx aplicação de DBO _{5,20}	Tx remoção de DBO _{5,20}	Tempo de retenção celular aparente	rem. de DBO _{5,20}
75	5,9	3,7	3,3	62%
77	8,2	5,5	2,8	68%
79	13,0	10,4	3,2	81%

Gráfico 137 - Correlação entre a Taxa de Aplicação Superficial e Taxa de Remoção de DBO_{5,20} e o Tempo de Retenção Celular Aparente

Os mesmos dados das taxas de aplicação superficial foram agora correlacionados com a percentagem de remoção de DBO_{5,20}, e não se observou qualquer indício de correlação entre essas variáveis, conforme gráfico 138.

Gráfico 138 - Correlação entre a Taxa de Aplicação de DBO_{5,20} com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico e Tempo de Retenção Celular Aparente

A maior quantidade de dados foi obtida para taxa de aplicação superficial entre 4 a 10 gDBO_{5,20}/m².dia. O destaque dos dados para esta faixa de trabalho foi correlacionado com a percentagem de remoção e o tempo de retenção celular. Nesta faixa o tempo de retenção celular esteve entre 1,8 e 18,4 d e a remoção média de DBO_{5,20} foi de 73%, com mediana de 78%

A remoção de DBO_{5,20} na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri no período entre 2005 e 2006 foi em média de 73% com mediana de 77%. A avaliação dos dados da ETE Barueri demonstra que 50% dos dados apresentaram remoção igual ou superior à mediana.

Os dados deste experimento na faixa entre 4 a 10 gDBO_{5,20}/m².dia, estão analisados através da distribuição percentil conforme gráfico 139. Conclui-se que não houve qualquer alteração nas taxas de remoção de DBO_{5,20} quando comparamos com os dados da ETE Barueri, posto que também cerca de 50% tiveram remoções iguais ou superiores à 77%.

Há de se considerar ainda o aumento na concentração de DBO_{5,20} no efluente final causado pela perda de sólidos suspensos totais e voláteis devido ao processo de desnitrificação.

Gráfico 139 - Distribuição de Frequência para Eficiência de Remoção de DBO_{5,20} no Reator Biológico para Taxa de Aplicação Superficial entre 4 a 10 gDBO_{5,20}/m².dia – com e sem Lodo de ETA.

A síntese dos dados de taxas de aplicação e remoção de $\text{DBO}_{5,20}$ por m^2 relacionado com a percentagem de remoção de $\text{DBO}_{5,20}$ está demonstrada através do gráfico 140.

A percentagem de remoção ficou estável até a dosagem de 60 mg SST de lodo de ETA/L, apresentando queda nas etapas subsequentes, o que pode ser relacionado à perda de sólidos suspensos pelo efluente final, com a maturação do biofilme e o aumento na taxa de nitrificação.

Gráfico 140 - Síntese das Taxas de aplicação e Remoção de $\text{DBO}_{5,20}/\text{m}^2/\text{dia}$ e a Respectiva Percentagem de Remoção.

5.4.2.5. Remoção de Nitrogênio

5.4.2.5.1. Nitrogênio Kjeldahl Total - NKT

A concentração de NKT afluente ao sistema biológico ficou entre 22 e 149 mg/L, com média de 51 mg/L e mediana de 49 mg/L, que pode ser considerado um esgoto tendendo a forte, segundo dados de Metcalf & Eddy (1991).

Os dados podem ser avaliados através da tabela 60 e do gráfico 141.

O coeficiente de variação nas diferentes etapas do experimento ficou em torno de 40%.

Tabela 60 - Dados de NKT Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA

	NKT - sem lodo ETA		NKT - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV		NKT - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú		NKT - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	25	25	23	23	8	8	3	3
Média ± dp	48 ± 21	30 ± 18	49 ± 13	7 ± 6	57 ± 18	8 ± 7	69 ± 22	6 ± 2
Mediana	44	25	53	6	57	5	70	6
Mínimo	22	2	22	1	28	2	47	4
Máximo	114	65	65	28	83	24	90	8
Coef. Var	44%	61%	27%	90%	32%	98%	32%	36%

	NKT - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú		NKT - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú		NKT - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú		
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
n	4	4	8	8	19	18	
Média ± dp	70 ± 21	13 ± 6	48 ± 22	7 ± 7	49 ± 30	12 ± 13	
Mediana	67	11	48	4	51	7	
Mínimo	48	7	23	1	22	1	
Máximo	99	22	80	20	149	40	
Coef. Var	30%	54%	46%	100%	62%	107%

Gráfico 141 - Dados Temporais da Concentração de NKT Afluente ao Reator Biológico, com e sem adição de Lodo de ETA

a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

A concentração de NKT no efluente final oscilou entre 0,5 a 65 mg/L, com média e mediana, respectivamente, de 14,7 e 8,1 mg/L. O coeficiente de variação nas

determinações de NKT no esgoto efluente ficou em torno de 78%, bem superior ao observado na concentração de NKT afluente. O que era esperado visto que o processo de nitrificação ocorre a medida da maturação do biofilme iria se intensificar.

Verifica-se através do gráfico 142 que no início do processo há alta variação na concentração efluente, isto é causado devido à necessidade de desenvolvimento das bactérias autotróficas nitrificantes e o estabelecimento de condições adequadas para ocorrer o ciclo completo do nitrogênio.

É nítido também que na etapa final houve maior concentração de NKT no efluente, demonstrando certa instabilidade do processo.

Gráfico 142 - Dados Temporais da Concentração de NKT Efluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

Apesar da instabilidade observada, os resultados médios demonstram que após a maturação do biofilme a remoção de nitrogênio Kjeldahl total foi muito boa, fornecendo um efluente com concentração média de NKT abaixo de 8,8 mg N/L.

Os dados demonstram ainda que a adição de lodo de ETA não é um fator inibidor do processo de nitrificação. Estas informações podem ser visualizadas através do gráfico 143.

Gráfico 143 - Gráfico da Concentração Média de NKT no Efluente do Reator Biológico em cada Etapa do Experimento.

A análise dos dados da concentração de NKT no efluente final, através do Diagrama Box-Plot, gráfico 144, demonstra que a maior variação ocorreu na fase sem dosagem de lodo de ETA e o sistema não havia se estabilizado adequadamente com o desenvolvimento das bactérias nitrificantes.

A menor concentração detectada na fase sem dosagem de lodo de ETA, tem a mesma ordem de grandeza da máxima concentração detectada na última etapa do experimento (dosagem de 400 mg SST/L de lodo de ETA). Esta observação é importante posto que na última etapa houve maior variação dos dados, porém, mesmo nesta circunstâncias o sistema respondeu adequadamente.

Gráfico 144 - Diagrama Box Plot para a Concentração de NKT no Efluente Final – com e sem Lodo de ETA.

O índice de remoção de NKT no sistema biológico para o período sem adição de lodo de ETA ficou entre -57% a 96%, com média e mediana respectivamente de 35 e 46%. Enquanto nas demais etapas do experimento a remoção média e mediana ficaram acima de 80%.

A remoção de NKT no reator biológico ao longo do tempo está demonstrada através do gráfico 145.

Gráfico 145 - Remoção de NKT no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

O gráfico 146 comprova que a eficiência de remoção de nitrogênio kjeldahl total não está associada à adição de lodo de ETA, e a ótima remoção foi devido à atividade microbiana das bactérias heterotróficas aderidas na mídia plástica.

Gráfico 146 - Remoção Média de NKT no Reator Biológico em cada Etapa do Experimento

5.4.2.5.2. Nitrogênio Amoniacal – NH_3

A concentração de NH_3 afluente no sistema biológico ficou entre 10 e 120 mg/L, apresentando média e mediana respectivamente de 40 e 39 mg/L conforme pode ser observado através da tabela 61 e o gráfico 147.

O coeficiente de variação nas diferentes etapas do experimento ficou em torno de 40%.

Tabela 61 - Dados de NH_3 Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA

	NH ₃ - sem lodo ETA		NH ₃ - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV		NH ₃ - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú		NH ₃ - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	25	25	23	23	8	8	3	3
Média ± dp	33 ± 13	22 ± 16	40 ± 13	4 ± 5	44 ± 13	5 ± 7	55 ± 20	1 ± 1
Mediana	30	17	43	2	42	1	47	0,3
Mínimo	10	2	18	0,1	23	0,1	40	0,3
Máximo	61	53	64	17	64	20	77	2
Coef. Var	39%	71%	31%	126%	30%	149%	36%	110%

Continua

	NH ₃ - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú		NH ₃ - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú		NH ₃ - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú		
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
n	4	4	8	8	19	19	
Média ± dp	59 ± 17	9 ± 6	41 ± 23	5 ± 7	40 ± 26	9 ± 12	
Mediana	57	8	38	1	40	1	
Mínimo	39	3	19	0,1	16	0,1	
Máximo	81	16	71	16	120	34	
Coef. Var	29%	66%	56%	145%	66%	134%

Gráfico 147 - Dados Temporais da Concentração de NH₃ Afluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

A concentração de NH₃ no efluente final, oscilou entre 0,1 a 53 mg/L, com média e mediana, respectivamente, de 10,2 e 4,6 mg/L. O coeficiente de variação nas determinações de NH₃ no esgoto efluente ficou em torno de 110%, esta alta variação deveu-se ao processo de nitrificação.

Nota-se que há oscilações na concentração na fase sem dosagem de lodo de ETA e na etapa final, porém os resultados demonstram que o processo após o período de maturação do biofilme foi capaz de fornecer um efluente final com concentração média de NH₃ de 5,3 mg/L e que o aumento das dosagens de lodo de ETA não interferiu no processo de nitrificação, conforme pode ser visualizado através do gráfico 148.

Gráfico 148 - Dados Temporais da Concentração de NH₃ Efluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

Os resultados médios demonstram que após a maturação do biofilme a remoção de nitrogênio amoniacal foi excelente, fornecendo um efluente com concentração de NH₃ abaixo de 10 mg N/L.

Os dados demonstram ainda que a adição de lodo de ETA não é um fator inibidor do processo de nitrificação. Estas informações podem ser visualizadas através do gráfico 149.

Gráfico 149 - Gráfico da Concentração Média de NH₃ no Efluente do Reator Biológico em cada Etapa do Experimento.

A análise dos dados da concentração de NH₃ no efluente final, através do diagrama Box-Plot, gráfico 150, demonstra que a maior variação também ocorreu na fase sem

dosagem de lodo de ETA e o sistema não havia se estabilizado adequadamente com o desenvolvimento das bactérias nitrificantes.

Gráfico 150 - Diagrama Box Plot para a Concentração de NH_3 no Efluente Final – com e sem Lodo de ETA.

O índice de remoção de NH_3 no sistema biológico para o período sem adição de lodo de ETA ficou entre -220% e 93%, com média e mediada respectivamente de 26% e 32%. Enquanto nas demais etapas do experimento as remoções média e mediana ficaram acima de 80%.

A remoção de NH_3 no reator biológico ao longo do tempo está demonstrada no gráfico 151.

Gráfico 151 - Remoção de NH_3 no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

O limite estabelecido pela legislação ambiental federal (Resolução Conama nº 357 de 17 de Março de 2005) para o nitrogênio amoniacal (NH_3) não é aplicável ao lançamento de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, regra que é aplicável ao presente estudo, porém utilizando o limite de 20 mg/L apenas como referência realizou-se a continuidade desta análise.

O gráfico representado pelo gráfico 152, demonstra a quantidade de dados, em percentagem, que apresentaram concentrações iguais ou inferiores ao padrão de emissão de 20 mg NH_3 /L.

Conforme discutido anteriormente não se pode correlacionar o processo de nitrificação com a adição de lodo de ETA e sim com a maturação do biofilme aderido à mídia plástica. Os dados demonstram que na fase sem dosagem de lodo de ETA, o efluente apresentou 52% dos dados com concentração de nitrogênio amoniacal abaixo de 20 mg/L. Nas etapas subsequentes com o desenvolvimento do biofilme, houve melhora nítida na remoção deste parâmetro, exceto na última etapa, as demais obtiveram 100% dos dados com concentração de nitrogênio amoniacal inferior ao estabelecido na Resolução Conama 357.

Gráfico 152 - Percentagem de Dados que Obtiveram Concentração de NH_3 Igual ou Inferior a 20 mg/L

As anotações de campo, na Tabela 62, demonstram que houve alta incidência de despejos com solventes no esgoto afluente da ETE Barueri, o que pode ter sido a causa da instabilidade observada na última etapa do experimento.

Tabela 62 - Anotações de Campo sobre Cargas Tóxicas no Esgoto Afluentes a ETE Barueri

01/07/06	18:00h = forte odor característico de solvente.
04/07/06	Esgoto afluentes a Ete Barueri com grande carga mineralizada (escuro).
05/07/06	Esgoto afluentes bastante escuro.
06/07/06	10:00h: notado que o esgoto afluentes está com grande carga mineralizada (escuro). 16:30h: odor de carga tóxica.
07/07/06	12:00h: forte odor de solvente/carga tóxica até 16:00h.
08/07/06	Forte odor de carga tóxica (13:00h), porém somente na ETE Piloto.
22/07/06	09:40 – forte odor de carga tóxica, efetuada coleta para o laboratório.
05/08/06	- 08:50h: Notado pequeno odor de carga tóxica.
06/08/06	- Notado grande quantidade de material mineralizado no afluentes ao tratamento. Foi interrompida operação na ETE Piloto das 14h às 16h, devido à falta de Ar para os tanques; falha na ETE
05/09/06	Barueri (Sopradores).
16/09/06	-Obs.: esgoto afluentes c/ baixa concentração (claro).
17/09/06	-15:50h: Forte cheiro de carga tóxica.
30/09/06	-Desobstruída a linha de recirculação do DS p/ TA. -14:00h: Notado odor de carga tóxica.
14/10/06	-10:00h = Odor de carga tóxica . - Foram desobstruídas as linhas de retorno DS / TA .
15/10/06	-Efetuada a limpeza na caixa de entrada do esgoto bruto . -15:25h = Odor de carga tóxica .

5.4.2.5.2.1. Condições para Nitrificação – pH e Alcalinidade

Carbonato

Para que haja o ciclo completo de nitrificação algumas condições devem ser atendidas, entre elas que o pH do meio esteja estável e não seja ácido.

O menor pH registrado durante o experimento foi de 6,4, que ocorreu na fase sem dosagem de lodo de ETA e no início da maturação do biofilme.

Os dados estão demonstrados na tabela 63 e nos gráficos 153 e 154.

O pH afluentes ao sistema biológico manteve-se estável em todo o período do experimento, somente em alguns pontos apresentava-se ácido, entre 6,0 e 6,5.

No esgoto afluentes havia quantidade adequada de alcalinidade não deixando o sistema acidificar mesmo com a intensa remoção de nitrogênio observada. Nota-se que o efluente tem tendência de estar alcalino.

Tabela 63 - Dados de pH Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA

	pH - sem lodo ETA		pH - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV		pH - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú		pH - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
n	25	25	22	18	8	7	3	3
Média	7,12	6,91	7,15	6,83	7,04	6,91	7,21	7,02
Mínimo	7,00	6,20	6,94	6,50	6,88	6,70	7,14	6,90
Máximo	7,50	7,50	7,50	7,00	7,11	7,70	7,31	7,10
Coef. Var	3%	4%	2%	2%	1%	5%	1%	2%

	pH - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú		pH - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú		pH - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú		
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
n	4	3	8	2	26	8	
Média	7,07	7,22	6,78	7,29	6,79	7,36	
Mínimo	6,92	7,00	6,38	7,20	5,88	7,30	
Máximo	7,15	7,50	7,46	7,40	7,42	7,60	
Coef. Var	2%	3%	7%	2%	5%	2%	

Obs.: o pH médio foi calculado através da média da concentração Hidrogenionica.

Gráfico 153 - Dados Temporais do pH Afluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

Gráfico 154 - Dados Temporais do pH Efluente ao Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA b = dados após a dosagem de lodo de ETA

A quantidade de alcalinidade medida como carbonato de cálcio está demonstrada na tabela 64 e no gráfico 155.

Tabela 64 - Dados da Concentração de Alcalinidade Carbonato no Esgoto Afluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA

	Alc - sem lodo ETA	Alc - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	Alc - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	Alc - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	Alc - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	Alc - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	Alc - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	Afluente	Afluente	Afluente	Afluente	Afluente	Afluente	Afluente
	mgCaCO ₃ /L	mgCaCO ₃ /L	mgCaCO ₃ /L	mgCaCO ₃ /L	mgCaCO ₃ /L	mgCaCO ₃ /L	mgCaCO ₃ /L
n	19	19	7	3	3	2	4
Média ± dp	241,0±118	252,0±33,5	251,3±57,1	230,0±9,5	378,7±3,2	287,5±6,4	283,0±31,7
Mediana	235,0	257,0	248,0	229,0	380,0	287,5	294,9
Mínimo	25,0	170,0	165,0	221,0	375,0	283,0	237,0
Máximo	464,0	314,0	355,0	240,0	381,0	292,0	305,0
Coef. Var	49%	13%	23%	4%	1%	2%	11%

Gráfico 155 - Dados Temporais da Concentração de Alcalinidade no Esgoto Afluente e Efluente do Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

A quantidade de carbonato de cálcio utilizada para a oxidação do nitrogênio amoniacal foi calculada.

Após a maturação do biofilme, houve um consumo médio de 6,12 mg CaCO_3/mg NH_3 oxidado, inferior em 1 mg CaCO_3/mg NH_3 oxidado quando compramos com o que é informado pela literatura (7,1 mg CaCO_3/mg NH_3). Dados estão demonstrados através da tabela 65 e do gráfico 156.

Tabela 65 - Dados do Consumo de Alcalinidade Carbonato/Quantidade de NH_3 Oxidado no Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA

	Consumo de Carbonato/mg de NH_3 oxidada - sem lodo ETA	Consumo de Carbonato/mg de NH_3 oxidada - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	Consumo de Carbonato/mg de NH_3 oxidada - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	Consumo de Carbonato/mg de NH_3 oxidada - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	Consumo de Carbonato/mg de NH_3 oxidada - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	Consumo de Carbonato/mg de NH_3 oxidada - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	Consumo de Carbonato/mg de NH_3 oxidada - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	mg CaCO_3/mg NO_3 oxidado	mg CaCO_3/mg NO_3 oxidado	mg CaCO_3/mg NO_3 oxidado	mg CaCO_3/mg NO_3 oxidado	mg CaCO_3/mg NO_3 oxidado	mg CaCO_3/mg NO_3 oxidado	mg CaCO_3/mg NO_3 oxidado
n	15	19	7	3	3	2	4
Média $\pm$ dp	15,22 $\pm$ 18,2	9,55 $\pm$ 17,02	4,72 $\pm$ 0,76	3,93 $\pm$ 1,43	7,09 $\pm$ 3,10	5,70 $\pm$ 0,80	5,70 $\pm$ 2,15
Mediana	9,02	5,08	4,41	4,09	6,36	5,70	5,67
Mínimo	0,94	0,80	3,66	2,44	4,42	5,13	3,12
Máximo	65,04	79,00	5,88	5,28	10,49	6,26	8,36
Coef. Var	119%	178%	16%	36%	44%	14%	38%

Gráfico 156 - Dados Temporais do Consumo de Carbonato de Cálcio/Quantidade de NH_3 Oxidado no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

5.4.2.6. Cargas de Nitrogênio Aplicadas e Removidas

5.4.2.6.1. Carga de Nitrogênio Kjeldahl Total

A carga de NKT aplicada à mídia plástica é definida como:

$$(q\text{NKT})_{\text{reatB}} = \text{NKT}_{\text{af}} \times Q_a / S$$

Onde:

$$(q\text{NKT})_{\text{reatB}} = \text{carga de NKT aplicada ao reator biológico (gNKT/m}^2\text{/dia)}$$

$$\text{NKT}_{\text{af}} = \text{Concentração da NKT afluenta (g/L)}$$

$$Q_a = \text{Vazão afluenta (L/d)}$$

$$S = \text{área superficial da mídia plástica (m}^2\text{)}$$

Para todo o período do experimento a carga de NKT aplicada ao reator biológico ficou entre 0,9 a 6,1 gNKT/m²/dia, com média e mediana, respectivamente, de 2,2 e 2,1 gNKT/m²/dia, demonstrando boa estabilidade nas dosagens.

O gráfico 157 demonstra os dados médios semanais para a carga aplicada superficial de NKT ao reator biológico.

Na fase sem adição de lodo de ETA a carga aplicada de NKT foi em média de 2,4 gNKT/m²/dia com desvio padrão de 1,0 gNKT/m²/dia. Considerando estes dados

como referência, avaliando-se as demais etapas verifica-se que cerca de 70% dos dados estão na mesma faixa observada sem adição de lodo de ETA, 25% dos dados estão abaixo desta faixa e somente 5% acima, portanto podem ser comparados de forma direta.

Os dados de distribuição de percentil estão apresentados no gráfico 158.

Gráfico 157 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial de NKT

Gráfico 158 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de NKT - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.

Como explanado em capítulos anteriores a remoção de nitrogênio aumentou na medida em que o biofilme aderido à mídia plástica teve a sua maturação em desenvolvimento. A taxa de remoção superficial de nitrogênio Kjeldahl total por metro quadro por dia ($\text{gNKT/m}^2/\text{dia}$) na primeira etapa do experimento, sem

dosagem de lodo de ETA e início da maturação do biofilme, foi em média de 0,9 gNKT/m²/dia enquanto que nas etapas posteriores a taxa de remoção média foi de 1,7 gNKT/m²/dia, significando um aumento de 95% na taxa de remoção, conforme pode ser avaliado no gráfico 159.

Gráfico 159 - Dados Temporais Semanais para a Carga Removida Superficial de NKT
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

Calculou-se a correlação da taxa de aplicação superficial de NKT com a taxa de remoção de NKT, dados estes apresentados através da tabela 66 e gráfico 160.

Portanto, havendo maiores dosagens de NKT por m² de reator biológico utilizando a mídia plástica como meio suporte, a remoção será proporcional e não é afetada pelo tempo de retenção celular aparente (Θ_{c_apa}).

Tabela 66 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de NKT, Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de NKT no Sistema Biológico

	Tx aplicação de NKT	Tx remoção de NKT	Tempo de retenção celular aparente	rem. de NKT
Semana	gNKT/m ² /dia	gNKT/m ² /dia	d	%
1	2,0	0,04	30,0	2%
2	1,9	0,69	12,0	36%
3	1,6	0,86	9,3	55%
4	1,6	(0,40)	2,7	-26%
5	2,2	1,69	3,3	77%
7	2,0	(0,30)	19,5	-17%
8	5,1	2,39	12,9	46%
9	2,2	(0,43)	8,2	-19%
10	2,4	1,36	17,3	54%
11	3,1	1,56	18,4	50%
12	2,3	(0,69)	8,3	-30%
13	2,3	1,48	10,0	61%

Continua

	Tx aplicação de NKT	Tx remoção de NKT	Tempo de retenção celular aparente	rem. de NKT
14	2,0	0,93	16,7	46%
15	2,4	2,26	1,8	96%
17	1,7	0,93	5,2	54%
18	1,7	1,05	7,0	60%
19	2,1	1,15	14,1	53%
20	3,2	1,12	2,8	35%
21	1,0	(0,19)	12,3	-18%
22	2,1	1,85	13,8	87%
23	1,1	(0,30)	16,3	-27%
24	2,2	1,73	3,0	80%
25	2,0	1,82	14,4	89%
26	2,1	1,82	2,6	88%
28	1,4	1,16	3,3	80%
29	1,6	1,52	3,0	93%
30	2,4	1,81		75%
31	2,6	2,32	3,4	88%
32	2,4	2,00		82%
33	2,1	1,83	14,3	88%
34	2,4	2,25	3,7	94%
35	1,7	1,64	3,0	97%
36	2,3	2,01	3,2	87%
37	1,8	1,71		97%
38	1,6	1,51	3,7	94%
39	2,3	2,20	3,6	96%
40	2,5	2,41	3,5	96%
41	1,3	1,26	3,5	93%
42	3,1	2,83	3,2	91%
43	3,3	2,34	3,6	71%
44	2,2	1,84		82%
46	2,1	1,96	3,1	93%
48	1,1	1,02	4,0	94%
50	2,3	2,18	8,5	96%
52	2,4	2,34	3,5	97%
55	1,6	1,18	3,6	74%
57	1,9	1,64	3,5	88%
60	3,6	3,49	3,2	96%
62	2,8	2,53	3,5	89%
64	3,9	3,02	3,0	77%
66	1,9	1,43	2,8	77%
67	2,6	2,29	4,0	87%
68	1,7	1,57	3,6	90%
69	1,9	1,78	4,0	93%
70	2,3	1,80	3,5	83%
71	1,7	1,40		85%
72	1,1	1,01	4,0	92%
73	1,8	1,27	3,7	76%
74	1,8	1,44	4,0	86%
75	1,9	1,39	3,8	79%
76	1,5	1,35	8,0	85%
77	3,5	3,25	2,8	95%
78	1,8	0,98		68%
79	1,9	1,26	3,2	94%

Gráfico 160 – Correlação Entre a Taxa de Aplicação Superficial e Taxa de Remoção de NKT e a Influência do Tempo de Retenção Celular Aparente

Os mesmos dados das taxas de aplicação superficial foram agora correlacionados com a percentagem de remoção de NKT. Para esta avaliação não se observa a mesma tendência de correlação linear observada entre as taxas de aplicação e remoção, conforme gráfico 161.

Nesta figura é possível destacar que o maior número de dados está entre as taxas de aplicação de 1 e 3 gNKT/m²/d. Nesta faixa verifica-se que 70% dos dados apresentaram eficiência de remoção acima de 70% e 60% dos dados tiveram eficiência acima de 80%

A remoção de NKT na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri em 2006 foi em média de 77% com mediana de 75%. Pelos dados disponíveis verificou-se que apenas 30% dos dados apresentaram remoção igual ou superior a 80%.

Portanto é um indicativo que houve melhora significativa na eficiência de remoção de NKT no reator em que se operou com adição de mídia plástica, o que corrobora com as afirmações anteriores.

Gráfico 161 – Correlação entre a Taxa de Aplicação de NKT com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico

O gráfico 162, relaciona duas variáveis importantes que é a percentagem de remoção de NKT (%) com o tempo de retenção celular aparente (d). No eixo das abscissas temos o tempo decorrido no experimento (d). Até aproximadamente o 150º dia o tempo de retenção celular aparente era elevado, com média de 12 d.

Ao selecionarmos a faixa entre 15 e 20 dias de tempo de retenção celular aparente observa-se que a remoção percentual de NKT era em torno de 40%. Após o período de maturação do biofilme, mesmo com tempos de retenção celular aparente tão baixo quanto a 3 d, a remoção percentual de NKT para muitos dados esteve acima de 80%. Como as dosagens de lodo de ETA foram aumentadas ao longo do tempo, também podemos afirmar que mesmo com altas concentrações de lodo de ETA não houve inibição do processo de nitrificação.

Gráfico 162 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de NKT, Tempo de Retenção Celular Aparente e Tempo de Maturação do Biofilme

A maturação do biofilme é melhor observada através do gráfico 163, onde relacionamos apenas o percentual de remoção de NKT com o tempo de retenção celular aparente. É fácil a visualização de que com maior $\Theta_{c,apa}$ a percentagem de remoção não aumentou e que para $\Theta_{c,apa}$ entre 2 e 4 d a percentagem de remoção esteve acima de 60%.

Os dados deste gráfico devem ser avaliados com cautela, pois os testes foram feitos em ordem inversa, ou seja, quando o sistema operava com tempo de retenção celular aparente elevado o biofilme estava em formação ou maturação. Com o passar do tempo houve a maturação do biofilme e inversamente a redução no tempo de retenção celular aparente.

Portanto, podemos afirmar que com a maturação do biofilme aderido à mídia plástica o $\Theta_{c,apa}$ pode ser diminuído a valores entre 2 e 4 d e o processo de nitrificação se manterá desde que as outras condições operacionais sejam respeitadas, podendo atingir eficiências de remoção de NKT acima de 80%.

Gráfico 163 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de NKT com o Tempo de Retenção Celular Aparente

O processo de nitrificação ocorre em condições oxidantes, portanto a manutenção de uma concentração de oxigênio dissolvido é fundamental para este processo. Esta condições é mais crítica para o biofilme aderido posto que a permeação do oxigênio apresenta maior dificuldade de ocorrer. Através do gráfico 164 demonstramos a correção entre a percentagem de remoção de NKT, a taxa de aplicação por m^2 de mídia plástica disponível e a concentração de oxigênio.

Para uma taxa de aplicação de NKT entre 1 a 3 $\text{gNKT}/\text{m}^2/\text{dia}$ e concentração de oxigênio dissolvido entre 2,5 a 3,5 mg/L , a percentagem de remoção de NKT atingiu valores acima de 80%.

Gráfico 164 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de NKT, Taxa de Aplicação de NKT e Concentração de Oxigênio Dissolvido

A estabilidade na remoção do nitrogênio foi obtida após a 20ª semana de operação do sistema, portanto consideraremos que após este período se deu a maturação do biofilme, o gráfico de distribuição percentil demonstrado no gráfico 165 retrata esta constatação e as conclusões são:

- Até a 20ª semana, 20% dos dados não apresentaram remoção de nitrogênio Kjeldahl total,
- Após a 20ª semana, 99% dos dados apresentaram alguma remoção de nitrogênio Kjeldahl total,
- Até a 20ª semana, 55% dos dados apresentaram remoção de nitrogênio Kjeldahl total acima de 40%
- Após a 20ª semana, 95% dos dados apresentaram remoção de nitrogênio Kjeldahl total acima de 40%
- Até a 20ª semana, cerca de 8% dos dados apresentaram remoção de nitrogênio Kjeldahl total acima de 80%
- Após a 20ª semana, cerca de 70% dos dados apresentaram remoção de nitrogênio Kjeldahl total acima de 80%

Gráfico 165 - Gráfico da Distribuição Percentil da Percentagem de Remoção de NKT Antes e Depois da Maturação do Biofilme Aderido à Mídia Plástica

5.4.2.6.2. Carga de Nitrogênio Amoniacal

A carga de NH_3 aplicada à mídia plástica é definida como:

$$(q\text{NH}_3)_{\text{reatB}} = \text{NH}_{3_a\text{fl}} \times Q_a / S$$

Onde:

$(q\text{NH}_3)_{\text{reatB}}$ = carga de NH_3 aplicada ao reator biológico ($\text{gNH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$)

$\text{NH}_{3_a\text{fl}}$ = Concentração da NH_3 afluenta (g/L)

Q_a = Vazão afluenta (L/d)

S = área superficial da mídia plástica (m^2)

Para todo o período do experimento a carga de NH_3 aplicada ao reator biológico ficou entre 0,5 a 4,9 $\text{gNH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$, com média e mediana de 1,7 e 1,6 $\text{gNH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$ respectivamente, demonstrando boa estabilidade.

A gráfico 166 demonstra os dados médios semanais para a carga aplicada superficial de NH_3 ao reator biológico.

Na fase sem adição de lodo de ETA a carga aplicada de NH_3 foi em média de 1,6 $\text{gNH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$ com desvio padrão de 0,6 $\text{gNH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$. Considerando estes dados como referência e avaliando-se as demais etapas verifica-se que cerca de 55% dos dados estão na mesma faixa observada sem adição de lodo de ETA, 20% dos dados estão acima e 25% abaixo, portanto podem ser comparados de forma direta.

Os dados de distribuição de percentil estão apresentados no gráfico 167.

Gráfico 166 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial de NH₃

Gráfico 167 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de NH₃ - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.

Como explanada em capítulos anteriores a remoção de nitrogênio aumentou à medida que o biofilme aderido à mídia plástica se desenvolveu. A taxa de remoção superficial de nitrogênio amoniacal por metro quadro por dia ($\text{gNH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$) sem dosagem de lodo de ETA e início da maturação do biofilme, foi em média de $0,5 \text{ gNH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$ enquanto que nas etapas posteriores a taxa de remoção média foi de $1,5 \text{ gNH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$, significando um aumento de 176% na taxa de remoção, conforme pode ser avaliado no gráfico 168.

Gráfico 168 - Dados Temporais Semanais para a Carga Removida Superficial de NH_3
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

Apresenta-se na tabela 67 os dados dos cálculos da taxa de aplicação superficial de NH_3 e a taxa de remoção, bem como o tempo de retenção celular aparente e a percentagem de remoção de NH_3 . A correção entre esses parâmetros estão demonstrados no gráfico 169.

Portanto, havendo maiores dosagens de NH_3 por m^2 de reator biológico utilizando a mídia plástica como meio suporte a remoção será proporcional e não é afetada pelo tempo de retenção celular aparente (Θ_{c_apa}).

Tabela 67 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de NH_3 , Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de NH_3 no Sistema Biológico

	Tx aplicação de NH_3	Tx remoção de NH_3	Tempo de retenção celular aparente	rem. de NH_3
Semana	$\text{gNH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$	$\text{gNH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$	d	%
1	1,6	0,27	30,0	17%
2	1,5	0,30	12,0	20%
3	1,4	0,74	9,3	58%
4	0,5	(1,11)	2,7	-220%
5	0,6	0,26	3,3	44%
6	1,4	(1,27)	3,1	-89%
7	2,2	0,51	19,5	21%
8	2,4	0,10	12,9	3%
9	1,5	1,15	8,2	77%
10	1,5	0,12	17,3	7%
11	1,6	(0,44)	18,4	-28%
12	1,3	0,77	8,3	59%
13	2,1	1,61	10,0	75%
14	1,3	1,26	16,7	93%
15	1,5	0,88	1,8	60%
17	1,5	1,00	5,2	67%

Continua

	Tx aplicação de NH ₃	Tx remoção de NH ₃	Tempo de retenção celular aparente	rem. de NH ₃
18	1,5	1,00	7,0	67%
19	2,7	2,31	14,1	87%
20	0,9	0,14	2,8	15%
21	1,0	0,87	12,3	88%
22	0,9	0,10	13,8	11%
23	1,6	1,49	16,3	91%
24	1,6	1,57	3,0	99%
25	1,7	1,66	14,4	97%
26	1,0	0,79	2,6	78%
28	1,4	1,36	3,3	98%
29	1,8	1,13	3,0	62%
30	2,1	1,87		89%
31	2,1	1,81	3,4	87%
32	1,9	1,72		92%
33	2,0	1,97	14,3	98%
34	1,5	1,46	3,7	99%
35	1,9	1,60	3,0	86%
36	1,6	1,58	3,2	100%
37	1,3	1,28		97%
38	1,8	1,73	3,7	98%
39	2,5	2,44	3,6	97%
40	1,0	0,98	3,5	99%
41	1,8	1,66	3,5	90%
42	2,5	1,74	3,2	69%
43	1,6	1,24	3,6	79%
44	1,5	1,52		99%
46	0,9	0,88	3,1	99%
48	2,0	1,92	4,0	97%
50	2,2	2,17	8,5	100%
52	1,4	1,32	3,5	96%
55	1,6	1,55	3,6	95%
57	3,1	3,08	3,5	100%
60	1,9	1,88	3,2	99%
62	3,2	2,54	3,5	80%
64	1,5	1,21	3,0	80%
66	2,2	2,07	2,8	95%
67	1,5	1,36	4,0	93%
68	1,6	1,53	3,6	97%
69	1,5	1,45	4,0	98%
70	1,8	1,49	3,5	88%
71	1,6	1,33		87%
72	0,7	0,70	4,0	97%
73	1,4	1,01	3,7	76%
74	1,5	1,22	4,0	87%
75	1,3	1,01	3,8	80%
76	1,4	1,28	8,0	95%
77	2,9	2,83	2,8	99%
78	1,6	0,91		70%
79	1,5	1,07	3,2	78%
80	3,1	1,81		58%

Gráfico 169 – Correlação entre a Taxa de Aplicação Superficial e Taxa de Remoção de NH₃

Os mesmos dados das taxas de aplicação superficial foram agora correlacionados com a percentagem de remoção de NH₃. Para esta avaliação não se observa a mesma tendência de correlação linear observada entre as taxas de aplicação e remoção, conforme gráfico 170. Neste gráfico é possível destacar que o maior número de dados está entre as taxas de aplicação de 0,5 a 2,5 gNH₃/m²/d nesta faixa verificou-se que:

- 70% dos dados apresentaram eficiência de remoção acima de 70%;
- 60% dos dados tiveram eficiência acima de 80%;
- 35% dos dados tiveram remoções acima de 95%.

A remoção de NH₃ na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri em 2006 foi em média de 76% com mediana de 77%, pelos dados disponíveis verificou-se que apenas 35% dos dados apresentaram remoção igual ou superior a 80%.

Portanto, é um indicativo que houve melhora significativa na eficiência de remoção de NH₃ com a introdução da mídia plástica e que a adição de lodo de ETA não influencia no processo de nitrificação.

Gráfico 170 – Correlação entre a Taxa de Aplicação de NH_3 com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico

O gráfico 171, relaciona duas variáveis importantes que são a percentagem de remoção de NH_3 (%) com o tempo de retenção celular aparente (d). No eixo das abscissas temos o tempo decorrido no experimento (d). Até aproximadamente o 150º dia o tempo de retenção celular aparente era elevado, em média de 12 d.

Para os dados com tempo de retenção celular aparente acima de 15 dias verificou-se que a remoção média percentual de NH_3 foi de 31%. Após o período de maturação do biofilme, mesmo com tempos de retenção celular aparente tão baixos quanto a 3 d a remoção média percentual de NH_3 foi de 76%. E como as dosagens de lodo de ETA foram aumentadas ao longo do tempo, também podemos afirmar que mesmo com altas concentrações de lodo de ETA não houve inibição do processo de nitrificação.

Gráfico 171 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de NH_3 , Tempo de Retenção Celular Aparente e Tempo de Maturação do Biofilme

A maturação do biofilme é melhor observada através do gráfico 172, onde relacionamos apenas o percentual de remoção de NH_3 com o tempo de retenção celular aparente. É fácil a visualização de que com maiores $\Theta_{c,apa}$ a percentagem de remoção não aumentou e que para $\Theta_{c,apa}$ entre 2 e 4 d a percentagem de remoção esteve acima de 60%.

Os dados deste gráfico devem ser avaliados com cautela, pois os testes foram feitos em ordem inversa, ou seja, quando o sistema operava com tempo de retenção celular aparente elevado o biofilme estava em formação ou maturação. Com o passar do tempo houve a maturação do biofilme e inversamente a redução no tempo de retenção celular aparente.

Portanto, podemos afirmar que com a maturação do biofilme aderido à mídia plástica o $\Theta_{c,apa}$ pode ser diminuído a valores entre 2 e 4 d e o processo de nitrificação se manterá desde que as outras condições operacionais sejam respeitadas, podendo atingir eficiências de remoção de NH_3 acima de 80%.

Gráfico 172 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de NH_3 com o Tempo de Retenção Celular Aparente

A concentração de oxigênio dissolvido é fundamental ao processo de nitrificação, conforme já demonstrado, a concentração na qual os testes ocorreram foi adequada para manter a remoção de nitrogênio.

Através do gráfico 173 demonstramos a correção entre a percentagem de remoção de NH_3 , a taxa de aplicação por m^2 de mídia plástica disponível e a concentração de oxigênio.

Para uma taxa de aplicação de NH_3 entre 1 a 3 $\text{gNH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$ e concentração de oxigênio dissolvido entre 2,5 a 3,5 mg/L , a percentagem de remoção de NH_3 média foi de 88%.

Gráfico 173 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de NH₃, Taxa de Aplicação de NH₃ e Concentração de Oxigênio Dissolvido

A estabilidade na remoção do nitrogênio foi obtida após a 20ª semana de operação do sistema, portanto consideraremos que após este período ocorreu a maturação do biofilme. A distribuição percentil está demonstrada no gráfico 174 e retrata esta constatação e as conclusões são:

- Até a 20ª semana, cerca de 12% dos dados não apresentaram remoção de nitrogênio amoniacal,
- Após a 20ª semana, 100% dos dados apresentaram alguma remoção de nitrogênio amoniacal,
- Até a 20ª semana, 45% dos dados apresentaram remoção de nitrogênio amoniacal acima de 40%
- Após a 20ª semana, 95% dos dados apresentaram remoção de nitrogênio amoniacal acima de 40%
- Até a 20ª semana, cerca de 10% dos dados apresentaram remoção de nitrogênio amoniacal acima de 80%
- Após a 20ª semana, cerca de 80% dos dados apresentaram remoção de nitrogênio amoniacal acima de 80%.

Gráfico 174 - Gráfico da Distribuição Percentil da Percentagem de Remoção de NH_3 Antes e Depois da Maturação do Biofilme Aderido à Midia Plástica

5.4.2.7. Remoção de Fósforo

5.4.2.7.1. Fósforo Total

Os dados de concentração de fósforo total tanto no afluente como no efluente estão apresentados na tabela 68.

A melhor avaliação destes dados é feita através do gráfico que os representa em conjunto, gráfico 175. Observam-se grandes picos de concentração no afluente que levam a uma variabilidade em todo o experimento de 70%, porém o efluente mostra-se mais estável. Mesmo assim o coeficiente de variação também é elevado na ordem de 40%.

Apesar da alta variação, tanto no afluente como efluente pode-se afirmar que houve interferência da adição de lodo de ETA na remoção de fósforo no reator biológico.

Tabela 68 - Dados de Fósforo Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA

	P - sem lodo ETA		P - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV		P - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú		P - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	25	25	23	23	7	7	3	3
Média ± dp	3,4 ± 2,3	3,5 ± 2,3	5,2 ± 3,8	3,2 ± 0,9	6,3 ± 6,7	2,7 ± 1,2	3,5 ± 1,7	2,0 ± 1,0
Mediana	3,6	3,5	4,4	2,9	3,8	2,7	2,5	1,5
Mínimo	0,2	0,4	2,2	1,5	2,6	1,4	2,5	1,2
Máximo	6,6	9,3	22,0	5,5	21,4	5,0	5,4	3,1
Coef. Var	69%	65%	73%	30%	107%	45%	48%	52%

	P - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú		P - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú		P - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú		
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
n	3	3	2	2	4	4	
Média ± dp	6,5 ± 2,8	4,5 ± 1,5	3,9 ± 0,9	2,3 ± 0,3	7,7 ± 8,2	2,7 ± 0,9	
Mediana	5,7	5,0	3,9	2,3	4,1	2,6	
Mínimo	4,2	2,8	3,3	2,1	2,7	1,7	
Máximo	9,6	5,7	4,5	2,6	20,1	3,9	
Coef. Var	43%	34%	22%	14%	106%	35%

Gráfico 175 - Dados Temporais da Concentração de Fósforo no Afluente e Efluente do Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

A observação da concentração média de fósforo no afluente e efluente em cada etapa do experimento demonstra que as oscilações nas taxas de remoção são causadas pela variação da concentração no esgoto afluente, conforme gráfico 176.

Gráfico 176 - Concentração Média de Fósforo no Afluente e Efluente do Reator Biológico em Cada Etapa do Experimento.

A análise dos dados da concentração de fósforo no esgoto afluente e no efluente tratado após o reator biológico, através do diagrama Box-Plot, gráficos 177 e 178, demonstra que as maiores variações ocorreram no esgoto afluente diante da amplitude da caixa que representa o 1º e 3º interquartílicos.

Gráfico 177 - Diagrama Box Plot para a Concentração de Fósforo no Afluente e Efluente Final do Reator Biológico até a Dosagem de Lodo de ETA de 50 mg/L

Gráfico 178 - Diagrama Box Plot para a Concentração de Fósforo no Afluente e Efluente Final do Reator Biológico com Dosagem de Lodo de ETA de 60 a 400 mg/L.

Quando se avaliam os índices de remoção de fósforo observa-se uma variabilidade muito grande, pois houve alteração na concentração de fósforo no esgoto afluente ao reator biológico, e estas oscilações devem-se ao próprio esgoto afluente visto que a remoção no decantador primário manteve-se estável.

O índice de remoção de fósforo no sistema biológico para o período sem adição de lodo de ETA ficou entre -330% a 89%, com média e mediada respectivamente de 24 e 38%. Enquanto nas etapas em que houve a adição de lodo de ETA a remoção média foi de 37% e a mediana de 40%.

A remoção de fósforo no reator biológico ao longo do tempo está demonstrada no gráfico 179.

Gráfico 179 - Remoção de Fósforo no Reator Biológico - com e sem Adição de Lodo de ETA

Ao avaliarmos os resultados médios de cada etapa do experimento com 30, 50, 60, 100, 200 e 400 mg de lodo por litro de esgotos comparada com a fase sem adição de lodo de ETA, verifica-se que há uma maior remoção com o aumento das dosagens de lodo de ETA, conforme pode ser observado no gráfico 180.

A exceção se faz quando foram dosados de 100 mg SST de lodo de ETA/L de esgotos, momento em que a remoção foi de apenas 27%. Mesmo com este baixo desempenho a remoção foi superior à observada quando não havia dosagem de lodo de ETA.

Gráfico 180 - Remoção Média de Fósforo em Cada Etapa do Experimento - com e sem Dosagem de Lodo de ETA

5.4.2.7.2. Fósforo Solúvel

Os dados de concentração de fósforo solúvel tanto no afluente como no efluente estão apresentados na tabela 69.

A melhor avaliação desses dados é feita através do gráfico 181 que os representa em conjunto. Observam-se grandes picos de concentração afluente que levam a uma variabilidade de 86% em todo o experimento. Entretanto o efluente mostra-se mais estável, assim o coeficiente de variação também é elevado na ordem de 36%.

Tabela 69 - Dados de Fósforo Solúvel Afluente e Efluente do Sistema Biológico – com e sem Lodo de ETA

	Psol - sem lodo ETA		Psol - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV		Psol - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú		Psol - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
n	13	20	23	23	7	7	3	3
Média ± dp	4,0 ± 2,6	2,5 ± 1,7	2,8 ± 3,1	2,3 ± 1,0	2,8 ± 3,6	1,9 ± 1,2	0,9 ± 0,5	1,0 ± 0,1
Mediana	3,5	2,2	2,1	2,1	1,8	1,8	1,1	0,9
Mínimo	0,5	0,3	0,9	1,0	0,6	0,8	0,3	0,9
Máximo	10,0	6,4	17,0	6,2	11,0	4,0	1,3	1,1
Coef. Var	65%	69%	111%	42%	129%	61%	60%	11%

	Psol - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú		Psol - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú		Psol - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú		
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
n	3	3	2	2	4	4	
Média ± dp	3,8 ± 2,3	3,1 ± 1,2	2,5 ± 0,8	1,8 ± 0,3	6,4 ± 9,6	2,3 ± 0,5	
Mediana	2,6	2,9	2,5	1,8	2,0	2,3	
Mínimo	2,3	2,1	2,0	1,6	0,9	1,8	
Máximo	6,5	4,3	3,1	2,0	20,9	3,0	
Coef. Var	61%	37%	31%	15%	150%	24%

Gráfico 181 - Dados Temporais da Concentração de Fósforo Solúvel no Afluente e Efluente do Reator Biológico, com e sem Adição de Lodo de ETA

A observação da concentração média de fósforo solúvel no afluente e efluente em cada etapa do experimento demonstra que as oscilações nas taxas de remoção são causadas pela variação da concentração no esgoto afluente, conforme gráfico 182.

Gráfico 182 - - Gráfico da Concentração Média de Fósforo Solúvel no Afluente e Efluente do Reator Biológico em Cada Etapa do Experimento.

A análise dos dados da concentração de fósforo solúvel no esgoto afluente e no efluente tratada após o reator biológico, através do diagrama Box-Plot, gráficos 183 e 184, demonstra que as maiores variações ocorreram no esgoto afluente diante da amplitude da caixa que representa o 1º e 3º interquartílicos.

Gráfico 183 Diagrama Box Plot para a Concentração de Fósforo Solúvel no Afluente e Efluente Final do Reator Biológico até Dosagem de Lodo de ETA de 50 mg/L.

Gráfico 184 - Diagrama Box Plot para a Concentração de Fósforo Solúvel no Afluente e Efluente Final do Reator Biológico com Dosagem de Lodo de ETA de 60 a 400 mg/L.

A remoção de fósforo solúvel no sistema biológico utilizando a mídia plástica como meio suporte só pode ser avaliada considerando as médias obtidas em cada etapa do experimento, que são demonstradas no gráfico 185. Somente nas dosagens de 100 e 200 mg de Lodo/L de esgoto é que se obteve alguma remoção, nas demais etapas a remoção foi nula.

Gráfico 185 - Remoção Média de Fósforo Solúvel em Cada Etapa do Experimento - com e sem Dosagem de Lodo de ETA

5.4.2.8. Cargas de Fósforo Aplicadas e Removidas

5.4.2.8.1. Carga de Fósforo Total

A carga de fósforo aplicada à mídia plástica é definida como:

$$(qP)_{\text{reatB}} = P_a \times Q_a / S$$

Onde:

$(qP)_{\text{reatB}}$ = carga de P aplicada ao reator biológico (gP/m²/dia)

P_{afi} = Concentração da P afluyente (g/L)

Q_a = Vazão afluyente (L/d)

S = área superficial da mídia plástica (m²)

Para todo o período do experimento a carga de fósforo aplicada ao reator biológico ficou entre 0,01 a 1,0 gP/m²/dia, com média e mediana de 0,26 e 0,18 gP/m²/dia respectivamente.

Através do gráfico 186 demonstra-se os dados médios semanais para a carga aplicada superficial de fósforo ao reator biológico.

Na fase sem adição de lodo de ETA a carga aplicada de fósforo foi em média de 0,31 gP/m²/dia com desvio padrão de 0,22 gP/m²/dia, considerando estes dados como referência e avaliando-se as demais etapas, verifica-se que cerca de 95% dos dados estão na mesma faixa de observada sem adição de lodo de ETA e somente 5% acima, portanto podem ser comparados de forma direta.

Os dados de distribuição de percentil estão apresentados no gráfico 187.

Gráfico 186 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial de Fósforo
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

Gráfico 187 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de Fósforo - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.

A taxa de remoção superficial de fósforo por metro quadro por dia ($\text{gP/m}^2/\text{dia}$) na fase sem dosagem de lodo de ETA e início da maturação do biofilme, foi em média de $0,14 \text{ gP/m}^2/\text{dia}$ com desvio padrão de $0,19 \text{ gP/m}^2/\text{dia}$ (variação de 136%) enquanto que nas etapas posteriores a taxa de remoção média foi de $0,10 \text{ gP/m}^2/\text{dia}$ com desvio padrão de $0,18 \text{ gP/m}^2/\text{dia}$ (variação de 176%), demonstrando que não houve influência da maturação do biofilme aderido à mídia plástica na remoção de fósforo, como ocorreu com a remoção de nitrogênio.

A demonstração da carga removida está demonstrada através do gráfico 188.

Gráfico 188 - Dados Temporais Semanais para a Carga Removida Superficial de Fósforo
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

Os dados da correlação entre a taxa de aplicação superficial de fósforo com a taxa de remoção, além da percentagem de remoção e o respectivo tempo de retenção celular aparente estão demonstrados na tabela 70. Através do gráfico 189, conclui-se que a relação taxa de aplicação com a taxa de remoção de fósforo tende a ser linear.

Portanto, havendo maiores dosagens de fósforo por m^2 de reator biológico utilizando a mídia plástica como meio suporte a remoção será proporcional e não é afetada pelo tempo de retenção celular aparente (Θ_{c_apa}).

Tabela 70 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de P, Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de P no Sistema Biológico

	Tx aplicação de P	Tx remoção de P	Tempo de retenção celular aparente	rem. de P
Semana	gP/m ² /dia	gP/m ² /dia	d	%
1	0,1	(0,05)	30,0	-37%
2	0,2	0,17	12,0	89%
3	0,2	0,09	9,3	-70%
4	0,2	0,17	2,7	81%
5	0,2	0,20	3,3	79%
6	0,1	0,08	3,1	70%
7	0,2	0,09	19,5	49%
8	0,4	0,09	12,9	16%
9	0,5	0,28	8,2	60%
10	0,6	0,42	17,3	35%
11	0,4	0,19	18,4	50%
12	0,3	0,02	8,3	6%
13	0,3	0,07	10,0	24%
14	0,5	0,13	16,7	28%

Continua

	Tx aplicação de P	Tx remoção de P	Tempo de retenção celular aparente	rem. de P
15	0,7	0,42	1,8	58%
17	0,3	0,12	5,2	38%
18	0,2	0,08	7,0	37%
19	0,3	0,12	14,1	36%
20	0,2	(0,04)	2,8	-23%
21	1,0	0,78	12,3	75%
22	0,2	0,03	13,8	14%
23	0,3	0,01	16,3	3%
24	0,3	0,08	3,0	28%
25	0,2	0,07	14,4	35%
26	0,2	0,05	2,6	24%
28	0,1	0,01	3,3	0%
29	0,2	0,05	3,0	30%
30	0,2	0,07		37%
31	0,2	0,06	3,4	35%
32	0,1	0,04		27%
33	0,1	(0,01)	14,3	-13%
34	0,2	0,02	3,7	13%
35	0,2	0,07	3,0	39%
36	0,2	0,07	3,2	38%
37	0,2	0,06		35%
38	0,2	0,11	3,7	52%
39	0,2	0,11	3,6	52%
40	0,2	0,17	3,5	74%
41	0,2	(0,04)	3,5	-21%
42	0,2	0,09	3,2	45%
43	0,9	0,76	3,6	88%
46	0,1	0,04	3,1	27%
48	0,1	0,02	4,0	13%
50	0,1	0,07	8,5	55%
52	0,1	0,05	3,5	47%
55	0,2	0,09	3,6	42%
57	0,1	0,05	3,5	52%
60	0,1	0,04	3,2	38%
62	0,4	0,18	3,5	48%
64	0,2	0,00	3,0	1%
66	0,2	0,05	2,8	33%
68	0,1	0,05	3,1	37%
70	0,2	0,08	2,9	43%
73	0,1	0,02	3,1	16%
75	0,2	0,06	3,3	33%
77	0,8	0,66	2,8	81%
79	0,2	0,09	3,2	57%

Gráfico 189 – Correlação entre a Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de Fósforo e Tempo de Retenção Celular Aparente

Os mesmos dados das taxas de aplicação superficial foram agora correlacionados com a percentagem de remoção de fósforo. Para esta avaliação não se observa a mesma tendência de correlação linear observada entre as taxas de aplicação e remoção, conforme gráfico 190. Nesta figura é possível destacar que o maior número de dados está entre as taxas de aplicação de 0,10 a 0,25 gP/m2/d. Nesta faixa verifica-se que:

- 90% dos dados tiveram alguma remoção de fósforo,
- 5% dos dados tiveram remoção de fósforo entre 0 a 10%,
- 10% dos dados apresentaram remoção entre 10% a 20%,
- 35% dos dados apresentaram remoção entre 20% a 40%,
- 40% dos dados apresentaram remoção entre 40% a 85%.

A remoção de fósforo na Estação de Tratamento de Esgotos de Barueri em 2006 foi em média de 46% com mediana de 49% e podemos detalhar da seguinte maneira:

- 100% dos dados tiveram alguma remoção de fósforo,
- Todos os dados tiveram remoção de fósforo acima de 10%,
- 5% dos dados apresentaram remoção entre 10% a 20%,
- 25% dos dados apresentaram remoção entre 20% a 40%,
- 70% dos dados apresentaram remoção entre 40% a 80%.

Havendo a comparação em porcentagem não foi possível determinar se a operação de um sistema utilizando mídia plástica com meio suporte de crescimento biológico e a adição de lodo de ETA no sistema biológico contribuem para o aumento da remoção deste elemento. Contudo é fundamental reportar que a remoção de um elemento está diretamente relacionada à concentração afluenta deste e neste experimento houve uma remoção mais acentuada de fósforo no próprio decantador primário, como demonstrado no capítulo específico.

As concentrações média e mediana de fósforo no efluente final do reator piloto para a faixa de taxas de aplicação entre 0,10 a 0,25 gP/m²/d foram de 2,63 e 2,74 mg/L, respectivamente.

No sistema biológico da ETE Barueri as concentrações média e mediana de fósforo no efluente final foram de 3,39 e 3,33, respectivamente.

A comparação entre esses dados demonstra uma redução de fósforo em torno de 20%.

Gráfico 190 – Correlação entre a Taxa de Aplicação de Fósforo com a Porcentagem de Remoção no Reator Biológico

O gráfico 191, relaciona duas variáveis importantes que são a porcentagem de remoção de fósforo (%) e o tempo de retenção celular aparente (d). No eixo das abscissas temos o tempo decorrido no experimento que também está com a unidade “dia – d”. Até aproximadamente o 150º dia o tempo médio de retenção celular aparente era de 11,5 d.

Os dados demonstram que a remoção de fósforo não é afetada pelo tempo de retenção celular aparente.

Gráfico 191 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de Fósforo, Tempo de Retenção Celular Aparente e Tempo de Maturação do Biofilme

A maturação do biofilme ocasionou para a nitrificação uma melhora significativa, sendo que o mesmo não ocorreu para o processo de remoção de fósforo.

No gráfico 192, relacionamos o percentual de remoção de fósforo com o tempo de retenção celular aparente, os pontos que estão em azul representam todos os dados do experimento, enquanto os pontos em vermelho representam os dados de remoção de fósforo após a 20ª semana de operação, tempo que consideramos que o biofilme estava bem formado. Constata-se assim que não houve alteração na remoção de fósforo com a maturação do biofilme.

Gráfico 192 - Correlação entre a Porcentagem de Remoção de Fósforo com o Tempo de Retenção Celular Aparente

Explicação 1 - Dados em Azul= Todos os dados do experimento; Dados em Vermelho dados de remoção após a maturação do biofilme

Através do gráfico 193 demonstramos a correção entre a percentagem de remoção de fósforo, a taxa de aplicação por m^2 de mídia plástica disponível e a concentração de oxigênio.

Para uma taxa de aplicação de fósforo entre 0,1 a 0,3 $\text{gP/m}^2/\text{dia}$ e concentração de oxigênio dissolvido entre 2,5 a 6,5 mg/L , a percentagem de remoção de fósforo é praticamente a mesma, demonstrando que a concentração de oxigênio não foi fator limitante ou catalisador do processo.

Gráfico 193 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de Fósforo, Taxa de Aplicação de Fósforo e Concentração de Oxigênio Dissolvido

5.4.2.8.2. Carga de Fósforo Solúvel

A carga de fósforo solúvel aplicada à mídia plástica é definida como:

$$(qP_{sol})_{reatB} = P_{sol_a} \times Q_a / S$$

Onde:

$(qP_{sol})_{reatB}$ = carga de P solúvel aplicada ao reator biológico (gPsol/m²/dia)

$P_{sol_{afl}}$ = Concentração de P solúvel afluyente (g/L)

Q_a = Vazão afluyente (L/d)

S = Área superficial da mídia plástica (m²)

Para todo o período do experimento a carga de fósforo solúvel aplicada ao reator biológico ficou entre 0,01 a 0,85 gPsol/m²/dia, com média e mediana de 0,14 e 0,09 gPsol/m²/dia respectivamente.

O gráfico 194 demonstra os dados médios semanais para a carga aplicada superficial de fósforo solúvel ao reator biológico.

Na fase sem adição de lodo de ETA a carga aplicada de fósforo solúvel foi em média de 0,19 gPsol/m²/dia com desvio padrão de 0,12 gPsol/m²/dia. Considerando estes dados como referência e avaliando as demais etapas verifica-se que cerca de 70% dos dados estão na mesma faixa observada sem adição de lodo de ETA, 20% dos dados estão abaixo desta faixa e somente 10% acima, assim podemos considerar que a dosagem foi bem estável em todas as etapas do experimento.

Os dados de distribuição de percentil estão apresentados no gráfico 195.

Gráfico 194 - Dados Temporais Semanais para a Carga Aplicada Superficial de Fósforo Solúvel
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

Gráfico 195 - Gráfico da Distribuição Percentil das Taxas de Aplicação Superficial de Fósforo Solúvel - com e sem Dosagem de Lodo de ETA.

A taxa de remoção superficial de fósforo solúvel por metro quadrado por dia ($\text{gPsol/m}^2/\text{dia}$) na fase sem dosagem de lodo de ETA e início da maturação do biofilme, foi em média de $0,04 \text{ gPsol/m}^2/\text{dia}$ com desvio padrão de $0,10 \text{ gPsol/m}^2/\text{dia}$ (variação de 269%) enquanto que nas etapas posteriores a taxa de remoção média foi de $0,04 \text{ gPsol/m}^2/\text{dia}$ com desvio padrão de $0,15 \text{ gPsol/m}^2/\text{dia}$ (variação de 414%). Assim, conclui-se que não houve aumento ou redução na remoção de fósforo solúvel, porém devido a processos bioquímicos houve a alteração na concentração e na assimilação deste macronutriente. O indício mais proeminente é a própria variação ocorrida após a adição de lodo de ETA.

A carga removida está demonstrada através do gráfico 196.

Gráfico 196 - Dados Temporais Semanais para a Carga Removida Superficial de Fósforo Solúvel

a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = dados após a dosagem de lodo de ETA

Calculou-se a correlação da taxa de aplicação superficial de Psol com sua respectiva taxa de remoção, dados estes apresentados na tabela 71, conjuntamente com dados de porcentagem de remoção e o tempo de retenção celular aparente. Demonstra-se através do gráfico 197 que há correlação linear entre as variáveis.

Portanto, havendo maiores dosagens de fósforo solúvel por m² de reator biológico utilizando a mídia plástica como meio suporte, a remoção será proporcional e não é afetada pelo tempo de retenção celular aparente (Θ_{c_apa}).

Tabela 71 - Dados da Taxa de Aplicação Superficial, Taxa de Remoção de Psol, Tempo de Retenção Celular Aparente e Remoção de Psol no Sistema Biológico

	Tx aplicação de Psol	Tx remoção de Psol	Tempo de retenção celular aparente	rem. de Psol
Semana	gPsol/m²/dia	gPsol/m²/dia	d	%
9	0,04	0,02	8,2	60%
10	0,07	(0,02)	17,3	-132%
11	0,30	0,20	18,4	65%
12	0,29	(0,02)	8,3	-6%
13	0,17	0,00	10,0	0%
14	0,25	(0,02)	16,7	-8%
15	0,49	0,31	1,8	64%
17	0,12	(0,01)	5,2	-11%
18	0,11	-	7,0	0%
19	0,17	(0,01)	14,1	-7%
20	0,26	0,07	2,8	28%
21	0,80	0,51	12,3	64%
22	0,11	(0,04)	13,8	-32%
23	0,09	(0,11)	16,3	-128%
24	0,11	0,01	3,0	11%

Continua

	Tx aplicação de Psol	Tx remoção de Psol	Tempo de retenção celular aparente	rem. de Psol
25	0,11	0,02	14,4	14%
26	0,08	(0,00)	2,6	-3%
28	0,07	(0,01)	3,3	-31%
29	0,07	(0,01)	3,0	-8%
30	0,09	0,00		4%
31	0,09	0,00	3,4	5%
32	0,07	(0,01)		-21%
33	0,08	0,00	14,3	3%
34	0,08	(0,01)	3,7	-17%
35	0,08	(0,01)	3,0	-7%
36	0,04	(0,00)	3,2	-11%
37	0,08	(0,00)		-6%
38	0,13	0,05	3,7	36%
39	0,11	0,03	3,6	24%
40	0,15	0,11	3,5	74%
41	0,08	(0,09)	3,5	-117%
42	0,09	0,02	3,2	26%
43	0,45	0,36	3,6	82%
46	0,02	(0,01)	3,1	-32%
48	0,07	(0,03)	4,0	-46%
50	0,04	0,01	8,5	25%
52	0,04	(0,00)	3,5	-11%
55	0,01	(0,03)	3,6	-293%
57	0,04	0,01	3,5	17%
60	0,05	0,01	3,2	26%
62	0,26	0,09	3,5	34%
64	0,09	(0,02)	3,0	-26%
66	0,10	0,02	2,8	21%
68	0,08	(0,00)	3,1	-2%
70	0,12	0,06	2,9	47%
73	0,03	(0,08)	3,1	-249%
75	0,06	(0,02)	3,3	-36%
77	0,85	0,75	2,8	88%
79	0,10	0,03	3,2	26%

Gráfico 197 – Correlação entre a Taxa de Aplicação Superficial e Taxa de Remoção de Fósforo Solúvel

Os mesmos dados das taxas de aplicação superficial foram agora correlacionados com a percentagem de remoção de fósforo solúvel. Para esta avaliação não se observa a mesma tendência de correlação linear verificada entre as taxas de aplicação e remoção, conforme gráfico 198.

Através do gráfico 199 que demonstra as concentrações e remoções médias de cada etapa do experimento, podemos visualizar que a pouca remoção ocorreu quando houve a dosagem de 100 e 200 mg SST de lodo de ETA/L.

A baixa remoção de fósforo solúvel é um indicativo que o sistema foi capaz de solubilizar o fósforo total disponível, o que é um processo desejável. Um dos objetivos do presente estudo era avaliar se a maior remoção de fósforo no sistema devido à aplicação de lodo de ETA não inviabilizaria o sistema biológico.

No capítulo onde foram demonstrados os dados de concentrações de fósforo solúvel verificou-se que houve grande variação na concentração de fósforo solúvel no esgoto afluente, porém na etapa em que se dosavam 100 mg SST de lodo de ETA/L a concentração afluente era similar à fase sem dosagem de lodo de ETA, aproximadamente 4,0 mgPsol/L. Para estas mesmas etapas do experimento a concentração de fósforo solúvel no efluente esteve em 2,5 e 3,1 mg/L respectivamente para fase sem dosagem e etapa com dosagem de 100 mg de lodo de ETA por litro. Portanto, comprova-se a solubilização do fósforo dando condições para que o processo bioquímico possa ocorrer normalmente.

Gráfico 198 – Correlação entre a Taxa de Aplicação de Fósforo Solúvel com a Percentagem de Remoção no Reator Biológico

Gráfico 199 - Taxas Médias de Aplicação e Remoção de Fósforo Solúvel e a Respectiva Percentagem de Remoção.

No gráfico 200, relacionou-se duas variáveis importantes que é a percentagem de remoção de fósforo solúvel (%) com o tempo de retenção celular aparente (d). No eixo das abscissas temos o tempo decorrido no experimento que também está com a unidade “dia – d”. Até aproximadamente o 150º dia o tempo médio de retenção celular aparente era de 11,5 d.

Os dados demonstram que a remoção de fósforo solúvel não é afetada pelo tempo de retenção celular aparente.

Gráfico 200 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de Fósforo solúvel, Tempo de Retenção Celular Aparente e Tempo de Maturação do Biofilme

Conforme já descrito, a maturação do biofilme trouxe para o processo de nitrificação melhora significativa o mesmo não ocorrendo para o processo de remoção de fósforo solúvel.

No gráfico 201, relacionamos o percentual de remoção de fósforo solúvel com o tempo de retenção celular aparente. Os pontos que estão em azul representam todos os dados do experimento, enquanto os pontos em vermelho representam os dados de remoção de fósforo solúvel após a 20ª semana de operação, tempo que consideramos que o biofilme estava bem formado. Constata-se assim que não houve alteração na remoção de fósforo solúvel com a maturação do biofilme.

Gráfico 201 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de Fósforo Solúvel com o Tempo de Retenção Celular Aparente

Explicação 2 - Dados em Azul= Todos os dados do experimento; Dados em Vermelho dados de remoção após a maturação do biofilme

Através do gráfico 202 demonstramos a correção entre a percentagem de remoção de fósforo solúvel, a taxa de aplicação por m^2 de mídia plástica disponível e a concentração de oxigênio.

Para uma taxa de aplicação de fósforo solúvel entre 0,55 a 0,70 $gP/m^2/dia$ e concentração de oxigênio dissolvido entre 2,5 a 6,5 mg/L a percentagem de remoção de fósforo é praticamente a mesma, demonstrando que a concentração de oxigênio não foi fator limitante ou catalisador do processo.

Gráfico 202 - Correlação entre a Percentagem de Remoção de Fósforo Solúvel, Taxa de Aplicação de Fósforo Solúvel e Concentração de Oxigênio Dissolvido

5.4.3. Produção de Lodo – Sólidos Suspensos Voláteis - SSV

Os sólidos totais produzidos foram considerados aqueles que saem do sistema por perda junto com o efluente final e pelo descarte de lodo em excesso.

A síntese dos dados está apresentada na tabela 72 e no gráfico 203.

Tabela 72 - Índice de Produção de Lodo - com e sem Lodo de ETA

	Prod Lodo - sem lodo ETA	Prod Lodo - Adição 30 mg/L de lodo ETA ABV	Prod Lodo - Adição 50 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 20 mg/L da ETA Guaraú	Prod Lodo - Adição 60 mg/L de lodo ETA, 30 mg/L da ETA ABV e 30 mg/L da ETA Guaraú	Prod Lodo - Adição 100 mg/L de lodo ETA, 50 mg/L da ETA ABV e 50 mg/L da ETA Guaraú	Prod Lodo - Adição 200 mg/L de lodo ETA, 100 mg/L da ETA ABV e 100 mg/L da ETA Guaraú	Prod Lodo - Adição 400 mg/L de lodo ETA, 200 mg/L da ETA ABV e 200 mg/L da ETA Guaraú
	mg SSV/ g DQO rem	mg SSV/ g DQO rem	mg SSV/ g DQO rem	mg SSV/ g DQO rem	mg SSV/ g DQO rem	mg SSV/ g DQO rem	mg SSV/ g DQO REM
n	20	18	7	3	3	2	4
Média ± dp	0,19 ± 0,16	0,09 ± 0,07	0,07 ± 0,05	0,08 ± 0,02	0,08 ± 0,04	0,08 ± 0,02	0,11 ± 0,02
Median a	0,11	0,08	0,06	0,07	0,09	0,08	0,11
Mínimo	0,05	0,02	0,03	0,06	0,04	0,07	0,08
Máxim o	0,55	0,32	0,18	0,10	0,11	0,09	0,13
Coef. Var	84%	77%	71%	32%	47%	20%	23%

Gráfico 203 – Índice de Produção de Lodo
a = Dados antes da dosagem de lodo de ETA; b = Dados após a dosagem de lodo de ETA

Observa-se que na fase sem dosagem de lodo de ETA houve uma dispersão bastante elevada com um coeficiente de variação de 84%, sendo que a média foi de 0,19 e a mediana de 0,11 g SSV/ g DQO removida. Esta dispersão está representada no gráfico 203.

Quando se considera apenas a taxa média de produção de lodo na fase em que não houve a adição de lodo de ETA, sem considerar a questão da maturação do biofilme, constatamos que a taxa obtida de 0,19 g SSV/g DQO removida é muito próxima à encontrada por ASADA (2007) que foi de 0,25⁴ g SSV/g DQO removida, quando o sistema foi operado sem adição de lodo de ETA.

Nas demais etapas do experimento a produção de lodo caiu em média 57%. Uma explicação para que isto ocorra é a fixação da biomassa na mídia plástica, o que também ajuda a explicar a grande variação constatada na 1ª etapa. Como já explanado em capítulos anteriores considerou-se que o biofilme esteve bem formado após a 20ª semana, portanto a fase sem dosagem de lodo de ETA esteve entre a produção de lodo “normal” e a produção de lodo já com o biofilme formado.

Assim a inferência de que a redução na produção do lodo é inversamente proporcional à maturação do biofilme pode ser considerada como válida.

⁴ Calculou-se o valor com base nos dados disponibilizados no Anexo 2, visto que a pesquisadora expressou as taxas de produção de lodo em $DBO_{5,20}$ removida.

Na etapa final houve outra alteração significativa no sistema, o que nos leva a considerar que deve ter havido toxicidade do biofilme.

A partir da avaliação do gráfico 204 que apresenta as taxas de produção média em cada etapa do experimento é mais fácil esta constatação.

Gráfico 204 – Índice Médio de Produção de Lodo em cada Etapa do Experimento

5.5. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE METANOGÊNICA ESPECÍFICA – AME

Para avaliar os possíveis efeitos de lodo de ETA na digestão anaeróbia do lodo, foi realizado o teste de atividade metanogênica específica.

Considerando:

- Que a quantidade de lodo proveniente da ETA ABV é de 30 toneladas por dia, vide tabela 16;
- Que o volume total dos digestores anaeróbios da ETE Barueri é de 80.000 m³;
- Que a alimentação dos digestores anaeróbios da ETE Barueri, tem a seguinte composição:
 - Lodo primário será de 136 toneladas de ST por dia;
 - Lodo secundário será de 188 toneladas de ST por dia;

Utilizou-se neste experimento lodo proveniente da ETA ABV, cujos volumes são equivalentes à recepção de 100% e 200% do lodo da ETA diretamente na digestão anaeróbia, portanto consideramos a recepção de 30 e 60 toneladas de lodo de ETA por dia, que equivale a 10% e 20% do volume de alimentação dos digestores.

Assim nesta condição avaliou-se a situação mais crítica do recebimento de lodo de ETA.

Os testes foram feitos em duplicata e consistiram em:

- Amostra “Branco” – Frascos com lodo digerido, lodo secundário flotado e lodo primário adensado.
- Amostra 0,4 g de ST de Lodo de ETA – Frascos com lodo digerido, lodo secundário flotado, lodo primário adensado e lodo da ETA ABV equivalente à proporção de 0,4 g de ST
- Amostra 0,8 g de ST de Lodo de ETA – Frascos com lodo digerido, lodo secundário flotado, lodo primário adensado e lodo da ETA ABV equivalente à proporção de 0,8 g de ST

5.5.1. ATIVIDADE METANOGÊNICA ESPECÍFICA PARA LODOS ADENSADO E FLOTADO – AMOSTRA BRANCO

A concentração de sólidos voláteis incubada para a amostra “Branco” foi de 18,07 g SV/L. O detalhamento das concentrações está demonstrado através da tabela 73.

O teste em branco teve como base a seguinte proporcionalidade:

- Nos digestores da ETE Barueri temos 80.000 m³ e 2.787 toneladas de lodo digerido. Que volumetricamente equivale à 88% em relação a alimentação de lodo primário e secundário;
- No frasco de incubação, vide figura 28, adicionou-se:
 - 265 ml de lodo digerido = 9,2 gramas;
 - 15 ml de lodo primário = 0,62 gramas;

- 20 ml de lodo secundário = 0,35 gramas.
- 27 ml de água destilada, equivalente ao volume de lodo de ETA.

Assim o volume total dentro do frasco de incubação para a “prova em branco” foi de 0,327 L.

Figura 28 - Frascos de incubação para o teste de Atividade Metanogênica Específica

Tabela 73 - Concentração de Sólidos Totais, Voláteis e Fixos na Amostra "Branco", sem Lodo de ETA Utilizado na Determinação da AME

Lodos usados	Valores antes da incubação			
	Sólidos (mg/L)			DQO (mgO ₂ /L)
	ST	SV	SF	
Lodo digerido	34846	17320	17526	26982
Lodo adensado	41166	24062	17104	45938
Lodo flotado	17444	12830	4614	37618
	31,15	18,07	g SV/L	

Os dados da determinação da concentração de gás metano (mmol) e a sua conversão em g de DQO estão apresentados nas tabelas 74 e 75.

Todos os dados utilizados para compor a síntese das tabelas e gráficos deste capítulo estão apresentados nos anexos.

Tabela 74 - Concentração de Gás Metano (mmol) e o seu Equivalente em g de DQO para Amostra "Branco 1"

Frasco1	Amostra "Branco" = Lodo digerido + lodo flotado + lodo adensado		
Data	Tempo de ensaio (h)	[CH4] acumulada mmol	DQO_CH4 g DQO CH4
02/05/06	0	0,03140578	0,001777312
03/05/06	24	24,85629937	1,406660692
04/05/06	72	95,13110765	5,380436123
05/05/06	96	730,0409221	41,29890583
08/05/06	168	814,2518575	45,97037028
09/05/06	192	704,6777139	39,66451827
10/05/06	216	556,3724599	31,18118167
11/05/06	240	464,4367912	25,90725398
12/05/06	264	406,2460752	22,55504496
15/05/06	336	301,775264	16,59140369
16/05/06	360	272,5283137	14,89842357
17/05/06	384	250,6945123	13,62882869
18/05/06	408	232,6340057	12,57566724
19/05/06	432	209,1619804	11,21865972
22/05/06	508	161,7859464	8,511974321
23/05/06	532	154,0888564	8,056968171
24/05/06	556	141,3978284	7,320383416
19/06/06	1180	39,28613158	1,52499471

Tabela 75 - Concentração de Gás Metano (mmol) e o seu Equivalente em g de DQO para Amostra "Branco 2"

Frasco2	Amostra "Branco" = Lodo digerido + lodo flotado + lodo adensado		
Data	Tempo de ensaio (h)	[CH4] acumulada mmol	DQO_CH4 g DQO CH4
02/05/06	0	0,028426077	0,0016083
03/05/06	24	30,74683481	1,73960429
04/05/06	72	157,1897106	8,893529904
05/05/06	96	517,9898319	29,30699499
08/05/06	168	689,9021618	39,03350598
09/05/06	192	592,8898	33,54470943
10/05/06	216	495,9701493	28,06115832
11/05/06	240	390,439847	22,090431
12/05/06	264	338,5790729	19,15623548
15/05/06	336	247,3231153	13,99312662
16/05/06	360	236,4329882	13,3769815

Continua

Frasco2	Amostra “Branco” = Lodo digerido + lodo flotado + lodo adensado		
Data	Tempo de ensaio (h)	[CH₄] acumulada mmol	DQO_CH₄ g DQO CH₄
17/01/00	384	212,7211385	12,03540486
18/01/00	408	180,2486383	10,19816532
19/05/06	432	162,9641643	9,220238805
22/05/06	508	132,1469181	7,476650753
23/05/06	532	124,7434438	7,057774607
24/05/06	556	116,9053952	6,614310976
19/06/06	1180	38,16625753	2,15938277

Os dados das tabelas acima foram representados no gráfico 205, no qual se demonstra o comportamento da produção de gás metano sem a adição de lodo de ETA. Observa-se que após 168 horas do início do teste há queda constante da quantidade de gás metano presente na amostra. Queda relacionada a própria retirada do biogás para análise.

Gráfico 205 - Atividade Metanogênica Específica - Amostras dos Brancos (sem lodo de ETA)

Para determinação da atividade metanogênica específica, os dados que representam a melhor reta foram determinados e a equação da reta estabelecida. Os dados para o “branco 1” e “branco 2” estão demonstrados através dos gráficos 206 e 207.

Gráfico 206 - Atividade Metanogênica Específica para Amostra "Branco 1" (sem lodo de ETA)

Gráfico 207 - Atividade Metanogênica Específica para Amostra "Branco 2" (sem lodo de ETA)

Através do coeficiente angular de cada reta obtida temos a atividade metanogênica, que dividida pela concentração de sólidos voláteis adicionada no frasco-reator obtemos a atividade metanogênica específica.

Os dados estão demonstrados através da tabela 76.

Tabela 76 - Determinação da Atividade Metanogênica Específica para Amostra "Branco" (sem Lodo de ETA)

	Equação da reta g DQO_CH4/L.h	Equação da reta g DQO_CH4/L.d	Conc de SV g SV/L	AME g DQO_CH4/g SV
Amostra Branco 1	0,31	7,41	18,07	0,4101
Amostra Branco 2	0,25	6,06	18,07	0,3356
Valor médio				0,3729

No atual experimento a atividade metanogênica específica determinada através do monitoramento da concentração de metano através de análises cromatográficas está 65% superior ao determinado por IMBIMBO, et al. (2002).

Esta divergência pode ser explicada por dois motivos principais:

- Em 2002 a digestão anaeróbia da ETE Barueri poderia estar com atividade metanogênica comprometida ou o sistema estar se adaptando às condições operacionais.
- Os métodos utilizados para determinação deste parâmetro são completamente diferentes.

Assim, os resultados entre determinações diferentes não podem ser utilizados para determinação de inibição ou toxicidade do sistema, o ideal é a comparação nas condições de teste entre amostras.

5.5.2. ATIVIDADE METANOGENICA ESPECIFICA PARA ADIÇÃO DE 0,4 g DE ST DE LODO DA ETA ABV

A concentração de sólidos voláteis que foi incubada para a amostra contendo 0,4 g de lodo de ETA ABV foi de 17,11 g SV/L. O detalhamento das concentrações está demonstrado através da tabela 77.

O teste com 0,4 g de lodo de ETA ABV teve como base a seguinte proporcionalidade:

- Nos digestores da ETE Barueri temos 80.000 m³ e 2.787 toneladas de lodo digerido. Que volumetricamente equivale à 88% em relação a alimentação de lodo primário e secundário;
- No frasco de incubação, vide figura 28, adicionou-se:
 - 262 ml de lodo digerido = 9,13 gramas de ST e 4,54 gramas de SV;
 - 15 ml de lodo primário = 0,62 gramas de ST e 0,36 gramas de SV;
 - 20 ml de lodo secundário = 0,35 gramas de ST e 0,26 gramas de SV.

- Alimentação total de lodo primário e lodo secundário = 0,97 gramas de ST.
Considerando adicionar 10% de lodo de ETA ABV = 0,097 g ST de lodo de ETA.
 - 6 ml de lodo de ETA ABV = 0,095 g de ST e 0,029 g de SV.
- Volume total = 0,303 L
- Quantidade total de lodo = 10,191 g de ST = 5,184 g SV

Tabela 77 - Concentração de Sólidos Totais, Voláteis e Fixos nas Amostras contendo 0,4 g ST de Lodo de ETA utilizado na Determinação da Atividade Metanogênica Específica

Lodos usados	Sólidos (mg/L)			DQO (mgO ₂ /L)		Cargas (gramas)		
	ST	SV	SF			ml	g (ST)	g (SV)
Lodo digerido	34846	17320	17526	26982	262	9,13	4,54	4,59
Lodo adensado	41166	24062	17104	45938	15	0,62	0,36	0,26
Lodo flotado	17444	12830	4614	37618	20	0,35	0,26	0,09
Lodo de ETA	15812	4818	10994	4160	6	0,09	0,03	0,07
Soma					303	10,19	5,18	5,01
Conc. Final (g/L)						33,63	17,11	16,52

Os dados da determinação da concentração de gás metano (mmol) e a sua conversão em g de DQO estão apresentados nas tabelas 78 e 79.

Tabela 78 - Concentração de Gás Metano (mmol) e o seu Equivalente em g de DQO para Amostra 1 – 0,4 g de ST de Lodo de ETA.

Frasco1	Amostra 1 = Lodo digerido + lodo flotado + lodo adensado + 0,4 g de ST		
Data	Tempo de ensaio (h)	[CH₄] acumulada mmol	DQO_CH₄ g DQO CH₄
02/05/06	0	0,029226872	0,001653722
03/05/06	24	19,22632109	1,087864205
04/05/06	72	86,55836132	4,894995594
05/05/06	96	199,4468517	11,27048256
08/05/06	168	628,9884525	35,54728622
09/05/06	192	607,5337298	34,24621285
10/05/06	216	532,5647941	29,92037419
11/05/06	240	433,0207139	24,21462038
12/05/06	264	316,0221477	17,53523604
15/05/06	336	233,3648131	12,81532483
16/05/06	360	213,6921294	11,67079335
17/05/06	384	204,2282566	11,10670417
18/05/06	408	186,915681	10,09990026

Continua

Frasco1	Amostra 1 = Lodo digerido + lodo flotado + lodo adensado + 0,4 g de ST		
Data	Tempo de ensaio (h)	[CH4] acumulada mmol	DQO_CH4 g DQO CH4
19/05/06	432	168,4846797	9,032280752
22/05/06	508	132,0790924	6,950235405
23/05/06	532	117,8038911	6,125479359
24/05/06	556	109,3283011	5,630899559
19/06/06	1180	37,18962994	1,535332296

Tabela 79 - Concentração de Gás Metano (mmol) e o seu Equivalente em g de DQO para Amostra 2 – 0,4 g de ST de Lodo de ETA.

Frasco2	Amostra 2 = Lodo digerido + lodo flotado + lodo adensado + 0,4 g de ST		
Data	Tempo de ensaio (h)	[CH4] acumulada mmol	DQO_CH4 g DQO CH4
02/05/06	0	0,028761294	0,001627314
03/05/06	24	76,25488401	4,314500333
04/05/06	72	508,6037438	28,77679313
05/05/06	96	685,917154	38,80918354
08/05/06	168	901,0838172	50,98331051
09/05/06	192	643,6194252	36,4159786
10/05/06	216	529,9600396	29,98513206
11/05/06	240	411,7437855	23,29645796
12/05/06	264	345,3972658	19,54257275
15/05/06	336	228,5174909	12,92951663
16/05/06	360	201,8037235	11,41805202
17/05/06	384	184,1983142	10,42193819
18/05/06	408	158,2787963	8,955148545
19/05/06	432	144,0723573	8,151372078
22/05/06	508	119,9559926	6,786908656
23/05/06	532	113,8410102	6,440933221
24/05/06	556	107,2077376	6,065633792
19/06/06	1180	34,68775539	1,96257496

Os dados das tabelas acima foram representados no gráfico abaixo, gráfico 208, no qual se demonstra o comportamento da produção de gás metano com a adição de 0,4 g de ST de lodo de ETA. Observa-se que após 168 horas do início do teste há queda constante da quantidade de gás metano presente na amostra.

Gráfico 208 - Atividade Metanogênica Específica - Amostras 1 e 2 (com 0,4 g ST de Lodo de ETA)

Para determinação da atividade metanogênica específica, os dados que representam a melhor reta foram determinados e a equação da reta estabelecida. Os dados para a “amostra 1” e “amostra 2” estão demonstrados através dos gráficos 209 e 210.

Gráfico 209 - Atividade Metanogênica Específica para Amostra 1 (com 0,4 g ST de Lodo de ETA)

Gráfico 210 - Atividade Metanogênica Específica para Amostra 2 (com 0,4 g ST de Lodo de ETA)

Através do coeficiente angular de cada reta obtida temos a atividade metanogênica, que dividido pela concentração de sólidos voláteis adicionado no frasco-reator obtemos a atividade metanogênica específica.

Os dados estão demonstrados através da tabela 80.

Tabela 80 - Determinação da Atividade Metanogênica Específica para Amostras 1 e 2 (com 0,4 g ST de Lodo de ETA)

	Equação da reta g DQO_CH4/L.h	Equação da reta g DQO_CH4/L.d	Conc de SV g SV/L	AME g DQO_CH4/g SV
Amostra 1	0,21	5,04	17,11	0,2947
Amostra 2	0,33	7,80	17,11	0,4562
Valor médio				0,3754

Os dados médios obtidos neste experimento demonstram que a adição de 0,4 g de ST de lodo de ETA não causou inibição do processo da metanogênese.

5.5.3. ATIVIDADE METANOGÊNICA ESPECÍFICA PARA ADIÇÃO DE 0,8 g DE ST DE LODO DA ETA ABV

A concentração de sólidos voláteis que foi incubada para a amostra contendo 0,8 g de lodo de ETA ABV foi de 17,114 g SV/L. O detalhamento das concentrações está demonstrado através da tabela 81.

O teste com 0,8 g de lodo de ETA ABV teve como base a seguinte proporcionalidade:

- Nos digestores da ETE Barueri temos 80.000 m³ e 2.787 toneladas de lodo digerido. Que volumetricamente equivale à 88% em relação a alimentação de lodo primário e secundário;
- No frasco de incubação, vide figura 28, adicionou-se:
 - 262 ml de lodo digerido = 9,25 gramas de ST e 4,59 gramas de SV;
 - 14 ml de lodo primário = 0,58 gramas de ST e 0,34 gramas de SV;
 - 20 ml de lodo secundário = 0,35 gramas de ST e 0,26 gramas de SV.
- Alimentação total de lodo primário e lodo secundário = 0,94 gramas de ST. Considerando adicionar 20% de lodo de ETA ABV = 0,176 g ST de lodo de ETA.
 - 11 ml de lodo de ETA ABV = 0,176 g de ST e 0,053 g de SV.
- Volume total = 0,307 L
- Quantidade total de lodo = 10,366 g de ST = 5,254 g SV

Tabela 81 - Concentração de Sólidos Totais, Voláteis e Fixos nas Amostras contendo 0,8 g ST de Lodo de ETA utilizado na Determinação da Atividade Metanogênica Específica

Lodos usados	Sólidos (mg/L)			DQO (mgO ₂ /L)		Cargas (gramas)		
	ST	SV	SF			g (ST)	g (SV)	g (DQO)
Lodo digerido	35314	17553	17761	27345	262	0,262	9,25	4,60
Lodo adensado	41719	24385	17334	46555	14	0,014	0,58	0,34
Lodo flotado	17678	13002	4676	38123	20	0,02	0,35	0,26
Lodo de ETA	16024	4883	11141	4216	11	0,011	0,18	0,05
Soma					307		10,37	5,25
Conc. Final (g/L)							33,766	17,114

Os dados da determinação da concentração de gás metano (mmol) e a sua conversão em g de DQO estão apresentados nas tabelas 82 e 83.

Tabela 82 - Concentração de Gás Metano (mmol) e o seu Equivalente em g de DQO para Amostra 1 – 0,8 g de ST de Lodo de ETA.

Frasco1	Amostra 1 = Lodo digerido + lodo flotado + lodo adensado + 0,8 g de ST		
Data	Tempo de ensaio (h)	[CH4] acumulada mmol	DQO_CH4 g DQO CH4
02/05/06	0	0,027153973	0,001536144
03/05/06	24	32,02909903	1,813848135
04/05/06	72	113,9751742	6,44488618
05/05/06	96	320,7017917	18,12274643
08/05/06	168	531,7892787	30,01650399
09/05/06	192	491,5717206	27,66215303
10/05/06	216	406,2305459	22,76129612
11/05/06	240	307,4216768	17,11147745
12/05/06	264	311,8227554	17,31531651
15/05/06	336	83,52976828	4,35473639
16/05/06	360	84,28564442	4,386010492
17/05/06	384	85,7111673	4,455085104
18/05/06	408	85,04657981	4,405736568
19/05/06	432	84,13876881	4,342758656
22/05/06	508	20,8752543	0,752383376
23/05/06	532	77,61619134	3,960325748
24/05/06	556	74,17096553	3,754977072
19/06/06	1180	0,027153973	1,886707576

Tabela 83 - Concentração de Gás Metano (mmol) e o seu Equivalente em g de DQO para Amostra 2 – 0,8 g de ST de Lodo de ETA.

Frasco2	Amostra 2 = Lodo digerido + lodo flotado + lodo adensado + 0,8 g de ST		
Data	Tempo de ensaio (h)	[CH4] acumulada mmol	DQO_CH4 g DQO CH4
02/05/06	0	0,029782702	0,001685249
03/05/06	24	15,26886746	0,86398629
04/05/06	72	84,20706762	4,764842721
05/05/06	96	314,3684168	17,78848385
08/05/06	168	568,7938187	32,18510231
09/05/06	192	517,4888997	29,28202212
10/05/06	216	485,721578	27,48447358
11/05/06	240	410,3136549	23,21752897
12/05/06	264	356,3204518	20,16233268
15/05/06	336	241,104914	13,6428809
16/05/06	360	232,0956996	13,13309602
17/05/06	384	210,8423546	11,93047908

Continua

18/05/06	408	180,7393438	10,22592861
19/05/06	432	165,0607524	9,338860237
22/05/06	508	125,5164007	7,10150721
23/05/06	532	116,1708823	6,572753472
24/05/06	556	108,0486441	6,113210871
19/06/06	1180	31,94261015	1,807259251

Os dados das tabelas acima estão representados no gráfico 211, no qual se demonstra o comportamento da produção de gás metano com a adição de 0,8 g de ST de lodo de ETA. Observa-se que após 168 horas do início do teste há queda constante da quantidade de gás metano presente na amostra.

Gráfico 211 Atividade Metanogênica Específica - Amostras 1 e 2 (com 0,8 g ST de lodo de ETA)

Para determinação da atividade metanogênica específica, os dados que representam a melhor reta foram determinados e a equação da reta estabelecida. Os dados para a “amostra 1” e “amostra 2” estão demonstrados através dos gráficos 212 e 213.

Gráfico 212 - Atividade Metanogênica Específica para amostra 1 (com 0,8 g ST de lodo de ETA)

Gráfico 213 Atividade Metanogênica Específica para Amostra 2 (com 0,8 g ST de lodo de ETA)

Através do coeficiente angular de cada reta obtida temos a atividade metanogênica, que dividida pela concentração de sólidos voláteis adicionada no frasco-reator obtemos a atividade metanogênica específica.

Os dados estão demonstrados através da tabela 84.

Tabela 84 - Determinação da Atividade Metanogênica Específica para Amostras 1 e 2 (com 0,8 g ST de Lodo de ETA)

	Equação da reta g DQO_CH4/L.h	Equação da reta g DQO_CH4/L.d	Conc de SV g SV/L	AME g DQO_CH4/g SV
Amostra 1	0,19	4,49	17,11	0,2621
Amostra 2	0,20	4,83	17,11	0,2820
Valor médio			17,11	0,2721

Os dados médios obtidos neste experimento demonstram que a adição de 0,8 g de ST de lodo de ETA causou a inibição do processo da metanogênese, o valor médio foi inferior em 27% comparando-se o valor obtido na amostra sem dosagem de lodo de ETA.

5.5.4. Destruição de Voláteis durante a incubação das amostras utilizadas no teste AME

O teste de atividade metanogênica específica teve o tempo total de incubação de 1.180 horas, portanto aproximadamente 49 dias. Ao final deste período a concentração de sólidos totais e sólidos totais voláteis foi determinado para cada amostra, os dados estão demonstrados na tabela 85.

Tabela 85 - Concentração média de Sólidos Totais e Sólidos Totais Voláteis após período de incubação para determinação da AME

Identificação - Pontos	Concentração individual		Concentração Média		Destruição média
	ST mg/L	SV mg/L	ST mg/L	SV mg/L	SV %
Frasco 1 - Branco	26.720	11.916	26.199	11.526	36%
Frasco 2 - Branco	25.678	11.136			
Frasco 1 - Adição de 0,4 g ST Lodo ETA	25.390	11.170	25.445	11.163	35%
Frasco 2 - Adição de 0,4 g ST Lodo ETA	25.500	11.156			
Frasco 1 - Adição de 0,8 g ST Lodo ETA	25.726	11.234	25.966	11.313	34%
Frasco 2 - Adição de 0,8 g ST Lodo ETA	26.206	11.392			

A avaliação da destruição de voláteis ocorrida durante a incubação das amostras utilizadas para determinação da AME foi fundamental para demonstrar a questão da inibição, a análise por este critério demonstra que não houve alteração significativa no processo de digestão anaeróbia.

Resultado que é antagônico ao da AME para a dosagem de 0,8 g de ST de lodo de ETA.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em linhas gerais conclui-se que para um sistema que não possui digestão anaeróbia do lodo é possível receber até 400 mg de SST de Lodo de ETA/L e que não ocorrerá problema na remoção de carga orgânica. Se o processo operar com adição de mídia plástica no tanque de aeração a remoção de carga nitrogenada também não sofrerá qualquer influência negativa.

Para um sistema que possui digestão anaeróbia do lodo conclui-se que é possível receber com segurança a concentração de até 60 mg de SST de Lodo de ETA/L.

O detalhamento destas conclusões é dado nos próximos parágrafos.

Com a adição de lodo de ETA, o decantador primário piloto melhorou a eficiência nos seguintes pontos:

- remoção de DQO total, passando de 35% para 40% para a dosagem de até 50 mg SST/L de lodo de ETA. Atingindo eficiência de remoção de aproximadamente 50% com o aumento da dosagem de até 400 mg SST/L de lodo de ETA.
- remoção da $DBO_{5,20}$ total, passando de 35% quando operada sem dosagem de lodo de ETA para aproximadamente 45% até dosagem de 50 mg SST/L. Atingindo remoção de 50% com dosagem superiores.
- remoção de fósforo total na ordem de 10%. E esta remoção é ocasionada principalmente no fósforo particulado.

A adição de lodo de ETA à montante da decantação primária não influi significativamente na remoção de fósforo solúvel e tão pouco na remoção de nitrogênio total ou amoniacal.

Com a adição de lodo de ETA no decantador primário aumenta-se em até 40% a concentração de DQO solúvel no efluente do mesmo.

Quanto ao lodo primário gerado a adição de lodo de ETA à montante do decantador primário causa as seguintes alterações:

- aumento nas concentrações de DQO, ST, SV e SF.

- redução em 10% na relação SV/ST.
- aumento na concentração de metais, sendo o metal ferro o que se mais se aproximou do limite de toxicidade, quando houve a dosagem de 400 mg SST de lodo de ETA por litro.

A influência do recebimento de lodo de ETA na digestão anaeróbia foi avaliado com ênfase na atividade metanogênica específica que analisa de forma aguda a toxicidade de um determinado elemento ou composto. Neste teste (AME) avalia-se apenas o processo da metanogênese, porém a digestão anaeróbia é um sistema complexo e há outras reações de importância, assim, tomando como base estas considerações conclui-se que:

- O recebimento de até 0,8 g de ST de Lodo de ETA/L, que equivale a 60 mg de SST de Lodo de ETA por litro de esgoto, não causa impacto negativo ao sistema de digestão anaeróbio.
 - A atividade metanogênica específica para a amostra contendo 0,4 g de ST de lodo de ETA (equivalente a 30 mg de SST de Lodo de ETA por litro de esgoto) foi igual à atividade metanogênica específica da amostra que não continha lodo de ETA.
 - A atividade metanogênica específica para a amostra contendo 0,8 g de ST de lodo de ETA (equivalente a 60 mg de SST de Lodo de ETA por litro de esgoto) teve redução em 27% quando comparada com a atividade metanogênica específica da amostra que não continha lodo de ETA. Considerando as questões de destruição de sólidos voláteis esta redução pode estar associada à própria perda de biogás durante a incubação e retirada de amostras.
 - A destruição de voláteis nas amostras utilizadas para o teste de atividade metanogênica foi estatisticamente igual, demonstrando que o processo ocorreu normalmente.

O reator biológico operou com mídia plástica, concomitantemente ao recebimento de lodo de ETA e as conclusões que podem ser tiradas desta pesquisa são:

- O sistema biológico operando com mídia plástica não sofreu qualquer influência da adição de lodo de ETA até a concentração máxima estudada de 400 mg SST de lodo de ETA/L.
- A fração volátil da biomassa teve queda em torno dos 10%, o que pode estar associada ao aumento da quantidade de material inorgânico solúvel que passa pelo decantador primário com aumento das dosagens de lodo de ETA.
- Houve melhora na sedimentabilidade do lodo biológico considerando o índice volumétrico do lodo.
- Houve aumento não linear na concentração de DQO total no efluente final, mas como a concentração de DQO afluente também aumentou, a eficiência média não foi alterada.
- Houve maior concentração de DQO solúvel no efluente final, com queda na eficiência na ordem de 7% para cada etapa do experimento. Como o lodo de ETA apresenta uma fração inorgânica solúvel, esta queda é justificável.
- A dosagem de lodo de ETA não altera significativamente as concentrações de DQO solúvel e biodegradável no esgoto afluente ao reator biológico, apresentando concentração na ordem de 150 mg DQO_{sb}/L.
- A avaliação do sistema considerando a carga aplicada de DQO, demonstra que para faixa entre 10 e 20 gDQO/m².d a remoção mínima de DQO foi de 70% para um tempo de retenção celular aparente de três dias.
- Para os dados compreendidos entre as taxas de aplicação superficial de 4,8 a 12,5 gDQO_s/m².d o sistema foi capaz de remover no mínimo 70% da DQO solúvel em 85% do tempo, para um tempo de retenção celular aparente entre 1,8 e 16,7 dias.
- A remoção de DBO_{5,20} não foi influenciada em quaisquer das condições testadas.
- O processo de nitrificação ocorreu em praticamente todo o período da pesquisa fornecendo um efluente com concentrações médias para NKT e NH₃ respectivamente de 8,8 e 5,3 mg/L.

- Após o biofilme atingir a maturação, o sistema poderá operar com $\Theta_{c,apa}$ com valores entre 2 e 4 d e o processo de nitrificação terá remoções superiores à 80% para NKT e NH_3 .
- Para uma taxa de aplicação de NH_3 entre 1 e 3 $\text{gNH}_3/\text{m}^2/\text{dia}$ e concentração de oxigênio dissolvido entre 2,5 e 3,5 mg/L a percentagem de remoção média de NH_3 foi de 88%.
- Houve redução na concentração média de fósforo no efluente final em torno de 20% quando comparamos com um sistema convencional (ETE Barueri).
- A remoção de fósforo solúvel foi praticamente nula e é um indicativo que o sistema foi capaz de solubilizar o fósforo total disponível, como esperado. Um dos objetivos do presente estudo era avaliar se a maior remoção de fósforo na decantação primária devido à aplicação de lodo de ETA não inviabilizaria o sistema biológico.
- A produção de lodo caiu em média 57%. Uma explicação para que isto ocorresse é a fixação da biomassa na mídia plástica.

Recomenda-se que outros experimentos sejam feitos utilizando a mídia plástica como meio suporte aplicando menores concentrações de oxigênio dissolvido.

Considerando que um processo biológico é capaz de adaptar-se a determinadas condições que no primeiro momento é considerada como inibidora e considerando que o teste de atividade metanogênica específica analisa a toxicidade aguda é fundamental que outros trabalhos sejam conduzidos aplicando lodo de ETA em um digestor anaeróbio piloto com alimentação constante.

Demonstrou-se que o tempo de retenção celular aparente não influencia nas taxas de remoções de carbono e nitrogênio, o que indica a necessidade de se avaliar a quantidade de biomassa aderida à mídia plástica e se calcular o tempo de retenção celular real.

O experimento demonstrou que houve aumento da concentração de $\text{DBO}_{5,20}$ total no efluente final à medida em que houve o aumento das dosagens de lodo de ETA, o que em primeira análise poderia demonstrar que o lodo de ETA teria influenciado negativamente no processo biológico. Porém, como houve perda de sólidos

suspensos pelo efluente final, foi possível demonstrar que a diminuição da eficiência na remoção de $DBO_{5,20}$ foi ocasionado pelo processo de desnitrificação que ocorria também no decantador secundário. É recomendável que nos projetos em que o sistema de mídia plástica for utilizado, seja previsto um sistema de desnitrificação eficiente, caso contrário a ETE em questão poderá ter seu efluente comprometido pela alta perda de sólidos suspensos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENTAL FEDERATION (WEF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20^o ed. Washington, D.C., USA, 1998.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE), ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). **Management of water treatment plant residuals**. American Society of Civil Engineers, New York, 294 p. 1996.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE), **Water treatment plant design**. 2 ed. 598 p. New York. McGraw Hill, 1990.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). **Procedures manual for polymer selection in water treatment plants**. American Water Works Association Research Foundation, Denver, 216 p. 1989.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). **Water treatment plant waste management**. American Water Works Association Research Foundation, Denver, 459 p. 1987.

ANDERSON, G. K., DONNELLY, T., MCKENOWN, K. J. Identification and control o inhibition in the anaerobic treatment of industrial wastewaters. **Reprinted from the Journal Process Biochemistry**, v. 17, n.4, 1982.

ANDREOLI, C.V. Lodo de Esgotos: **Tratamento e disposição final**. UFMG, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Companhia de Saneamento do Paraná SANEPAR, Belo Horizonte, 2001.

ANDREOTTOLA, G., FOLADORI, P., RAGAZZI, M., TATÀNO, F. Experimental comparison between MBBR and activated sludge system for the treatment of municipal wastewater. **Water Science Technology**, v. 41, p. 373-382, 2000.

ANTUNES, M. **Laboratório de Estatística I – análise inicial de dados**. Disponível em: www.deio.fc.ul.pt/disciplinas/ficeiros_apoio/lic_est_aplicada/lab_est_1/LabEst_I_a ula_13.pdf, acesso em 05/08/09.

AQUINO, Sérgio F. et al. Metodologias para determinação da atividade metanogênica específica (AME) em lodos anaeróbios. **Eng. Sanit. Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 12, n.2, Junho 2007. Disponível em <[HTTP://WWW.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522007000200010&lng=em&nrm=iso](http://WWW.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522007000200010&lng=em&nrm=iso)>, acessado em 10/Jan/2010.

ASADA, L.N. **Avaliação dos efeitos do recebimento do lodo de estação de tratamnto de água em sistema de tratamento de esgoto pelo processo de lodo ativado com aeração prolongada.** São Paulo, 2007. 196p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

GUALBERTO, F.F. **Otimização de Processos de Precipitação Química na Remoção de Fósforo de Esgotos Sanitários mediante a utilização de Sais de Ferro como coagulante.** São Paulo, 2009, 142p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais.** São Paulo, CETESB, 1993.

BREURE, A. M. **Hydrolysis and acidogenic fermentation of protein and carbohydrates in anaerobic wastewater treatment.** (Tese). Alblaserdam: Knaters B.V., 1986.

BUENO, R.C.R., MANZOCHI, L.B., NOBRE, P.C.A., NAPOLITANO, V.P.O., TSUTIYA, M.T. **Estudo em Escala Real da Operação da ETE Franca com Recebimento de Lodo da ETA Norte (FRANCA,SP).** In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte/MG, 2007.

CARVALHO, E. H. **Disposição dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto com decantação primária.** 224 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores anaeróbios.** Belo Horizonte, UFMG, 1997.

CHOI, E.; RIM, J.M. Competition and inhibition of sulfate reducers and methane producers in anaerobic treatment. **Water Science and Technology.** v.23, Kyoto, p. 1259-1264, 1991

CONCEIÇÃO, G.M.; ALENCAR, A.P.; ALENCAR, G.P. **Curso de Capacitação em Epidemiologia Básica e Análise da Situação de Saúde – Noções Básicas de Estatística.** Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/apostila_estatistica.pdf, acesso em 05/08/09.

CONSÓRCIO TECNOPAR. **Relatório Final da Etapa de Elaboração dos Estudos de Concepção e Projetos de Ampliação da Capacidade da ETE Barueri.** SABESP. São Paulo, 2003.

CORNWELL, D.A., LEE, R.G. Waste stream recycling: it's effect on water quality. **Journal American Water Works Association**, p. 50-63, November. 1994.

DAVID, A.C. **Secagem Térmica de Lodos de Esgoto. Determinação da Umidade de Equilíbrio**. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2002.

DEGAARD, H., USTEN, B., WESTRUM, T., (1994) A New Moving Bed Biofilm Reactors – Applications and Results, **Water Science and Technology**, vol 29, 157-165.

DI BERNARDO, L. **Métodos e Técnicas de Tratamento de Água**. 481p. Volumes 1 e 2. Rio de Janeiro, RJ. ABES, 1993.

ESCOBAR, J.C.. **Tratamento e recuperação da água de lavagem dos filtros de uma estação de filtração direta e simulação da disposição dos lodos em estações de tratamento de esgoto**. 144 p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.

FERREIRA FILHO, S.S., ALÉM SOBRINHO, P. **Considerações sobre o tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. In: Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. 1998.

FUKUI, M.; et al. In Situ substrates for Sulfidogens and Methanogens in Municipal anaerobic sewage digesters with different levels of sulfate. **Water Resource**. v.34, Great Britain, p. 1515 - 1524, 2000.

FWR FOUNDATION FOR WATER RESEARCH. **Treatment and Disposal of Waterworks Sludge in Selected European Countries**. FR 0428. London, UK, April, 1994.

GRANDIN, S. **Desidratação de lodos produzidos nas estações de tratamento de água**. São Paulo, 1992. 465p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

GRANDIN, S. R., ALÉM SOBRINHO, P., GARCIA JR, A.D. **Desaguamento de lodos produzidos em estações de tratamento de água**. In: Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária. 1993.

HAUG, R.T.; KUCHENRITHER, R.; OERKE, D. PRAKASAM, T.B.S.; SOSZYNSKI, S.; ZENZ, D. **Sludge Processing Technology**. In: ECKEFELDER, W.W.; MALINA JR.J.F.; PATTERSON, J.W. Water Quality Management Library – Volume 4/Municipal Sewage Sludge Management: Processing, Utilization and Disposal. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, 1992 p. 223-96.

HEM, L. J., RUSTEN, B., ODEGAARD, H. Nitrification in a Moving Bed Biofilm Reactor. **Water Research**, v. 28, p. 1425-1433, 1994.

HEM, L. J., RUSTEN, B., ODEGAARD, H. Nitrogen removal from dilute wastewater in cold climate using moving bed Biofilm reactors. **Water Environment Research**, v. 67, p. 65-74, 1995.

IMBIMBO, H.R.V., KAKINAMI, S.H. **Avaliação de Toxicidade de Efluente Industrial em Biodigestor Anaeróbio através do Teste de Atividade Metanogênica Específica**. In: XXVIII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, Cuncún, México, 2002.

JNS, SABESP, Relatório: **Estudos e Pesquisas para Disposição de lodos de ETAs em ETEs**. Outubro/2004.

KAWAMURA, S. **Integrated design of water treatment facilities**. John Wiley & Sons, New York, 658p. 1991.

KOORSE, S. J. The Role of Residuals Disposal Laws in Treatment Plant Design. **Journal AWWA**, p. 57-62, Outubro, 1993.

LESSEL, T.H., 1993, **Upgrading and nitrification by submerged bio-film reactors - experiences from a large scale plant** - Anais da 2nd International Conference Specializae on Biofilm Reactors, Paris, France - pp. 231 – 238.

McINERNEY, M.J.;BRYANT, M.P. **Metabolic Stages and energetics of microbial anaerobic digestion**. In: INTERNATIONAL Symposium on anaerobic digestion, 1, 1979, University College. *Proceedings...*London: Applied Science, 1980, p.91- 98.

MENDES, R. L. **Adensamento e Desaguamento Mecânicos de Lodos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica – USP. São Paulo, SP. Agosto, 2001.

MENDONÇA; S.R. **Lagoas de estabilização e aeradores mecânicos: novos conceitos**. Editora Universidade Federal da Paraíba – 1990.

METCALF & EDDY, INC. **Wastewater Engineering – Treatment and Reuse**. McGraw Hill. 2003.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**. 3.ed. Singapore, McGraw Hill,1991.

MIKI, M.K. **Utilização de polímeros para condicionamento de lodo de ETE para desidratação em filtro prensa de placas**. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica – USP. São Paulo, SP. Maio, 1998.

MRAFKOVA, L., GOI, D., GALLO, V., COLUSSI, I. Preliminary Evaluation of Inhibitory Effects on Some Substances on Aerobic and Anaerobic Treatment Plant Biomasses. **Chem. Biochem. Eng.** V. 17, p. 243-247, 2003.

NAGAI, S., NISHIO, N. **Biological aspects of anaerobic digestion.** In: Handbook of Heat and Mass Transfer. Houston: Ghaf Publishing Company, 1989. V. 3, cap. 18, p. 701-711.

NOVAES, Rosana Filomena Vazoller. **Microbiologia da digestão anaeróbia.** In: Seminário Brasil - Europa de Energia de Biomassa e Resíduos, 1.988, Belo Horizonte MG. 21 p.

ØDEGAARD, H., RUSTEN, B., 1993, Wastewater treatment with aerated submerged biological filters, **Journal Water Pollution Control Federation**, v. 56, n. 5, pp. 424-431.

PARKIN, G.F.; et. al. **Interaction between sulfate reducers and methanogens fed acetate and propionate.** Research Journal WPCF. v.62, n.6. p. 780-788, September/October 1990.

PERES, Clarita Schvartz. **Microbiologia da digestão anaeróbia.** In: simpósio nacional de fermentação, 5, 1982, Viçosa: São Paulo: IPT, 1982, 40p.

PIVELI, R.P. **Contribuição ao estudo do tratamento anaeróbio de efluentes industriais.** São Paulo, 1990. 296p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

QASIM, S.R. **WASTEWATER TREATMENT PLANTS: Planning, Design, and Operation.** USA, CBS COLLEGE PUBLISHING, 1985.

REALI, M.A.P (coordenador) **Noções Gerais de Tratamento e Disposição Final de Lodos de Estações de Tratamento de Água.** Projeto PROSAB. Rio de Janeiro, RJ. ABES 1999.

REIS, L.G.C., SANT'ANNA JR., G.L., (1994) Aerobic Treatment of Concentrated Wastewater in a Submerged Bed Reactor, **Water Research**, vol 19, pp 1341-1345.

ROCHA, A.M.P. **Identificação Nebulosa da Concentração de Oxigênio Dissolvido no Tanque de Aeração de uma Estação de Tratamento de Esgotos por Lodos Ativados,** 2003. Dissertação (mestrado) -Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ROCHA, M.A.G.. **Estudos da atividade metanogênica de lodos e da biodegradabilidade anaeróbia de efluentes de indústrias de bebidas.** 130p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2003.

RUSTEN, B., CHANDLER H.J., DEVALL, S., DAVOREN, D., CASHION, B.S. Biological Pretreatment of a Chemical Plant Wastewater in High Rate Moving Bed Biofilm Reactors. **Water Science Technology**, v. 39, p. 257-264, 1999.

RUSTEN, B., HELLSTROM, B.G., SEHESTED, O., SKJELFOSS, E., SVENDSEN, B. Pilot testing and preliminary design of moving bed Biofilm reactors for nitrogen removal at the FREVAR wastewater treatment plant. **Water Science Technology**, v. 41, p. 13-20, 2000.

RUSTEN, B., HEM, L. J., ODEGAARD, H. Nitrification of municipal wastewater in moving bed Biofilm reactors. **Water Environment Research**, v. 67, p. 75-79, 1995. (a)

RUSTEN, B., HEM, L. J., ODEGAARD, H. Nitrogen removal from dilute wastewater in cold climate using moving-bed biofilm reactors. **Water Environment Research**, v. 67, p. 65-74, 1995.(b)

RUSTEN, B., SILJUDALEN, J.G., NORDEIDET, B. Upgrading to Nitrogen Removal with the KMT Moving Bed Biofilm Process. **Water Science Technology**, v. 29, p. 185-195, 1994.

RYHINER G., SORENSEN B., BIROU B. Y GROS H. 1992. **Biofilm reactors configuration for advanced nutrient removal**. In: Congreso "Biofilm Reactors" de la IAWQ , Paris.

SABESP Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Disposição de lodo de ETA na ETE Franca**. Franca, Maio/2003.

SABESP Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Relatório Interno sobre o monitoramento da ETE Barueri**. São Paulo, 2008 (a).

SABESP Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Relatório Interno sobre o monitoramento da ETE ABC**. São Paulo, 2008 (b).

SABESP Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Relatório Interno sobre o monitoramento da ETE PNM**. São Paulo, 2008 (c).

SABESP Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Relatório Interno sobre o monitoramento da ETE São Miguel Paulista**. São Paulo, 2008 (d).

SABESP Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Relatório Interno sobre o monitoramento da ETE Suzano**. São Paulo, 2008 (e).

SARON, A., LEITE, V.M.B. **Quantificação de lodo em Estação de Tratamento de Água**. i75. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa, 2001.

SCALIZE, P S. **Disposição de resíduos gerados em estações de tratamento de água em estação de tratamento de esgoto**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.

SEGERS, L., VERSTRYNGE, L., VERSTRAETE, W. Product patterns of non-axenic sucrose fermentation as a function of pH. **Biotechnology Letters**, v. 3, n. 11, p. 635-640, 1981.

SENA, H. **Estudo das Condições Operacionais dos Tanques de Aeração da Estação de Tratamento de Esgotos de Suzano**. Relatório Interno, SABESP, 1998.

SENA, H.C. **Influência de Altas Concentrações de Sulfato no Tratamento de Esgoto pelo Processo de Lodos Ativados Convencional**. São Paulo, 2001. 229p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SHECHTER, R., ASSULIN, N., STAMPER, G. **Simultaneous Clarification and Endogenous Post Denitrification by Up-flow Through a Layer of Floating Media**. Aqwise – Wise Water Technologies Ltda. Disponível em: www.aqwise.com, acesso em 03/12/2007.

SOUTO, T.F.S., AQUINO, S.F., CHERNICHARO, C.A.L. **Estudo comparativo de diferentes metodologias de quantificação de metano no teste de atividade metanogênica específica (AME) de lodos anaeróbios**. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte/MG, 2007.

SOUZA, M. E.. **Influência simultânea de elevadas concentrações de metais pesados e cianetos na digestão anaeróbica de lodos e esgotos**. Revista DAE, V. 44, n.138, p. 221-233, set. 1984.

STEIL, L.. **Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de corte e suínos**. 109p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista. Araraquara, 2001.

STUMM, W., O'MELIA, C. R.. Stoichiometry of Coagulation. **Journal AWWA**. p.514-539, Maio, 1968.

TEIXEIRA, L.C.G.M. **Adensamento por Gravidade de Lodos Produzidos em Estações de Tratamento de Água**. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica – USP. São Paulo, SP. Maio, 1999.

THAUER, R.K.; JUNGGERMANN, K.; DECKER, K. Energy conservation in chemotrophic anaerobic bacteria. **Bacteriological Reviews**, vol. 41, No. 1, 1977, pp 100-180, 1977.

THIELE, J.H., ZEIKUS, G. Control of Interspecies Electron Flow during Anaerobic Digestion: Significance of Formate Transfer versus Hydrogen Transfer during Syntrophic Methanogenesis in Flocs. **Applied and Environmental Microbiology**. V. 54, p. 20-29, 1988.

TSUTIYA, M. T., HIRATA, A. Y. **Aproveitamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água do estado de São Paulo**. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, p 1181-1192. João Pessoa, 2001.

TSUTIYA, M. T., SAMPAIO, A. O.. **Disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. SABESP, 2004.

VERSIANI, B.M. **Desempenho de um Reator UASB submetido a diferentes condições operacionais tratando esgotos sanitários do Campus da UFRJ**. 78p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

VITORATTO E., MARTINS, V.M.N.C.. **Comparative study on Acid Phase Fermentation of carbohydrates**. In: Sixth International Symposium on Anaerobic Digestion, on, may 1991 – São Paulo – Brasil – Poster – abstracts.

VITORATTO, E. **Estudo comparativo entre o reator contínuo convencional e o reator contínuo com reciclo interno de sólidos, no tratamento de lodo adensado de esgoto pelo processo de digestão anaeróbia**. 174p. São Paulo, 1990. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 1990.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – lodos ativados**. v4. 416 p. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1997.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Operation of municipal wastewater treatment plants: Manual of practice-MOP 11**. Fifth edition, USA, s.ed., 1996.

WESTRUM, T. **KMT Moving Bed Process for Treatment of Industrial and Municipal Wastewater**. ANOXKALDNEs (internal publication), 1995.

ZEEUW, W. J.. **Acclimatization of anaerobic sludge for UASB reactor start-up. Wageningen.** Agricultural University of Wageningen. Department of Water Pollution Control, 1985, 149p.(Tese de Doutorado).

ZEIKUS, J.G. **The biology of methanogenic bacteria.** Bacteriological Reviews, vol 41, N.2, p.514-541, June, 1977.

- ZOETEMEYER, R. J. et al. Anaerobic digestion of glucose with separated acid production and methane formation. **Water Research.** V. 13, p. 571-580, 1979.
- ZOETEMEYER, R. J., HEUVEL, J. C. van den., COHEN, A. pH influence on acidogenic dissimilation of glucose in an anaerobic digester. **Water Research.** v. 16, p. 303-311, 1982.

8. ANEXOS

8.1. ANEXO A - VAZÕES

	Vazão (L/s)			Vazão (L/d)		Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)
	efl. DP	Retorno DS	Retorno TA	Lodo DP	Lodo Sec.	afil. DP	afil. Tq A/Anox	efl DS
24/02/2005	0,080	0,080	0,116	76	50	0,081	0,277	0,080
25/02/2005	0,100	0,100	0,105	22	50	0,100	0,305	0,100
26/02/2005	0,094	0,083	0,099	23	50	0,094	0,276	0,093
27/02/2005	0,104	0,104	0,083	37	50	0,104	0,292	0,104
28/02/2005	0,100	0,100	0,085	37	50	0,100	0,285	0,100
01/03/2005	0,103	0,082	0,085	71	125	0,104	0,271	0,102
02/03/2005	0,051	0,102	0,082	20	375	0,051	0,235	0,047
03/03/2005	0,105	0,105	0,079	16	375	0,105	0,289	0,101
04/03/2005	0,060	0,100	0,082	20	375	0,060	0,242	0,056
05/03/2005	0,101	0,152	0,070	45	125	0,102	0,323	0,100
06/03/2005	0,101	0,091	0,010	23	125	0,101	0,202	0,100
07/03/2005	0,137	0,088	0,010	78	125	0,138	0,236	0,137
08/03/2005	0,103	0,093	0,010	29	125	0,103	0,206	0,102
09/03/2005	0,103	0,093	0,011	22	125	0,103	0,207	0,102
10/03/2005	0,083	0,074	0,076	25	125	0,084	0,234	0,082
11/03/2005	0,102	0,102	0,083	29	375	0,102	0,288	0,098
12/03/2005	0,103	0,103	0,083	76	375	0,104	0,290	0,100
13/03/2005	0,099	0,074	0,071	82	125	0,100	0,246	0,099
14/03/2005	0,099	0,099	0,081	65	375	0,100	0,280	0,095
15/03/2005	0,093	0,103	0,082	56	375	0,093	0,278	0,089
16/03/2005	0,100	0,100	0,085	22	125	0,100	0,285	0,099
17/03/2005	0,103	0,103	0,082	62	125	0,104	0,289	0,102
18/03/2005	0,105	0,105	0,084	24	125	0,105	0,294	0,104
19/03/2005	0,102	0,102	0,085	25	125	0,102	0,289	0,101
20/03/2005	0,099	0,099	0,085	40	125	0,099	0,283	0,098
21/03/2005	0,083	0,094	0,084	50	125	0,084	0,261	0,082
22/03/2005	0,105	0,105	0,081	34	375	0,105	0,291	0,101
23/03/2005	0,103	0,103	0,081	37	375	0,103	0,287	0,099
24/03/2005	0,098	0,098	0,085	38	375	0,098	0,281	0,094
25/03/2005	0,098	0,098	0,078	35	375	0,098	0,274	0,094
26/03/2005	0,080	0,090	0,082	24	375	0,080	0,252	0,076
27/03/2005	0,105	0,105	0,085	31	125	0,105	0,295	0,104
28/03/2005	0,098	0,098	0,079	48	125	0,099	0,276	0,097
29/03/2005	0,105	0,105	0,078	92	125	0,106	0,289	0,105
30/03/2005	0,104	0,073	0,101	33	125	0,104	0,278	0,103
31/03/2005	0,088	0,104	0,081	22	125	0,089	0,273	0,087
01/04/2005	0,102	0,102	0,082	21	125	0,102	0,286	0,101
02/04/2005	0,101	0,101	0,085	69	375	0,102	0,288	0,097
03/04/2005	0,122	0,102	0,081	32	375	0,123	0,306	0,118
04/04/2005	0,556	0,071	0,078	19	375	0,556	0,704	0,551
05/04/2005	0,105	0,105	0,078	66	375	0,106	0,289	0,101
06/04/2005	0,104	0,104	0,079	39		0,104	0,288	0,104

Continua

	Vazão (L/s)			Vazão (L/d)		Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)
	efl. DP	Retorno DS	Retorno TA	Lodo DP	Lodo Sec.	afil. DP	afil. Tq A/Anox	efl DS
07/04/2005	0,098	0,098	0,078	39		0,098	0,275	0,098
08/04/2005	0,100	0,100	0,078	21		0,100	0,279	0,100
09/04/2005	0,101	0,078	0,081	20		0,101	0,260	0,101
10/04/2005	0,060	0,100	0,085	11		0,060	0,245	0,060
11/04/2005	0,105	0,105	0,079	67		0,106	0,290	0,106
12/04/2005	0,101	0,076	0,079	35		0,101	0,256	0,101
13/04/2005	0,098	0,098	0,083	31		0,098	0,280	0,098
14/04/2005	0,099	0,099	0,080	22		0,099	0,278	0,099
15/04/2005	0,098	0,098	0,081	19		0,098	0,277	0,098
16/04/2005	0,101	0,101	0,079	11		0,101	0,281	0,101
17/04/2005	0,104	0,094	0,080	45		0,105	0,278	0,105
18/04/2005	0,082	0,102	0,078	25		0,082	0,262	0,082
19/04/2005	0,099	0,099	0,078	20		0,099	0,276	0,099
20/04/2005	0,101	0,202	0,210	60		0,102	0,514	0,102
21/04/2005	0,101	0,202	0,210	25		0,101	0,513	0,101
22/04/2005	0,100	0,075	0,191	30		0,100	0,366	0,100
23/04/2005	0,094	0,104	0,212	63		0,094	0,410	0,094
24/04/2005	0,105	0,105	0,200	33		0,105	0,410	0,105
25/04/2005	0,104	0,208	0,360	29		0,104	0,672	0,104
26/04/2005	0,111	0,121	0,374	30		0,111	0,607	0,111
27/04/2005	0,100	0,100	0,364	25		0,100	0,564	0,100
28/04/2005	0,099	0,099	0,367	52		0,100	0,566	0,100
29/04/2005	0,078	0,105	0,378	31		0,078	0,561	0,078
30/04/2005	0,102	0,102	0,371	30		0,102	0,575	0,102
01/05/2005	0,099	0,079	0,343	29		0,099	0,522	0,099
02/05/2005	0,158	0,105	0,343	23		0,158	0,606	0,158
03/05/2005	0,098	0,098	0,371	46		0,099	0,568	0,099
04/05/2005	0,100	0,100	0,340	65		0,101	0,540	0,101
05/05/2005	0,102	0,102	0,364	33		0,102	0,568	0,102
06/05/2005	0,103	0,103	0,350	30		0,103	0,557	0,103
07/05/2005	0,099	0,099	0,330	29		0,099	0,528	0,099
08/05/2005	0,104	0,104	0,354	26		0,104	0,562	0,104
09/05/2005	0,100	0,090	0,333	15		0,100	0,523	0,100
10/05/2005	0,103	0,103	0,347	58		0,104	0,553	0,104
11/05/2005	0,100	0,100	0,360	35		0,100	0,561	0,100
12/05/2005	0,103	0,085	0,196	30		0,103	0,385	0,103
13/05/2005	0,104	0,104	0,255	26		0,104	0,463	0,104
14/05/2005	0,104	0,104	0,196	24		0,104	0,404	0,104
15/05/2005	0,101	0,111	0,350	32		0,101	0,563	0,101
16/05/2005	0,100	0,100	0,300			0,100	0,500	0,100
17/05/2005	0,081	0,101	0,315			0,081	0,497	0,081
18/05/2005	0,104	0,104	0,315			0,104	0,523	0,104
19/05/2005	0,098	0,098	0,318			0,098	0,514	0,098
20/05/2005	0,098	0,088	0,314			0,098	0,500	0,098
21/05/2005	0,099	0,099	0,339			0,099	0,537	0,099
22/05/2005	0,105	0,103	0,326			0,105	0,535	0,105
23/05/2005	0,106	0,105	0,326			0,106	0,537	0,106
24/05/2005	0,102	0,098	0,317			0,102	0,516	0,102
25/05/2005	0,100	0,104	0,319			0,100	0,524	0,100

Continua

	Vazão (L/s)			Vazão (L/d)		Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)
	efl. DP	Retorno DS	Retorno TA	Lodo DP	Lodo Sec.	afil. DP	afil. Tq A/Anox	efl DS
26/05/2005	0,101	0,099	0,350			0,101	0,550	0,101
27/05/2005	0,100	0,101	0,343			0,100	0,545	0,100
28/05/2005	0,100	0,103	0,354			0,100	0,557	0,100
29/05/2005	0,100	0,105	0,340			0,100	0,545	0,100
30/05/2005	0,100	0,091	0,323			0,100	0,514	0,100
31/05/2005	0,100	0,101	0,343			0,100	0,545	0,100
01/06/2005	0,100	0,102	0,330			0,100	0,532	0,100
02/06/2005	0,100	0,103	0,347			0,100	0,550	0,100
03/06/2005	0,100	0,098	0,340			0,100	0,538	0,100
04/06/2005	0,069	0,089	0,340	76	375	0,070	0,499	0,066
05/06/2005	0,100	0,100	0,343	63	125	0,101	0,544	0,099
06/06/2005	0,102	0,102	0,333	61	125	0,103	0,538	0,101
07/06/2005	0,101	0,101	0,360	48	125	0,102	0,563	0,100
08/06/2005	0,103	0,103	0,347	61	125	0,104	0,554	0,102
09/06/2005	0,063	0,095	0,306	69	125	0,064	0,464	0,062
10/06/2005	0,100	0,100	0,347	32	125	0,100	0,547	0,099
11/06/2005	0,104	0,104	0,294	32	375	0,104	0,502	0,100
12/06/2005	0,069	0,078	0,318		375	0,069	0,465	0,064
13/06/2005	0,105	0,105	0,316		375	0,105	0,526	0,101
14/06/2005	0,100	0,100	0,304			0,100	0,504	0,100
15/06/2005	0,114	0,094	0,340			0,114	0,548	0,114
16/06/2005	0,104	0,104	0,323			0,104	0,531	0,104
17/06/2005	0,098	0,098	0,339			0,098	0,535	0,098
18/06/2005	0,103	0,103	0,330			0,103	0,536	0,103
19/06/2005	0,099	0,099	0,323			0,099	0,521	0,099
20/06/2005	0,109	0,069	0,350			0,109	0,528	0,109
21/06/2005	0,102	0,102	0,337			0,102	0,541	0,102
22/06/2005	0,104	0,104	0,343			0,104	0,551	0,104
23/06/2005	0,104	0,104	0,340			0,104	0,548	0,104
24/06/2005	0,105	0,105	0,327			0,105	0,537	0,105
25/06/2005	0,089	0,099	0,310			0,089	0,498	0,089
26/06/2005	0,102	0,102	0,326			0,102	0,530	0,102
27/06/2005	0,104	0,104	0,339			0,104	0,547	0,104
28/06/2005	0,105	0,105	0,310			0,105	0,520	0,105
29/06/2005	0,101	0,101	0,314			0,101	0,516	0,101
01/07/2005	0,098	0,097	0,202	38	188	0,098	0,397	0,096
02/07/2005	0,098	0,097	0,257	44	188	0,098	0,452	0,096
03/07/2005	0,097	0,095	0,320	31	375	0,097	0,512	0,093
04/07/2005	0,103	0,091	0,321	43	375	0,103	0,516	0,099
05/07/2005	0,099	0,091	0,337	37	375	0,099	0,527	0,095
06/07/2005	0,098	0,097	0,341	37	375	0,099	0,537	0,094
07/07/2005	0,101	0,103	0,320	33	375	0,101	0,524	0,097
08/07/2005	0,097	0,093	0,329	29		0,097	0,519	0,097
09/07/2005	0,094	0,100	0,323	38		0,095	0,518	0,095
10/07/2005	0,090	0,104	0,320	31		0,091	0,515	0,091
11/07/2005	0,094	0,094	0,300	27		0,094	0,488	0,094
12/07/2005	0,102	0,102	0,324	35		0,102	0,528	0,102
13/07/2005	0,097	0,092	0,081	50		0,098	0,270	0,098
14/07/2005	0,093	0,104	0,265	25		0,093	0,462	0,093

Continua

	Vazão (L/s)			Vazão (L/d)		Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)
	efl. DP	Retorno DS	Retorno TA	Lodo DP	Lodo Sec.	afil. DP	afil. Tq A/Anox	efl DS
15/07/2005	0,085	0,103	0,349	30		0,086	0,537	0,086
16/07/2005	0,100	0,106	0,331	24		0,100	0,537	0,100
17/07/2005	0,101	0,108	0,318	24		0,101	0,527	0,101
18/07/2005	0,087	0,098	0,333	24		0,087	0,518	0,087
19/07/2005	0,097	0,101	0,346	24		0,097	0,544	0,097
20/07/2005	0,104	0,103	0,354	27		0,104	0,560	0,104
21/07/2005	0,101	0,102	0,361	24		0,101	0,564	0,101
22/07/2005	0,094	0,095	0,338	35		0,094	0,526	0,094
23/07/2005	0,100	0,102	0,331	24		0,100	0,532	0,100
24/07/2005	0,097	0,113	0,320	28		0,097	0,529	0,097
25/07/2005	0,099	0,101	0,309	33		0,100	0,510	0,100
26/07/2005	0,095	0,103	0,334	40		0,095	0,532	0,095
27/07/2005	0,110	0,106	0,323			0,110	0,538	0,110
28/07/2005	0,099	0,100	0,308			0,099	0,508	0,099
29/07/2005	0,110	0,101	0,344			0,110	0,556	0,110
30/07/2005	0,105	0,102	0,326			0,105	0,533	0,105
31/07/2005	0,099	0,104	0,333			0,099	0,536	0,099
01/08/2005	0,083	0,080	0,369	180	375	0,085	0,534	0,081
02/08/2005	0,082	0,080	0,399	200	375	0,084	0,563	0,080
03/08/2005	0,082	0,083	0,376	170	375	0,084	0,544	0,080
04/08/2005	0,082	0,083	0,395	110	375	0,084	0,562	0,079
05/08/2005	0,080	0,080	0,403	160	375	0,082	0,565	0,078
06/08/2005	0,079	0,082	0,403	105	200	0,080	0,566	0,078
07/08/2005	0,082	0,082	0,388	90	375	0,083	0,552	0,078
08/08/2005	0,080	0,084	0,376	160	375	0,082	0,542	0,078
09/08/2005	0,082	0,080	0,388	170	375	0,084	0,551	0,079
10/08/2005	0,082	0,081	0,380	110	375	0,084	0,544	0,079
11/08/2005	0,080	0,081	0,372	120	0	0,081	0,535	0,081
12/08/2005	0,082	0,078	0,380	210	0	0,085	0,543	0,085
13/08/2005	0,079	0,082	0,380	110	0	0,080	0,543	0,080
14/08/2005	0,083	0,082	0,403	170	375	0,085	0,570	0,081
15/08/2005	0,083	0,078	0,372	200	375	0,086	0,536	0,081
16/08/2005	0,083	0,082	0,395	200	375	0,086	0,562	0,081
17/08/2005	0,080	0,082	0,395	200	375	0,082	0,560	0,078
18/08/2005	0,080	0,079	0,388	200	375	0,082	0,549	0,078
19/08/2005	0,080	0,079	0,384	200	375	0,082	0,545	0,078
20/08/2005	0,083	0,082	0,388	200	375	0,086	0,556	0,081
21/08/2005	0,079	0,080	0,403	200	375	0,082	0,564	0,077
22/08/2005	0,083	0,082	0,391	150	225	0,085	0,559	0,082
23/08/2005	0,081	0,084	0,399	90	150	0,082	0,565	0,080
24/08/2005	0,084	0,082	0,403	90	75	0,085	0,569	0,084
25/08/2005	0,079	0,079	0,403	130	300	0,081	0,563	0,077
26/08/2005	0,081	0,083	0,399	130	225	0,082	0,565	0,080
27/08/2005	0,081	0,084	0,384	90	150	0,082	0,550	0,080
28/08/2005	0,082	0,082	0,384	100	150	0,084	0,550	0,082
29/08/2005	0,080	0,078	0,403	190	300	0,082	0,563	0,079
30/08/2005	0,083	0,078	0,369	160	300	0,085	0,532	0,082
31/08/2005	0,081	0,080	0,388	90	150	0,082	0,549	0,080
01/09/2005	0,083	0,080	0,369	120	375	0,085	0,533	0,080

Continua

	Vazão (L/s)			Vazão (L/d)		Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)
	efl. DP	Retorno DS	Retorno TA	Lodo DP	Lodo Sec.	afil. DP	afil. Tq A/Anox	efl DS
02/09/2005	0,082	0,080	0,399	110	375	0,083	0,562	0,079
03/09/2005	0,082	0,083	0,376	130	375	0,084	0,543	0,080
04/09/2005	0,082	0,083	0,395	130	375	0,084	0,562	0,080
05/09/2005	0,080	0,080	0,403	120	375	0,081	0,564	0,077
06/09/2005	0,079	0,082	0,403	120	375	0,081	0,566	0,076
07/09/2005	0,082	0,082	0,388	120	375	0,083	0,552	0,079
08/09/2005	0,080	0,084	0,376	140	375	0,082	0,542	0,077
09/09/2005	0,082	0,080	0,388	210	375	0,084	0,552	0,080
10/09/2005	0,082	0,081	0,380	120	375	0,084	0,545	0,079
11/09/2005	0,080	0,081	0,372	100	375	0,081	0,534	0,077
12/09/2005	0,082	0,078	0,380	120	375	0,084	0,542	0,079
13/09/2005	0,079	0,082	0,380	120	375	0,081	0,543	0,076
14/09/2005	0,083	0,082	0,403	120	375	0,085	0,570	0,080
15/09/2005	0,083	0,078	0,372	130	375	0,085	0,536	0,080
16/09/2005	0,083	0,082	0,395	90	300	0,084	0,561	0,081
17/09/2005	0,080	0,082	0,395	100	375	0,081	0,559	0,077
18/09/2005	0,080	0,079	0,388	100	375	0,081	0,548	0,077
19/09/2005	0,080	0,079	0,384	100	375	0,081	0,544	0,077
20/09/2005	0,083	0,082	0,388	100	375	0,084	0,554	0,080
21/09/2005	0,079	0,080	0,403			0,079	0,562	0,079
22/09/2005	0,083	0,082	0,391	100	375	0,084	0,558	0,080
23/09/2005	0,081	0,084	0,399	90	375	0,082	0,565	0,078
24/09/2005	0,084	0,082	0,403	110	375	0,085	0,570	0,081
25/09/2005	0,079	0,079	0,403	110	375	0,080	0,562	0,076
26/09/2005	0,081	0,083	0,399	110	375	0,082	0,564	0,078
27/09/2005	0,081	0,084	0,384	110	375	0,082	0,550	0,078
28/09/2005	0,082	0,082	0,384	110	375	0,084	0,550	0,079
29/09/2005	0,080	0,078	0,403	110	375	0,081	0,562	0,077
30/09/2005	0,083	0,078	0,369	110	375	0,084	0,531	0,080
01/10/2005	0,083	0,080	0,369			0,083	0,532	0,083
02/10/2005	0,082	0,080	0,399			0,082	0,561	0,082
03/10/2005	0,082	0,083	0,376			0,082	0,542	0,082
04/10/2005	0,082	0,083	0,395			0,082	0,561	0,082
05/10/2005	0,080	0,080	0,403			0,080	0,563	0,080
06/10/2005	0,079	0,082	0,403			0,079	0,564	0,079
07/10/2005	0,082	0,082	0,388			0,082	0,551	0,082
08/10/2005	0,080	0,084	0,376			0,080	0,540	0,080
09/10/2005	0,082	0,080	0,388			0,082	0,549	0,082
10/10/2005	0,082	0,081	0,380	140	375	0,084	0,545	0,080
11/10/2005	0,080	0,081	0,372	140	375	0,082	0,535	0,077
12/10/2005	0,082	0,078	0,380	130	375	0,084	0,542	0,080
13/10/2005	0,079	0,082	0,380	120	375	0,081	0,543	0,076
14/10/2005	0,083	0,082	0,403	110	375	0,084	0,570	0,080
15/10/2005	0,083	0,078	0,372	130	375	0,085	0,536	0,080
16/10/2005	0,083	0,082	0,395			0,083	0,560	0,083
17/10/2005	0,080	0,082	0,395	120	375	0,081	0,559	0,077
18/10/2005	0,080	0,079	0,388	140	375	0,082	0,548	0,077
19/10/2005	0,080	0,079	0,384	140	375	0,082	0,545	0,077
20/10/2005	0,083	0,082	0,388	120	375	0,085	0,555	0,080

Continua

	Vazão (L/s)			Vazão (L/d)		Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)
	efl. DP	Retorno DS	Retorno TA	Lodo DP	Lodo Sec.	afil. DP	afil. Tq A/Anox	efl DS
21/10/2005	0,079	0,080	0,403	120	375	0,081	0,563	0,076
22/10/2005	0,083	0,082	0,391			0,083	0,557	0,083
23/10/2005	0,081	0,084	0,399	110	375	0,082	0,565	0,078
24/10/2005	0,084	0,082	0,403	140	375	0,086	0,570	0,081
25/10/2005	0,090	0,089	0,361	150	375	0,092	0,542	0,087
26/10/2005	0,081	0,083	0,399	130	375	0,082	0,565	0,078
27/10/2005	0,081	0,084	0,384	130	375	0,082	0,550	0,078
28/10/2005	0,082	0,082	0,384	120	375	0,084	0,550	0,079
29/10/2005	0,080	0,078	0,403	130	375	0,082	0,563	0,077
30/10/2005	0,083	0,078	0,369	120	375	0,085	0,532	0,080
31/10/2005	0,081	0,080	0,388	140	375	0,082	0,550	0,078
04/11/2005	0,082	0,083	0,395	470	375	0,088	0,566	0,083
06/11/2005	0,079	0,082	0,403	190	375	0,081	0,567	0,077
07/11/2005	0,082	0,082	0,388	180	375	0,084	0,553	0,079
08/11/2005	0,080	0,084	0,376			0,080	0,540	0,080
09/11/2005	0,082	0,080	0,388	150	375	0,083	0,551	0,079
10/11/2005	0,082	0,081	0,380	160	375	0,084	0,545	0,080
11/11/2005	0,080	0,081	0,372	170	375	0,082	0,535	0,078
12/11/2005	0,082	0,078	0,380	190	375	0,085	0,543	0,080
13/11/2005	0,079	0,082	0,380	170	375	0,081	0,544	0,077
14/11/2005	0,083	0,082	0,403	110	375	0,084	0,570	0,080
15/11/2005	0,083	0,078	0,372	140	375	0,085	0,536	0,080
16/11/2005	0,083	0,082	0,395	110	375	0,084	0,561	0,080
17/11/2005	0,080	0,082	0,395	150	375	0,082	0,559	0,077
19/11/2005	0,080	0,079	0,384	120	375	0,081	0,544	0,077
20/11/2005	0,083	0,082	0,388	140	375	0,085	0,555	0,080
21/11/2005	0,079	0,080	0,403	170	375	0,081	0,564	0,077
22/11/2005	0,083	0,082	0,082	130	375	0,085	0,250	0,080
23/11/2005	0,081	0,084	0,084	110	375	0,082	0,250	0,078
24/11/2005	0,084	0,082	0,085	140	375	0,086	0,252	0,081
25/11/2005	0,079	0,079	0,085	110	375	0,080	0,244	0,076
26/11/2005	0,081	0,083	0,084	140	375	0,082	0,250	0,078
27/11/2005	0,081	0,084	0,081	120	375	0,082	0,247	0,078
28/11/2005	0,082	0,082	0,081	160	375	0,084	0,247	0,080
29/11/2005	0,080	0,078	0,085	160	375	0,082	0,245	0,078
30/11/2005	0,083	0,078	0,078	130	375	0,085	0,241	0,080
01/12/2005	0,083	0,080	0,078	160	375	0,085	0,243	0,081
02/12/2005	0,082	0,080	0,084	150	375	0,083	0,247	0,079
03/12/2005	0,082	0,083	0,079	140	375	0,084	0,246	0,080
04/12/2005	0,082	0,083	0,083	150	375	0,084	0,251	0,080
05/12/2005	0,080	0,080	0,085	150	375	0,082	0,247	0,077
06/12/2005	0,079	0,082	0,085	150	375	0,081	0,248	0,077
07/12/2005	0,082	0,082	0,082	130	375	0,083	0,246	0,079
08/12/2005	0,080	0,084	0,079	160	375	0,082	0,245	0,078
09/12/2005	0,082	0,080	0,082	120	375	0,083	0,245	0,079
10/12/2005	0,082	0,081	0,080	110	375	0,084	0,244	0,079
11/12/2005	0,080	0,081	0,078	100	375	0,081	0,240	0,077
12/12/2005	0,082	0,078	0,080	120	375	0,084	0,242	0,079
13/12/2005	0,079	0,082	0,080	140	375	0,081	0,243	0,076

Continua

	Vazão (L/s)			Vazão (L/d)		Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)
	efl. DP	Retorno DS	Retorno TA	Lodo DP	Lodo Sec.	afil. DP	afil. Tq A/Anox	efl DS
14/12/2005	0,083	0,082	0,085	110	225	0,084	0,252	0,082
15/12/2005	0,083	0,078	0,078	120	375	0,085	0,241	0,080
16/12/2005	0,083	0,082	0,083	130	375	0,085	0,250	0,080
17/12/2005	0,080	0,082	0,083	110	375	0,081	0,247	0,077
18/12/2005	0,080	0,079	0,082	120	375	0,081	0,242	0,077
19/12/2005	0,080	0,079	0,081	130	375	0,082	0,242	0,077
20/12/2005	0,083	0,082	0,082	140	375	0,085	0,249	0,080
21/12/2005	0,079	0,080	0,085	140	375	0,081	0,246	0,076
22/12/2005	0,083	0,082	0,082	120	375	0,085	0,249	0,080
23/12/2005	0,081	0,084	0,084	160	375	0,083	0,251	0,078
24/12/2005	0,084	0,082	0,085	110	375	0,085	0,252	0,081
25/12/2005	0,079	0,079	0,085	100	375	0,080	0,244	0,076
26/12/2005	0,081	0,083	0,084	130	375	0,082	0,250	0,078
27/12/2005	0,081	0,084	0,081	130	375	0,082	0,247	0,078
28/12/2005	0,082	0,082	0,081	150	375	0,084	0,247	0,080
29/12/2005	0,080	0,078	0,085	130	375	0,082	0,245	0,077
30/12/2005	0,083	0,078	0,078	140	375	0,085	0,241	0,080
31/12/2005	0,081	0,080	0,082	140	375	0,082	0,244	0,078
01/01/2006	0,083	0,080	0,078	130	0	0,085	0,242	0,085
02/01/2006	0,082	0,080	0,084	140	0	0,083	0,247	0,083
03/01/2006	0,082	0,083	0,079	120	0	0,084	0,246	0,084
04/01/2006	0,082	0,083	0,083	100	0	0,084	0,250	0,084
05/01/2006	0,080	0,080	0,085	100	375	0,081	0,246	0,077
06/01/2006	0,079	0,082	0,085	130	0	0,081	0,248	0,081
07/01/2006	0,082	0,082	0,082	110	0	0,083	0,246	0,083
08/01/2006	0,080	0,084	0,079	150	0	0,082	0,245	0,082
09/01/2006	0,082	0,080	0,082	130	375	0,083	0,245	0,079
10/01/2006	0,082	0,081	0,080	130	375	0,084	0,245	0,080
11/01/2006	0,080	0,081	0,078	130	375	0,082	0,241	0,077
12/01/2006	0,082	0,078	0,080	120	0	0,084	0,242	0,084
13/01/2006	0,079	0,082	0,080	120	375	0,081	0,243	0,076
14/01/2006	0,083	0,082	0,085	110	375	0,084	0,252	0,080
15/01/2006	0,083	0,078	0,078	110	375	0,084	0,241	0,080
16/01/2006	0,083	0,082	0,083	110	375	0,084	0,249	0,080
17/01/2006	0,080	0,082	0,104	130	375	0,082	0,268	0,077
18/01/2006	0,080	0,079	0,102	140	375	0,082	0,263	0,077
19/01/2006	0,080	0,079	0,101	80	325	0,081	0,261	0,077
20/01/2006	0,083	0,082	0,102	130	325	0,085	0,269	0,081
21/01/2006	0,079	0,080	0,085	130	375	0,081	0,246	0,076
22/01/2006	0,083	0,082	0,082	110	525	0,084	0,249	0,078
23/01/2006	0,081	0,084	0,084	170	375	0,083	0,251	0,078
24/01/2006	0,063	0,102	0,085	110	375	0,064	0,251	0,060
25/01/2006	0,059	0,010	0,085	120	375	0,061	0,155	0,056
26/01/2006	0,061	0,104	0,084	140	375	0,062	0,250	0,058
27/01/2006	0,061	0,105	0,081	100	375	0,062	0,248	0,057
28/01/2006	0,082	0,082	0,081	90	375	0,083	0,247	0,079
29/01/2006	0,080	0,078	0,085	130	375	0,082	0,245	0,077
30/01/2006	0,083	0,078	0,078	130	375	0,085	0,241	0,080
31/01/2006	0,081	0,080	0,082	140	375	0,082	0,244	0,078

Continua

	Vazão (L/s)			Vazão (L/d)		Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)
	efl. DP	Retorno DS	Retorno TA	Lodo DP	Lodo Sec.	afil. DP	afil. Tq A/Anox	efl DS
01/02/2006	0,083	0,080	0,078	140	375	0,085	0,242	0,080
02/02/2006	0,082	0,100	0,084	90	0	0,083	0,267	0,083
03/02/2006	0,062	0,104	0,079	120	375	0,063	0,246	0,059
04/02/2006	0,082	0,083	0,083	150	375	0,084	0,251	0,080
05/02/2006	0,080	0,080	0,085	150	375	0,082	0,247	0,077
06/02/2006	0,079	0,082	0,085	180	375	0,081	0,248	0,077
07/02/2006	0,082	0,082	0,082	280	375	0,085	0,248	0,081
08/02/2006	0,080	0,084	0,079	170	375	0,082	0,245	0,078
09/02/2006	0,082	0,080	0,082	170	375	0,084	0,245	0,079
10/02/2006	0,082	0,081	0,080	150	375	0,084	0,245	0,080
11/02/2006	0,080	0,081	0,078	60	100	0,081	0,240	0,080
12/02/2006	0,082	0,078	0,080	60	125	0,083	0,241	0,082
13/02/2006	0,079	0,082	0,080	100	0	0,080	0,243	0,080
14/02/2006	0,083	0,082	0,085	110	375	0,084	0,252	0,080
15/02/2006	0,083	0,078	0,078	140	375	0,085	0,242	0,080
16/02/2006	0,083	0,082	0,083	200	375	0,086	0,250	0,081
17/02/2006	0,080	0,082	0,083	90	375	0,081	0,247	0,077
18/02/2006	0,080	0,079	0,082	70	375	0,081	0,242	0,076
19/02/2006	0,080	0,079	0,081	150	375	0,082	0,242	0,077
20/02/2006	0,083	0,082	0,082	110	375	0,084	0,248	0,080
21/02/2006	0,079	0,080	0,085	180	375	0,081	0,246	0,077
22/02/2006	0,083	0,103	0,082	210	375	0,086	0,271	0,081
23/02/2006	0,081	0,105	0,084	100	0	0,082	0,271	0,082
24/02/2006	0,084	0,082	0,085	150	375	0,086	0,252	0,081
25/02/2006	0,079	0,079	0,085	170	375	0,081	0,245	0,077
26/02/2006	0,081	0,083	0,084	100	375	0,082	0,249	0,078
27/02/2006	0,061	0,084	0,081	170	375	0,063	0,227	0,058
28/02/2006	0,082	0,082	0,081	120	375	0,084	0,247	0,079
01/03/2006	0,083	0,080	0,078	80	375	0,084	0,242	0,080
02/03/2006	0,082	0,080	0,084	900	125	0,092	0,256	0,091
03/03/2006	0,082	0,083	0,079	200	375	0,085	0,247	0,080
04/03/2006	0,082	0,083	0,083	120	0	0,084	0,250	0,084
05/03/2006	0,080	0,080	0,085	260	0	0,083	0,248	0,083
06/03/2006	0,079	0,082	0,085	110	0	0,080	0,248	0,080
07/03/2006	0,082	0,082	0,082	170	0	0,084	0,247	0,084
08/03/2006	0,060	0,105	0,099	100	0	0,061	0,265	0,061
09/03/2006	0,082	0,080	0,082	190	375	0,084	0,245	0,079
10/03/2006	0,082	0,081	0,080	130	375	0,084	0,245	0,080
11/03/2006	0,080	0,081	0,078	120	375	0,081	0,241	0,077
12/03/2006	0,082	0,078	0,080	270	375	0,086	0,244	0,081
13/03/2006	0,079	0,082	0,080	70	375	0,080	0,242	0,076
14/03/2006	0,083	0,082	0,085	220	375	0,086	0,253	0,081
15/03/2006	0,083	0,078	0,078	50	75	0,084	0,241	0,083
16/03/2006	0,083	0,082	0,083	270	125	0,086	0,251	0,085
17/03/2006	0,080	0,082	0,083	150	250	0,082	0,247	0,079
18/03/2006	0,080	0,079	0,082	0	0	0,080	0,241	0,080
19/03/2006	0,080	0,079	0,081	70	250	0,081	0,241	0,078
20/03/2006	0,083	0,082	0,082	180	250	0,085	0,249	0,082
21/03/2006	0,079	0,080	0,085	180	0	0,081	0,246	0,081

Continua

	Vazão (L/s)			Vazão (L/d)		Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)
	efl. DP	Retorno DS	Retorno TA	Lodo DP	Lodo Sec.	afil. DP	afil. Tq A/Anox	efl DS
22/03/2006	0,083	0,082	0,082	210	375	0,086	0,250	0,081
23/03/2006	0,081	0,084	0,084	250	375	0,084	0,252	0,079
24/03/2006	0,084	0,082	0,085	180	0	0,086	0,252	0,086
25/03/2006	0,079	0,079	0,085	220	250	0,082	0,246	0,079
26/03/2006	0,081	0,083	0,084	190	125	0,083	0,250	0,082
27/03/2006	0,081	0,084	0,081	220	375	0,083	0,248	0,079
28/03/2006	0,082	0,082	0,081	190	375	0,085	0,248	0,080
29/03/2006	0,080	0,078	0,085	160	375	0,082	0,245	0,078
30/03/2006	0,083	0,078	0,078	190	375	0,085	0,241	0,081
31/03/2006	0,081	0,080	0,082	140	375	0,082	0,244	0,078
03/04/2006	0,082	0,083	0,079	180	375	0,084	0,247	0,080
04/04/2006	0,082	0,083	0,083	210	375	0,085	0,251	0,080
05/04/2006	0,080	0,080	0,085	190	375	0,082	0,247	0,078
06/04/2006	0,079	0,082	0,085	160	375	0,081	0,248	0,077
07/04/2006	0,082	0,082	0,082	160	250	0,083	0,247	0,081
09/04/2006	0,082	0,080	0,082	200	375	0,084	0,246	0,080
10/04/2006	0,082	0,081	0,080	130	375	0,084	0,245	0,080
11/04/2006	0,080	0,081	0,078	210	375	0,082	0,242	0,078
12/04/2006	0,082	0,078	0,080	150	375	0,084	0,243	0,080
13/04/2006	0,079	0,082	0,080	190	200	0,081	0,244	0,079
14/04/2006	0,083	0,082	0,085	230	375	0,086	0,253	0,082
16/04/2006	0,083	0,082	0,083	180	375	0,085	0,250	0,081
17/04/2006	0,080	0,082	0,083	160	375	0,082	0,247	0,078
18/04/2006	0,080	0,079	0,082	140	375	0,082	0,242	0,077
19/04/2006	0,080	0,079	0,081	120	375	0,081	0,241	0,077
20/04/2006	0,083	0,082	0,082	110	375	0,084	0,248	0,080
21/04/2006	0,079	0,080	0,085	130	375	0,081	0,246	0,076
22/04/2006	0,083	0,082	0,082	170	375	0,085	0,250	0,081
23/04/2006	0,081	0,084	0,084	80	375	0,082	0,250	0,077
24/04/2006	0,084	0,082	0,085	170	375	0,086	0,252	0,082
25/04/2006	0,079	0,079	0,085	170	375	0,081	0,245	0,077
26/04/2006	0,081	0,083	0,084	190	375	0,083	0,250	0,079
27/04/2006	0,081	0,084	0,081	120	375	0,082	0,247	0,078
28/04/2006	0,082	0,082	0,081	160	375	0,084	0,247	0,080
29/04/2006	0,080	0,078	0,085	120	375	0,081	0,245	0,077
30/04/2006	0,083	0,078	0,078	180	375	0,085	0,241	0,081
01/05/2006	0,083	0,080	0,078	100	375	0,084	0,242	0,080
02/05/2006	0,082	0,080	0,084	200	375	0,084	0,248	0,080
03/05/2006	0,082	0,083	0,079	110	375	0,084	0,246	0,079
04/05/2006	0,082	0,083	0,083	170	375	0,084	0,251	0,080
05/05/2006	0,080	0,080	0,085	140	375	0,082	0,246	0,077
06/05/2006	0,079	0,082	0,085	180	375	0,081	0,248	0,077
07/05/2006	0,082	0,082	0,082	210	375	0,084	0,247	0,080
08/05/2006	0,080	0,084	0,079	190	375	0,082	0,245	0,078
09/05/2006	0,082	0,080	0,082	150	375	0,083	0,245	0,079
10/05/2006	0,082	0,081	0,080	200	375	0,085	0,246	0,080
11/05/2006	0,080	0,081	0,078	70	375	0,081	0,240	0,076
12/05/2006	0,082	0,078	0,080	200	375	0,085	0,243	0,080
13/05/2006	0,079	0,082	0,080	110	375	0,080	0,243	0,076

Continua

	Vazão (L/s)			Vazão (L/d)		Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)
	efl. DP	Retorno DS	Retorno TA	Lodo DP	Lodo Sec.	afil. DP	afil. Tq A/Anox	efl DS
14/05/2006	0,083	0,082	0,085	100	375	0,084	0,252	0,080
15/05/2006	0,083	0,078	0,078	150	375	0,085	0,242	0,081
16/05/2006	0,083	0,082	0,083	170	375	0,085	0,250	0,081
17/05/2006	0,080	0,082	0,083	80	375	0,081	0,247	0,077
18/05/2006	0,080	0,079	0,082	170	375	0,082	0,243	0,078
19/05/2006	0,080	0,079	0,081	100	375	0,081	0,241	0,077
20/05/2006	0,083	0,082	0,082	190	375	0,085	0,249	0,081
21/05/2006	0,079	0,080	0,085	170	375	0,081	0,246	0,077
22/05/2006	0,083	0,082	0,082	100	375	0,084	0,249	0,080
23/05/2006	0,081	0,084	0,084	90	375	0,082	0,250	0,078
24/05/2006	0,084	0,082	0,085	80	375	0,085	0,251	0,081
25/05/2006	0,079	0,079	0,085	100	375	0,080	0,244	0,076
26/05/2006	0,081	0,083	0,084	60	375	0,081	0,249	0,077
27/05/2006	0,061	0,105	0,081	100	375	0,062	0,248	0,057
28/05/2006	0,082	0,082	0,081	90	375	0,083	0,247	0,079
29/05/2006	0,080	0,078	0,085	130	375	0,082	0,245	0,077
30/05/2006	0,083	0,078	0,078	130	375	0,085	0,241	0,080
31/05/2006	0,081	0,080	0,082	140	375	0,082	0,244	0,078
01/06/2006	0,083	0,080	0,078	150	375	0,085	0,243	0,081
02/06/2006	0,082	0,080	0,084	100	375	0,083	0,247	0,078
03/06/2006	0,082	0,083	0,079	130	375	0,084	0,246	0,080
04/06/2006	0,082	0,083	0,083	130	375	0,084	0,250	0,080
05/06/2006	0,080	0,080	0,085	120	375	0,081	0,246	0,077
07/06/2006	0,082	0,082	0,082	160	375	0,083	0,247	0,079
08/06/2006	0,080	0,084	0,079	90	375	0,081	0,244	0,077
09/06/2006	0,082	0,080	0,082	80	375	0,083	0,244	0,078
10/06/2006	0,082	0,081	0,080	140	375	0,084	0,245	0,080
11/06/2006	0,080	0,081	0,078	90	375	0,081	0,240	0,077
12/06/2006	0,082	0,078	0,080	70	375	0,083	0,242	0,079
13/06/2006	0,079	0,082	0,080	150	375	0,081	0,243	0,077
14/06/2006	0,083	0,082	0,085	80	375	0,084	0,251	0,080
15/06/2006	0,083	0,078	0,078	50	250	0,084	0,241	0,081
16/06/2006	0,083	0,082	0,083	100	375	0,084	0,249	0,080
18/06/2006	0,080	0,079	0,082	120	375	0,081	0,242	0,077
19/06/2006	0,080	0,079	0,081	70	375	0,081	0,241	0,076
20/06/2006	0,083	0,082	0,082	80	375	0,084	0,248	0,080
21/06/2006	0,079	0,080	0,085	120	250	0,081	0,245	0,078
22/06/2006	0,083	0,082	0,082	80	375	0,084	0,249	0,080
23/06/2006	0,081	0,084	0,084	140	375	0,082	0,250	0,078
24/06/2006	0,084	0,082	0,085	90	375	0,085	0,251	0,081
25/06/2006	0,079	0,079	0,085	110	375	0,080	0,244	0,076
26/06/2006	0,081	0,083	0,084	80	375	0,082	0,249	0,077
27/06/2006	0,081	0,084	0,081	40		0,081	0,246	0,081
28/06/2006	0,082	0,082	0,081	100	250	0,084	0,247	0,081
29/06/2006	0,080	0,078	0,085	90	375	0,081	0,244	0,077
30/06/2006	0,083	0,078	0,078	90	375	0,084	0,240	0,080
01/07/2006	0,083	0,080	0,078	100	375	0,084	0,242	0,080
02/07/2006	0,082	0,080	0,084	170	375	0,084	0,248	0,079
03/07/2006	0,082	0,083	0,079	150		0,084	0,247	0,084

Continua

	Vazão (L/s)			Vazão (L/d)		Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)
	efl. DP	Retorno DS	Retorno TA	Lodo DP	Lodo Sec.	afil. DP	afil. Tq A/Anox	efl DS
04/07/2006	0,082	0,083	0,083	230		0,085	0,251	0,085
05/07/2006	0,080	0,080	0,085	170	375	0,082	0,247	0,078
06/07/2006	0,079	0,082	0,085	110	375	0,080	0,248	0,076
07/07/2006	0,082	0,082	0,082	130	375	0,083	0,246	0,079
08/07/2006	0,080	0,084	0,079	120	375	0,081	0,245	0,077
09/07/2006	0,082	0,080	0,082	140	375	0,083	0,245	0,079
10/07/2006	0,082	0,081	0,080	180	375	0,084	0,245	0,080
11/07/2006	0,080	0,081	0,078	120	375	0,081	0,241	0,077
12/07/2006	0,082	0,078	0,080	160	375	0,084	0,243	0,080
13/07/2006	0,079	0,082	0,080	160	375	0,081	0,243	0,077
14/07/2006	0,083	0,082	0,085	160	375	0,085	0,252	0,081
15/07/2006	0,083	0,078	0,078	90	375	0,084	0,241	0,080
17/07/2006	0,080	0,082	0,083	170	375	0,082	0,248	0,078
18/07/2006	0,080	0,079	0,082	100	125	0,081	0,242	0,080
19/07/2006	0,080	0,079	0,081	160	500	0,082	0,242	0,076
20/07/2006	0,083	0,082	0,082		250	0,083	0,247	0,080
21/07/2006	0,079	0,080	0,085	130	375	0,081	0,246	0,076
22/07/2006	0,083	0,082	0,082	110	375	0,084	0,249	0,080
23/07/2006	0,081	0,084	0,084	130	375	0,082	0,250	0,078
24/07/2006	0,084	0,082	0,085	80	375	0,085	0,251	0,081
25/07/2006	0,079	0,079	0,085	70	375	0,080	0,244	0,076
26/07/2006	0,081	0,083	0,084	140	375	0,082	0,250	0,078
27/07/2006	0,081	0,084	0,081	50	375	0,081	0,246	0,077
28/07/2006	0,082	0,082	0,081	80	125	0,083	0,247	0,082
29/07/2006	0,080	0,078	0,085	130	375	0,082	0,245	0,077
30/07/2006	0,083	0,078	0,078	100	375	0,084	0,240	0,080
31/07/2006	0,081	0,080	0,082	90	375	0,082	0,243	0,078
01/08/2006	0,083	0,080	0,078	130	375	0,085	0,242	0,080
02/08/2006	0,082	0,080	0,084	140	125	0,083	0,247	0,082
03/08/2006	0,082	0,083	0,079	190	375	0,085	0,247	0,080
04/08/2006	0,082	0,083	0,083	150	375	0,084	0,251	0,080
05/08/2006	0,080	0,080	0,085	60	375	0,081	0,245	0,076
06/08/2006	0,079	0,082	0,085	160	375	0,081	0,248	0,077
07/08/2006	0,082	0,082	0,082	130	375	0,083	0,246	0,079
08/08/2006	0,080	0,084	0,079	160	375	0,082	0,245	0,078
09/08/2006	0,082	0,080	0,082	180	375	0,084	0,245	0,079
10/08/2006	0,082	0,081	0,080	200	375	0,085	0,246	0,080
11/08/2006	0,080	0,081	0,078	200	375	0,082	0,242	0,078
12/08/2006	0,082	0,078	0,080	130	375	0,084	0,242	0,080
13/08/2006	0,079	0,082	0,080	140	375	0,081	0,243	0,076
14/08/2006	0,083	0,082	0,085	130	375	0,085	0,252	0,080
15/08/2006	0,083	0,078	0,078	90	375	0,084	0,241	0,080
16/08/2006	0,083	0,082	0,083	70		0,084	0,249	0,084
17/08/2006	0,080	0,082	0,083	250	375	0,083	0,248	0,079
18/08/2006	0,080	0,079	0,082	100	375	0,081	0,242	0,077
19/08/2006	0,080	0,079	0,081	90	250	0,081	0,241	0,078
20/08/2006	0,083	0,082	0,082	150	375	0,085	0,249	0,081
21/08/2006	0,079	0,080	0,085	90	375	0,080	0,245	0,076
22/08/2006	0,083	0,082	0,082	170	375	0,085	0,250	0,081

Continua

	Vazão (L/s)			Vazão (L/d)		Vazão (L/s)	Vazão (L/s)	Vazão (L/s)
	efl. DP	Retorno DS	Retorno TA	Lodo DP	Lodo Sec.	afil. DP	afil. Tq A/Anox	efl DS
23/08/2006	0,081	0,084	0,084	200	375	0,083	0,251	0,079
24/08/2006	0,084	0,082	0,085	200	375	0,086	0,253	0,082
25/08/2006	0,079	0,079	0,085	120	375	0,081	0,245	0,076
26/08/2006	0,081	0,083	0,084	50	375	0,081	0,249	0,077
27/08/2006	0,081	0,084	0,081	120	375	0,082	0,247	0,078
28/08/2006	0,082	0,082	0,081	70	250	0,083	0,246	0,080
29/08/2006	0,080	0,078	0,085	100	375	0,081	0,244	0,077
30/08/2006	0,083	0,078	0,078	100	375	0,084	0,240	0,080
31/08/2006	0,081	0,080	0,082	100		0,082	0,244	0,082
01/09/2006	0,083	0,080		200	168	0,086	0,166	0,084
02/09/2006	0,082	0,080		210	250	0,084	0,164	0,081
03/09/2006	0,082	0,083		80	250	0,083	0,167	0,080
04/09/2006	0,082	0,083		80	252	0,083	0,167	0,080
05/09/2006	0,080	0,080		100	252	0,081	0,161	0,078
06/09/2006	0,079	0,082		200	252	0,082	0,164	0,079
07/09/2006	0,082	0,082		90	252	0,083	0,164	0,080
08/09/2006	0,080	0,084		40	252	0,080	0,164	0,078
09/09/2006	0,082	0,080		110	252	0,083	0,163	0,080
10/09/2006	0,082	0,081		110	252	0,084	0,164	0,081
12/09/2006	0,082	0,078		210	252	0,085	0,163	0,082
14/09/2006	0,083	0,082		120	252	0,085	0,167	0,082
15/09/2006	0,083	0,078		80	250	0,084	0,163	0,081
16/09/2006	0,083	0,082		140	250	0,085	0,166	0,082
17/09/2006	0,080	0,082		130	240	0,082	0,164	0,079
18/09/2006	0,080	0,079		30	240	0,080	0,160	0,078
19/09/2006	0,080	0,079			240	0,080	0,159	0,077
20/09/2006	0,083	0,082		100	240	0,084	0,167	0,082
21/09/2006	0,079	0,080		40	240	0,080	0,160	0,077
22/09/2006	0,083	0,082		160	240	0,085	0,167	0,082
25/09/2006	0,079	0,079		140	240	0,081	0,160	0,078
26/09/2006	0,081	0,083		120	240	0,082	0,165	0,079
28/09/2006	0,082	0,082		240	240	0,085	0,168	0,082
29/09/2006	0,080	0,078		70	240	0,081	0,159	0,078
30/09/2006	0,083	0,078		80	250	0,084	0,163	0,081
01/10/2006	0,083	0,080		70	250	0,084	0,164	0,081
02/10/2006	0,082	0,080		70	252	0,082	0,162	0,079
03/10/2006	0,082	0,083		40	252	0,083	0,166	0,080
04/10/2006	0,082	0,083		80	252	0,083	0,167	0,080
05/10/2006	0,080	0,080		50	252	0,081	0,161	0,078
06/10/2006	0,079	0,082		70	252	0,080	0,162	0,077
09/10/2006	0,082	0,080		190	252	0,084	0,164	0,081
10/10/2006	0,082	0,081		150	252	0,084	0,165	0,081
11/10/2006	0,080	0,081		90	252	0,081	0,162	0,078
12/10/2006	0,082	0,078		100	252	0,084	0,162	0,081
13/10/2006	0,079	0,082		70	252	0,080	0,162	0,077
14/10/2006	0,083	0,082		80	250	0,084	0,167	0,081
15/10/2006	0,083	0,078		70	250	0,084	0,162	0,081
16/10/2006	0,083	0,082		80	252	0,084	0,166	0,081
18/10/2006	0,080	0,079		80	504	0,081	0,160	0,075
19/10/2006	0,080	0,079		110	252	0,081	0,160	0,078

8.2. ANEXO B – SS, OD, pH, Temperatura

Data	Hora	SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
		Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
01/08/05	08:00	270	250	8,20	7,04	7,08	7,01	7,10			
	09:30	260	260								
	11:00	280	270								
	13:00	270	280	6,10							
	15:30	280	260								
02/08/05	07:50	280	270	6,73	7,11	7,18	7,00	7,04	19,3	19,1	18,6
	09:00	280	270								
	10:30	260	270								
	13:00	280	280	6,00							
	15:00	270	260								
03/08/05	08:00	270	270	7,73	7,07	7,17	6,46	6,54	48,6	18,6	18,4
	09:40	270	270								
	12:15	280	260								
	13:45	280	260	6,08							
	15:30	280	270								
04/08/05	07:55	280	280	6,63	7,34	6,99	6,99	6,95	22,6	23,3	21,6
	09:40	270	270								
	11:00	260	240								
	13:30	270	260	5,73							
	15:00	260	250								
05/08/05	07:50	280	270	6,20	7,32	7,32	6,96	6,55	23,2	24,8	24,5
	10:00	270	270								
	12:20	270	280								
	13:50	260	260	1,20							
	15:30	280	270								
06/08/05	12:00	300	290	6,75	7,12	7,20	6,98	6,71	22,4	23	22,1
	13:00	290	280	6,53							
07/08/05	10:50	360	320	6,22	7,17	7,27	7,02	6,70	22,5	23,5	20,9
	12:30	300	300								
	14:00	280	280	6,84							
08/08/05	07:30	260	280	5,45	7,32	7,32	6,96	6,55	23,2	24,8	24,5
	09:15	260	260								
	11:30	270	290								
	13:40	250	250	5,98							
	15:15	240	240								
09/08/05	07:50	300	290	6,80	7,08	7,04	6,19	6,39	21,5	22,1	21
	09:30	290	290								
	11:20	270	270								
	13:30	280	280	6,10							
	15:20	300	300								
10/08/05	07:40	280	270	6,14	7,13	7,08	6,17	5,87	19,3	19,1	17
	09:30	270	270								
	11:15	260	270								
	13:10	270	280	0,90							
	15:20	260	260								
11/08/05	08:00	240	240	6,53	6,94	6,99	6,98	7,00	24,03	23,72	23,89
	11:00	220	210								
	14:00	190	200	6,23							
12/08/05	07:40	280	280	6,23	7,02	7,00	6,42	6,41	22	22,1	20,2
	09:15	260	270								
	11:30	230	230								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	13:50	200	200	6,28							
	15:30	200	190								
13/08/05	12:30	200	200	6,06	7,30	7,21	7,00	6,99	23,8	24	23,3
	14:50	190	200	6,23							
14/08/05	07:50	300	290	6,80	7,08	7,04	6,19	6,39	21,5	22,1	21
	09:30	290	290								
	11:20	290	270								
	13:30	280	280	6,10							
	15:20	310	300								
15/08/05	07:50	280	270	6,73	7,11	7,18	7,00	7,04	19,3	19,1	18,6
	09:00	280	270								
	10:30	260	270								
	13:00	280	280	6,00							
	15:00	270	260								
19/08/05	07:50	280	270	6,73	7,11	7,18	7,00	7,04	19,3	19,1	18,6
	09:00	280	270								
	10:30	260	270								
	13:00	280	280	6,00							
	15:00	270	260								
20/08/05	07:50	280	270	6,73	7,11	7,18	7,00	7,04	19,3	19,1	18,6
	09:00	280	270								
	10:30	260	270								
	13:00	280	280	6,00							
	15:00	270	260								
21/08/05	07:50	280	270	6,73	7,11	7,18	7,00	7,04	19,3	19,1	18,6
	09:00	280	270								
	10:30	260	270								
	13:00	280	280	6,00							
	15:00	270	260								
22/08/05	08:35	200	200	7,30	6,88	6,92	6,95	6,45	23,6	24,1	21,6
	10:15	180	180								
	14:50	160	150	6,09							
	15:30	170	180								
24/08/08	14:30	230	220	6,60							
25/08/05	07:20	240	230	5,91							
	09:30	230	230								
	12:15	220	220								
	15:30	220	210	6,06							
26/08/05	14:50	260	250	6,86							
27/08/05	14:30	180	180								
	16:00	180	180	5,50							
27/08/05	09:45	200	200	6,63							
	13:00	190	180								
29/08/05	07:30	240	240	7,16	6,98	7,00	7,02	6,71	23,9	24,3	21,8
	09:15	240	240								
	11:00	230	240								
	13:30	240	230								
30/08/05	07:50	240	230	6,01	6,98	6,99	7,12	6,99	25,8	25	25,4
	10:00	200	200								
	12:30	220	200	6,12							
	15:00	210	210								
31/08/05	14:45	240	200	5,97							
01/09/05	13:00	180	200	0,20	7,21	7,26	6,92	6,88	24,9	25,1	23,3
	16:00	240	180	6,12							
02/09/05	07:50	240	240	6,17	7,14	7,20	6,78	6,87	22	23,7	21,9
	10:00	210	210								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	12:00	270	270								
	14:00	250	240	6,10							
	15:40	210	200								
03/09/05	14:00	250	260	6,14	7,31	7,46	7,19	7,35	20,1	20,8	20,7
	16:00	290	250								
	17:00	260	260								
04/09/05	09:30	270	260	0,10							
	11:00	270	270								
	12:00	250	230	6,07							
05/09/05	08:00	250	240	6,34							
	10:00	250	240								
	12:00	240	240								
	14:30	230	230	6,06							
06/09/05	07:50	240	230	6,48							
	09:15	240	240								
	11:40	240	220								
	13:30	210	200	6,06							
	15:30	210	210								
07/09/05	08:00	280	280	6,12							
	10:00	270	250								
	12:00	250	250								
08/09/05	08:30	240	240	5,75	7,14	7,37	7,27	7,48	19,9	20,3	18,9
	10:40	230	220								
	12:30	210	210								
	14:00	210	210	6,09							
	15:30	230	220								
09/09/05	07:50	240	240	5,73	7,15	7,25	7,20	7,30	18,4	20	18,6
	09:00	240	240								
	11:30	220	220								
	13:40	260	260	6,07							
	15:30	250	260								
10/09/05	13:15	260	210	6,18							
	16:30	250	240								
11/09/05	08:30	240	220	5,97	7,10	7,27	6,76	6,79	24,3	24,7	23,2
	10:45	240	220								
	13:30	220	220	6,05							
12/09/05	08:10	250	250	6,05	6,92	7,03	6,50	6,30	20	20,5	19,1
	09:50	250	250								
	14:30	230	230	6,08							
	16:00	240	230								
13/09/05	08:00	280	280	6,30	6,51	6,78	6,95	6,38	19,3	19,3	18,5
	10:00	270	250								
	12:00	250	250	6,07							
14/09/05	08:00	240	240	6,02	6,43	6,71	6,80	6,20	19,7	19,9	17,9
	10:00	240	240								
	13:00	240	230	6,07							
15/09/05	08:00	210	210	5,88	6,38	6,52	6,58	6,19	20,4	20,4	18,8
	10:00	230	220								
	13:00	230	220	6,17							
	15:30	240	240								
16/09/05	08:30	230	220	6,17	7,46	7,38	6,75	6,84	23,2	23,9	22,6
	10:30	210	200								
	12:00	200	200								
17/09/05	15:03	280	280	6,11	7,37	7,31	7,00	7,24	21	20,8	19,4
	17:00	270	250								
18/09/05	08:00	200	200	6,10	7,25	7,21	6,78	6,96	20,6	20,2	18,8

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	10:00	220	210								
	12:00	220	220								
19/09/05	07:30	260	250	6,13	7,25	7,30	6,96	7,33	21,6	21,6	21,9
	09:30	250	240								
	11:40	250	250								
	13:40	240	240	6,08							
	15:30	250	240								
20/09/05	07:40	280	280	6,21	7,35	7,30	6,89	7,14	22,8	22,7	22,9
	09:30	270	250								
	11:30	250	250								
	14:00	250	250	6,09							
	15:40	260	250								
22/09/05	08:00	250	250	5,41	7,40	7,68	6,73	6,92	19,8	19,7	19,5
	09:40	250	240								
	11:40	220	230								
	13:30	240	240	5,06							
	15:40	240	230								
23/09/05	07:40	240	250	5,51	7,42	7,45	6,98	7,38	23,6	23,7	23,4
	09:30	250	250								
	11:00	250	250								
	13:50	250	240	5,02							
	15:40	240	240								
24/09/05	08:00	280	280	6,12	7,35	7,38	6,95	7,27	21,7	21,7	21,5
	10:00	270	250								
	12:00	250	250								
25/09/05	08:00	280	280	6,13							
	10:00	270	250								
	12:00	250	250								
26/09/05	08:00	280	280	6,13							
	10:00	270	250								
	12:00	250	250								
10/10/05	08:00	370	270	5,73	6,73	6,86	6,77	6,94	23,3	23,6	22,2
	09:30	450	300								
	12:50	350	290	5,12							
	14:00	590	430								
	15:30	580	480								
11/10/05	08:00	600	520		7,07	7,21	7,10	7,09	24,3	24,4	22,7
	09:30	650	560								
	11:00	600	600								
	12:30	490	490								
	13:30	450	450								
12/10/05	12:15	510	400	5,41	6,95	7,17	6,91	6,80	24,8	23,9	24,2
	15:15	460	380	4,12							
13/10/05	08:40	420	340	4,53	7,28	7,20	6,76	6,71	25,1	26,1	25
	09:55	400	350								
	10:55	320	280								
	12:30	320	260	4,08							
	14:05	340	250								
14/10/05	07:50	330	300	3,93	6,99	6,99	6,86	6,80	23,1	23	22,9
	09:30	300	260								
	11:00	290	260								
	13:20	280	260	4,05							
	15:30	280	260								
15/10/05	14:40	440	340	4,11	7,08	7,12	6,91	6,83	24,3	24,4	24
	15:50	310	300								
	17:00	330	230								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
17/10/05	08:30	300	250	5,08	6,96	6,96	6,79	6,50	24,2	24,1	24,3
	09:45	300	270								
	11:25	290	240								
	12:30	260	250	4,13							
	14:25	250	220								
18/10/05	07:45	240	200	4,38	7,02	7,01	6,89	6,81	20,1	20,2	20,4
	09:00	250	230								
	10:30	270	260								
	12:00	220	210	4,01							
19/10/05	07:50	260	240	3,89	7,10	7,10	7,00	6,97	24,1	24,2	24,8
	19:30	250	240								
	11:20	230	210								
	13:50	200	200	4,17							
	15:30	210	200								
20/10/05	08:00	280	260	5,10	7,18	7,10	7,01	6,96	21,1	21	22,1
	10:00	280	280								
	11:50	240	230								
	13:15	230	230	4,14							
	15:00	250	230								
21/10/05	11:30	290	290	4,30	7,01	7,02	7,00	6,99	24,4	24,5	25
	13:30	300	280								
	14:50	300	270	4,17							
23/10/05	09:00	250	240	4,95	7,22	7,15	7,00	7,00	22,6	22,7	22,5
	11:00	230	220								
	13:00	240	230	4,05							
04/11/05	07:20	300	290	4,08	7,18	7,00	6,52	6,36	23,5	24	23
	09:30	290	280								
	11:30	300	280								
	13:40	290	290	3,08							
	15:30	300	300								
06/11/05	07:45	460	420	3,48	7,02	7,00	6,62	7,00	22,5	23	22
	10:00	450	450								
	12:30	400	400								
	14:00	350	340	3,13							
	16:00	290	290								
07/11/05	08:00	430	430	4,00	6,48	6,73	6,32	6,51	21,6	21,8	21,5
	10:00	500	460								
	12:00	370	410								
	13:30	320	300	3,15							
	15:45	290	270								
08/11/05	07:30	380	330	3,75	5,88	6,23	5,76	5,73	21,9	22	21,1
	09:45	380	400								
	12:00	300	300								
	14:00	290	290	3,09							
	15:30	370	390								
09/11/05	08:20	450	400	3,75	6,92	7,06	6,94	6,88	22,1	22,7	21
	10:00	380	300								
	11:00	320	330								
	12:00	420	400								
	13:20	350	370	3,02							
10/11/05	08:00	380	380	3,40	7,19	7,15	6,36	7,00	21,8	21,4	19,8
	10:10	340	320								
	12:00	290	310								
	14:20	270	270	3,15							
	15:40	270	260								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
11/11/05	07:45	480	490	2,98	6,94	6,88	6,71	6,89	23,1	23,9	23,1
	10:00	510	510								
	11:45	450	450								
	13:00	350	360	3,13							
	14:50	380	370								
12/11/05	15:00	410	300	3,10	7,18	7,22	6,90	6,97	24,7	24,5	24,3
	16:00	480	470								
	17:00	400	400								
13/11/05	08:30	350	300	2,89	7,01	7,00	6,88	6,95	23,5	23,4	23
	09:50	390	320								
	10:50	290	290								
	13:15	250	250	3,15							
	14:15	260	260								
14/11/05	08:00	300	300	3,16	6,78	6,82	6,71	6,80	23,9	23,7	22,9
	10:00	350	320								
	11:30	350	320								
	13:50	350	270	3,10							
	15:00	260	270								
15/11/05	09:50	450	400	3,20	7,09	7,18	6,97	7,96	24	24,3	24,9
	10:30	400	390								
	11:50	410	410								
	13:50	310	310	3,21							
	16:00	280	260								
16/11/05	08:00	260	260	3,98	6,92	6,86	6,71	6,78	24,6	26,1	25,7
	09:30	280	260								
	11:00	250	240								
	13:45	220	220	3,11							
	15:00	250	250								
17/11/05	08:00	400	340	2,83	7,08	7,15	7,03	7,08	23,7	23,8	23,2
	09:30	420	370								
	11:10	450	420								
	12:30	400	360								
	14:50	410	390	3,17							
19/11/05	15:00	380	290	3,04	7,04	6,92	6,87	6,86	24,3	25,6	25,9
	16:00	300	290								
	17:00	280	250								
	18:00	270	240	4,17							
20/11/05	11:00	260	230	2,92							
	12:00	230	230								
	14:00	210	200	3,38							
21/11/05	09:15	170	160	3,43	6,97	6,95	6,73	6,62	24,1	24,6	23,2
	11:00	170	160								
	13:00	180	170	3,08							
	14:30	160	160								
	15:40	170	160								
22/11/05	07:30	230	170	2,89	7,02	7,09	7,11	7,35	24,4	25,6	24,4
	09:30	210	170								
	11:00	220	170								
	13:30	220	160	3,05							
	15:30	230	160								
23/11/05	08:00	270	220	3,27	7,22	7,09	7,06	7,24	25,2	25,8	25,3
	09:00	280	220								
	10:00	290	220								
	12:30	290	210								
	15:30	280	220	3,16							
24/11/05	08:00	310	230	3,08			6,69		24,3	24,2	23,9

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	09:00	250	230		7,00	6,91		6,95			
	10:30	260	240								
	11:30	240	230								
	13:30	230	210	3,00							
25/11/05	07:20	260	220	3,21	7,16	7,17	6,96	7,01	24,2	24,2	24
	10:00	270	220								
	11:50	330	250								
	13:00	250	230	4,08							
	15:20	240	220								
26/11/05	15:30	280	220	3,04	6,92	6,98	6,90	6,96	23,7	23,7	23,6
	16:30	230	200								
	18:00	200	180								
27/11/05	08:00	280	200	3,31	6,74	6,82	6,80	6,91	23,6	23,7	22,7
	09:30	180	180								
	10:40	230	180								
	13:30	180	180	3,19							
	14:30	180	180								
28/11/05	08:30	200	200	3,22	6,96	6,86	6,85	6,76	24,2	24,6	24
	10:30	190	200								
	11:50	190	200								
	14:30	170	170	3,10							
	15:30	180	180								
29/11/05	08:00	210	190	2,98	6,86	7,09	7,14	7,20	24,4	25,1	25
	09:30	210	190								
	11:00	230	190								
	12:00	240	190								
	14:20	260	190	3,01							
30/11/05	08:00	300	210	3,31	6,92	7,02	7,00	7,07	23,7	23,8	23,6
	09:30	290	210								
	10:50	190	260								
	14:20	180	180	3,11							
	15:40	180	180								
01/12/05	08:00	300	200	3,23	7,27	7,20	7,11	7,09	23,7	23,3	23
	09:30	300	210								
	11:30	270	210								
	13:40	290	200	3,08							
	15:30	280	270								
02/12/05	09:10	260	220	3,28	7,00	7,04	6,96	6,92	22,3	22,2	22,6
	09:30	180	160								
	11:30	300	280								
	13:40	170	170	3,12							
	15:30	170	170								
03/12/05	09:00	260	290	3,10	7,09	7,08	6,98	6,97	23,2	23,2	23,3
	10:00	240	300								
	11:30	200	200								
	13:30	180	190	3,15							
04/12/05	07:50	250	180	3,25	7,18	7,00	6,52	6,36	23,5	24	23
	09:00	250	190								
	10:30	190	170								
	13:40	190	170	3,18							
	14:30	160	160								
05/12/05	09:30	240	220	3,43	7,00	7,06	6,87	6,94	24	24,5	24,7
	10:50	200	190								
	12:00	200	200								
	14:00	200	200	3,08							

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	15:30	190	180								
06/12/05	07:10	250	200	3,21	7,00	7,06	6,87	6,94	24	24,5	24,7
	08:50	240	180								
	10:00	250	180								
	12:00	240	180								
	15:00	200	180	3,10							
07/12/05	09:10	290	230	3,65	7,57	7,47	7,27	7,44	23	23,1	21,9
	10:30	240	190								
	11:35	180	180								
	13:00	180	170	3,03							
	15:00	230	170								
08/12/05	09:00	220	190	3,18	7,35	7,63	7,31	7,31	23,5	23,4	21,7
	10:00	240	200								
	11:40	200	190								
	13:30	200	160	3,14							
	15:00	180	170								
09/12/05	08:40	230	200	3,09	7,12	7,09	7,13	7,31	24,1	23,9	23,4
	10:00	250	210								
	11:00	200	200								
	12:30	190	170								
	13:30	200	170	3,05							
10/12/05	08:00	260	200	2,85	6,78	6,96	6,96	7,08	24,4	24,3	23,8
	09:00	280	210								
	10:00	270	210								
	11:00	250	200								
	12:30	230	180	3,02							
11/12/05	09:00	250	210	2,73	7,04	7,01	6,83	7,00	22,1	22,6	21,4
	10:30	250	210								
	11:00	210	200								
	12:00	250	220								
	13:00	240	190	3,20							
12/12/05	11:00	240	180	2,94	6,75	6,80	6,60	6,73	23	22,9	21,8
	12:00	230	190								
	13:30	250	200	3,11							
	14:30	200	180								
	15:30	170	170								
13/12/05	10:30	190	170	3,74	7,84	7,25	7,04	7,10	24,1	24,1	23
	11:30	200	160								
	12:30	210	160								
	13:30	200	160	3,10							
	15:00	200	160								
15/12/05	07:30	280	250	3,25	7,00	7,00	6,91	6,94	23,4	23,2	22,2
	09:00	170	150								
	10:00	200	140								
	11:00	200	140	3,19							
16/12/05	11:30	200	160	2,89	7,05	6,90	6,78	6,86	24,3	24,4	23,8
	12:30	240	170								
	18:20	180	160	3,06							
17/12/05	15:00	250	180	3,32	7,00	6,97	6,71	6,71	24,1	24,5	25,2
	16:00	350	200								
	17:00	180	180								
	17:40	310	230								
	18:20	270	230	3,21							
18/12/05	07:40	320	220	3,76	6,91	6,86	6,65	6,75	22,3	22,2	21,8
	09:00	350	230								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	10:00	250	220								
	11:15	180	180								
	12:30	190	160	3,13							
19/12/05	09:00	190	180	3,51	6,51	6,63	6,38	6,48	23,6	24	23,6
	12:30	210	200								
	13:30	180	180	3,06							
	14:00	160	180								
	15:30	190	160								
20/12/05	09:00	240	200	4,21	7,00	7,12	7,00	7,16	23,8	23,6	23,5
	10:00	250	200								
	10:30	260	210								
	11:30	300	220	3,10							
21/12/05	07:45	260	200	3,19	6,84	6,93	6,81	6,85	23,7	23,4	23
	09:40	270	200								
	11:00	220	190								
	15:00	250	200	3,22							
	15:45	230	190								
22/12/05	09:00	270	210	2,88	7,08	7,10	6,78	6,81	23,9	23,5	21,5
	10:00	270	220								
	11:00	220	200								
	12:00	250	180								
	13:00	170	170	3,25							
23/12/05	08:45	260	200	3,45	6,94	7,10	6,90	7,02	24,7	24,6	24,5
	09:30	300	200								
	11:00	280	210								
	14:30	290	230	3,15							
	16:30	200	200								
24/12/05	08:00	330	260	3,25	7,02	7,04	6,90	6,91	25,4	25,8	25,7
	09:00	350	250								
	10:00	300	250								
	11:30	220	220								
	13:00	180	200	3,05							
25/12/05	08:15	260	240	2,65	6,56	6,67	6,73	6,89	23,4	23,5	23
	09:30	240	220								
	10:20	220	220	3,14							
26/12/05	08:00	210	200	3,51	7,04	6,95	6,52	6,63	24,4	24,6	24,9
	09:50	180	190								
	11:00	180	180								
	14:20	170	170	3,04							
	15:30	170	170								
27/12/05	08:50	220	200	3,71	7,05	7,24	7,34	7,43	23,8	23,7	23,2
	09:35	210	200								
	11:00	230	200								
	14:25	240	200	3,08							
	15:25	230	230								
28/12/05	09:00	260	250	2,61	7,13	7,22	7,42	7,54	23,7	23,8	22,9
	10:30	240	230								
	11:15	240	240								
	14:00	230	230	3,20							
	15:00	230	230								
29/12/05	09:00	40	40	3,83	7,07	7,24	7,26	7,50	24,8	25,3	24,5
	11:30	40	40								
	12:00	180	160								
	14:20	220	140	3,10							
	14:20	180	140								
30/12/05	09:00	200	170	3,23			7,30		24,1	24,4	23,6

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	10:00	200	170		7,11	7,11		7,41			
	11:00	200	170								
	12:20	220	140								
	15:30	220	180	3,10							
31/12/05	07:30	250	210	3,78	7,11	7,11	7,30	7,41	24,1	24,4	23,6
	08:30	250	210								
	09:30	250	210								
	10:30	260	220								
	11:30	280	210	3,16							
01/01/06	09:00	300	240	3,05	6,80	6,85	6,83	7,00	23,5	23,7	22,1
	10:20	310	240								
	11:15	250	240								
	12:20	200	200	3,48							
	15:45	170	170								
02/01/06	11:35	180	180	3,65	6,73	6,88	6,37	6,45	23,6	23,5	22,2
	12:40	210	200								
	13:15	180	190								
	13:55	180	180	3,08							
	15:30	180	200								
03/01/06	10:10	190	190	3,42	7,15	7,04	6,88	7,04	23,2	23	22,7
	11:25	190	190								
	12:20	220	220								
	14:50	180	180	3,03							
	15:55	190	210								
04/01/06	07:30	220	220	3,20	7,15	7,01	6,65	6,68	22	22,2	22,3
	09:05	220	220								
	10:55	210	220								
	11:30	230	230	3,09							
05/01/06	08:20	230	230	3,30	7,25	7,20	7,01,00	7,10	22,6	22,5	21,8
	09:40	220	230								
	10:20	220	230								
	13:05	190	200	3,01							
	14:15	190	200								
06/01/06	07:55	230	230	3,30	7,30	7,31	7,08	7,08	23,6	23,9	23,3
	09:00	250	250								
	11:10	210	220	3,05							
07/01/06	14:50	200	200	3,15							
08/01/06	11:55	320	230	5,34	7,41	7,37	7,08	7,24	25,4	26,2	25,9
	12:30	240	250								
	13:30	250	240	3,11							
09/01/06	10:40	300	280	7,25	7,38	7,28	7,69	7,62	27,6	26,5	25,9
	11:45	250	250								
	15:30	250	250	3,03							
10/01/06	07:55	330	270	4,38	7,38	7,28	7,69	7,62	27,6	26,5	25,9
	09:30	370	270								
	11:20	300	250								
	12:10	250	240	3,10							
11/01/06	07:40	400	280	5,26	7,17	7,17	6,87	6,96	24,2	24,1	23,9
	08:45	370	290								
	09:30	280	280								
	10:30	240	240	3,08							
13/01/06	08:00	300	230	6,82	7,28	7,24	7,08	7,05	25,5	25,5	24,9
	09:20	340	240								
	10:20	350	200								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	11:40	280	200								
	14:25	300	200	3,01							
14/01/06	08:25	280	220	5,32	7,34	7,34	6,90	7,00	26,1	26,6	26,1
	12:45	200	150	3,10							
15/01/06	07:35	200	170	7,64	7,15	7,14	6,98	7,18	24,6	25,1	24,5
	15:35	300	170								
	09:40	500	220	3,14							
16/01/06	08:55	300	250	5,44	6,93	6,98	6,97	7,21	25,6	25,7	25,2
	10:10	300	250								
	11:00	270	250								
	13:40	270	220	3,24							
	14:50	270	230								
17/01/06	09:25	320	240	2,01	7,37	7,35	7,11	7,25	25,4	25,2	24,9
	10:45	370	250								
	11:45	320	240								
	13:20	200	200	3,05							
	14:35	180	180								
18/01/06	07:05	280	220	1,98	7,22	7,40	6,75	6,61	25,4	25,5	24,2
	09:10	250	240								
	10:15	200	200								
	11:10	200	200								
	14:10	190	190	3,22							
19/01/06	09:00	230	230	1,98	7,53	7,16	6,83	6,97	24,9	25,8	25,1
	10:40	250	250								
	11:45	240	240	3,22							
20/01/06	09:10	380	270	2,56	7,29	7,30	6,93	7,04	25,19	25,6	25,1
	10:15	390	280								
	11:00	380	280								
	15:55	330	240	3,11							
21/01/06	08:00	290	220	1,98	7,60	7,18	6,68	6,91	26,9	27,3	27,5
	09:35	320	250								
	10:25	320	220								
	14:35	200	220	3,17							
	15:45	210	230								
22/01/06	07:50	260	230	2,68	7,00	7,01	7,12	7,53	25,5	26,2	25,9
	09:05	250	230								
	09:55	270	240								
	10:35	260	240								
	11:25	250	230	3,10							
23/01/06	08:35	220	210	2,63	6,95	7,04	6,86	7,00	25,4	26,8	26,8
	09:50	250	220								
	10:35	220	220								
	13:15	220	200	3,23							
	15:10	200	200								
24/01/06	08:55	320	220	1,72	7,39	7,37	7,10	7,06	26,3	25,8	24,8
	10:10	360	250								
	10:50	340	240								
	12:50	270	200	3,13							
25/01/06	08:50	250	240	2,83	7,39	7,37	7,10	7,06	26,3	25,8	24,8
	09:50	260	250								
	11:10	200	210								
	11:55	220	220								
	14:55	230	220	3,01							
26/01/06	08:50	250	240	2,83	7,18	7,28	6,88	7,03	26,5	26,7	25,7
	09:50	260	250								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	11:10	200	210								
	11:55	220	220								
	14:55	230	220	3,01							
27/01/06	08:55	270	240	2,63	7,34	7,35	6,96	7,07	25,2	25,1	24
	11:00	320	260								
	11:35	360	250								
	13:15	200	220	3,25							
	14:30	210	210								
28/01/06	07:30	200	200	2,99	7,28	7,30	6,92	7,03	23,7	23,6	23,3
	08:30	220	200								
	10:00	190	180								
	11:30	200	200								
	13:00	190	190	3,02							
29/01/06	07:30	270	220	3,53	7,13	7,26	6,95	7,20	24,1	24,2	23,1
	08:35	350	220								
	10:00	340	230								
	12:40	190	210								
	15:00	150	180	3,17							
30/01/06	09:45	170	170	3,33	6,90	7,08	6,79	6,72	24,8	24,6	23,3
	11:05	180	170								
	12:05	180	170								
	13:20	170	180	3,01							
	14:20	190	180								
31/01/06	08:35	230	200	0,97	7,32	7,36	7,22	7,28	25,1	25,3	24,7
	09:50	240	200								
	10:35	290	230								
	13:40	300	220	2,86							
	14:15	290	210								
01/02/06	08:30	360	250	3,00	7,80	7,34	6,98	7,04	25,6	26,3	25
	13:40	270	240								
	14:50	330	240	3,00							
02/02/06	10:30	100	90	3,00	7,20	7,30	6,80	7,00	25	26	24
	14:45	150	90	3,00							
03/02/06	09:00	190	150	3,00	7,19	7,24	7,12	7,41	27,1	27,2	27,2
	10:15	200	140								
	11:35	250	180								
	13:50	250	180	3,00							
	15:55	270	180								
04/02/06	07:50	260	210	2,10	7,15	7,07	7,05	7,22	29	29,2	28,7
	10:10	300	210								
	11:25	260	200								
	14:15	260	200	3,00							
05/02/06	09:45	350	220	3,00	6,80	6,85	7,20	7,38	26,2	26,9	26,5
	12:25	190	180	3,00							
06/02/06	08:50	190	190	3,00	6,61	6,73	6,55	7,14	26,7	27,3	26,5
	10:05	200	190								
	11:10	220	190								
	14:50	200	190	3,00							
	15:30	220	200								
07/02/06	08:25	250	200	3,00	7,39	7,32	7,06	7,16	24,9	25,8	25,5
	09:50	300	240								
	11:00	360	230								
	14:00	290	210	3,00							
	15:00	200	160								
08/02/06	11:05	360	230	3,00							

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	12:10	300	210								
	14:30	300	250	3,00							
09/02/06	09:10	350	220	3,00							
	10:20	350	250								
	11:00	280	230								
	15:35	140	220	3,00							
10/02/06	08:45	380	230	3,00	7,00	7,04	6,77	6,91	24,1	24,4	24,4
	10:15	370	240								
	11:35	250	240								
	13:20	230	210	3,00							
	14:50	230	200								
11/02/06	13:40	250	230	3,00	7,32	7,42	7,00	7,10	23,2	22,8	22,2
	16:50	250	240								
	18:50	270	240	3,00							
12/02/06	08:25	240	230	3,00	6,76	6,59	6,06	6,25	23,6	24	23,2
	09:55	230	230								
	11:10	200	210								
	12:30	220	200	3,00							
	15:10	240	220								
13/02/06	08:40	230	220	3,00	6,83	6,91	6,28	6,30	24,3	24,5	22,8
	11:40	230	230								
	13:10	220	220	3,00							
	14:45	230	230								
	15:45	240	230								
15/02/06	14:15	280	230	3,00	7,03	7,03	6,46	6,31	25,3	25,7	25,1
	15:30	220	220	3,00							
16/02/06	09:45	250	220	3,00	7,33	7,31	6,74	6,91	24,2	23,9	23,2
	11:10	260	240								
	12:10	220	230								
	14:20	190	210	3,00							
	15:35	190	190								
17/02/06	08:35	290	220	3,00	7,50	7,57	7,15	7,35	24,8	24,7	24,2
	11:00	280	200								
	12:55	300	210								
	14:15	250	210	3,00							
	15:15	200	190								
18/02/06	09:00	240	230	2,80	6,83	6,77	6,38	6,34	25,8	26	25,7
	11:20	230	240								
	13:40	300	210								
	15:30	250	210	3,00							
	18:15	200	200								
19/02/06	09:45	220	210	2,80	7,80	7,70	7,40	7,35	24,6	24,9	25,8
	11:30	210	250								
	13:00	210	210								
	16:10	240	200	3,00							
20/02/06	07:55	250	230	3,00	7,80	7,70	7,40	7,35	24,6	24,9	25,8
	09:05	230	210								
	10:30	250	220								
	12:30	210	210								
	13:50	190	190	3,00							
21/02/06	08:55	260	200	3,00	6,70	6,69	6,46	6,68	25,4	25,8	25,5
	10:55	340	210								
	12:10	340	220								
	13:20	220	200								
	14:10	200	180	3,00							
22/02/06	09:15	250	220	3,00			6,51		25,2	25	22,6

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	13:00	240	220		7,03	7,08		6,44			
	14:50	250	220	3,00							
23/02/06	09:50	250	240	0,00							
	13:00			3,00							
24/02/06	10:10	250	250	3,00	7,09	7,07	6,16	6,40	24,8	25	24,1
	12:05	220	220								
	13:20	230	230	3,00							
	14:20	210	210								
	16:15	200	200								
25/02/06	10:20	230	240	3,00	7,20	7,00	6,74	6,74	25	25,7	25,7
	11:50	230	230								
	15:10	220	220	3,00							
	18:10	210	220								
26/02/06	09:00	230	230	3,00	6,85	6,82	6,76	6,80	25,4	26,2	26,1
	11:10	310	230								
	14:20	220	220	3,00							
	17:10	210	210								
27/02/06	08:00	220	210	3,00	6,84	6,90	6,70	6,83	25,5	25,9	24,9
	10:05	220	210								
	11:20	210	220								
	14:15	240	200	3,00							
	15:55	200	200								
28/02/06	09:00	220	210								
	16:40	230	220	3,00							
01/03/06	09:05	230	210	3,00	7,15	7,29	6,13	5,96	26,3	26,8	25,9
	10:55	200	200								
	12:15	200	190								
	13:25	220	190	3,00							
	15:15	180	160								
02/03/06	09:45	160	180	3,00	7,63	7,40	5,94	6,14	26,2	25,8	25,9
	12:55	180	180								
03/03/06	10:30	180	190	3,00	7,65	7,49	6,65	6,40	26,2	26,9	26,3
	12:00	180	190								
	13:00	180	190	3,00							
	14:15	160	170								
	15:45	180	180								
04/03/06	09:10	230	200	3,00	7,45	7,66	6,93	6,79	25,9	26,7	26
	10:15	230	200								
	11:20	180	190								
05/03/06	08:05	230	230	3,00	7,23	7,22	6,74	6,83	25,1	25,8	24,5
	09:20	230	220								
	10:25	230	220								
	11:40	240	240								
	13:25	240	230	3,00							
06/03/06	11:00	250	250	3,00	7,13	7,19	6,90	6,88	24,9	25,5	24,3
	12:30	240	230								
	13:40	230	220	3,00							
07/03/06	09:15	300	230	3,00	7,58	7,53	6,79	6,88	24,7	24,8	23,6
	10:40	270	230								
	12:05	230	230								
	15:15	230	230	3,00							
	15:50	260	240								
08/03/06	07:05	260	250	3,00	7,83	7,82	7,10	7,23	24,9	25,4	24,6
	09:20	360	290								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	10:00	330	290								
	10:35	350	290								
	11:40	290	270								
09/03/06	09:10	400	350	3,00	7,61	7,63	6,89	7,15	25,6	25,5	25,2
	10:35	400	320								
	11:30	410	300								
	14:20	240	240	3,00							
	15:00	270	230								
10/03/06	09:25	270	240	3,00	7,53	7,72	7,00	7,12	24,2	24,3	24,4
	10:55	390	240								
	13:55	300	260	3,00							
	14:35	290	270								
	15:40	360	220								
11/03/06	12:30	240	240	3,00	7,89	7,69	7,22	7,02	25	25,4	23,3
	13:45	250	240	3,00							
	14:35	250	240								
	15:30	220	230								
	16:15	230	230								
12/03/06	09:50	260	260	3,00	7,85	7,71	7,08	7,16	22,3	23	22,5
	11:45	260	260								
	12:30	250	260								
	13:10	230	240	3,00							
	14:00	220	230								
13/03/06	09:40	300	230	3,00	7,50	7,49	6,85	7,88	24,9	25,7	24,2
	11:25	280	210								
	12:15	250	220	3,00							
14/03/06	09:30	280	250	3,00	7,70	7,75	7,00	7,05	24,8	25,7	25
	11:20	280	240								
	12:20	280	240								
	13:15	250	220	3,00							
	14:45	250	240								
15/03/06	09:05	260	250	3,00	7,67	8,07	7,25	7,13	24,5	24,9	24
	10:20	310	260	3,00							
16/03/06	09:45	190	190	3,00	7,45	7,61	7,16	7,33	25,9	26,4	27,2
	11:30	280	240								
	14:10	340	250	3,00							
	15:35	350	250								
17/03/06	12:00	3000	270	3,00	7,64	7,58	7,26	7,38	26,3	27,3	26,7
	13:30	360	270	3,00							
	15:00	270	250								
19/03/06	07:40	400	360	3,00	7,45	7,43	7,20	7,34	26,4	26,9	26,2
	13:40	400	320	3,00							
	14:55	350	350								
20/03/06	09:05	240	240	3,00							
	11:20	250	250	3,00							
21/03/06	08:55	290	280	3,00	7,36	7,86	7,15	7,34	25,5	26,3	25,4
	13:10	370	260	3,00							
22/03/06	08:45	370	340	3,00	7,63	7,74	7,13	7,25	25,7	26,1	25,3
	12:00	320	310								
	12:40	310	320	3,00							
	14:15	260	260								
	16:05	670	400								
23/03/06	07:00	480	440	3,00	7,86	7,74	7,12	7,22	25,3	25,5	24,8
	09:20	440	440								
	10:10	470	400								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	13:15	350	320	3,00							
	14:55	330	330								
24/03/06				3,00							
				3,00							
25/03/06	07:00	350	290	3,00	7,61	7,88	7,30	7,17	25,3	25,6	24,6
	09:15	350	300								
	10:20	330	300								
26/03/06	12:05	400	350	3,00							
	13:30	330	350	3,00							
27/03/06	09:50	240	250	3,00	7,66	7,65	7,08	7,02	24,5	25,4	24
	11:20	480	270								
	12:15	410	350								
	14:05	330	340	3,00							
	14:50	270	300								
28/03/06	09:05	300	240	3,00	7,55	7,66	7,17	7,11	25,2	26,9	25,5
	11:10	300	290								
	13:25	220	250	3,00							
	14:54	30	260								
29/03/06	09:15	350	250	3,00							
	12:50	210	230	3,00							
30/03/06	09:05	240	240	3,00	7,05	7,29	7,02	7,14	23	22,8	21,8
	10:10	240	220								
	11:25	210	210								
	13:15	210	210	3,00							
	14:00	220	210								
31/03/06	09:10	280	230	3,00	7,16	7,36	7,00	7,12	23,8	24,7	23,7
	10:40	270	230								
	13:40	270	230	3,00							
03/04/06	13:05	350	240	3,00	7,71	7,71	7,40	7,74	24,2	24,8	23,4
	14:30	350	230	3,00							
	15:15	300	210								
05/04/06	09:05	350	300	3,00	8,04	8,38	8,20	8,42	24,2	24,9	23,1
	11:20	250	290								
	12:00	270	270	3,00							
06/04/06	09:30	350	260	3,00							
	11:35	370	320								
	13:15	300	250								
	15:40	280	250								
07/04/06	10:00	220	220	3,00	7,40	7,43	7,40	7,90	24,1	24,8	23,7
	12:10	220	220	3,00							
09/04/06	09:00	240	230	3,00	7,61	7,64	7,70	7,87	24,3	25,3	24,4
	11:35	210	210								
	12:45	210	210	3,00							
10/04/06	09:00	200	200	3,00	8,23	8,38	8,89	8,75	23,5	24,2	24,7
	15:50	210	210	3,00							
11/04/06	06:50	250	220	3,00	8,27	7,43	7,36	7,83	23,3	24	22,4
	10:20	230	230								
	11:35	200	200								
	12:45	200	200								
	14:15	200	200	3,00							
12/04/06	09:20	210	210	3,00	78,55	7,52	7,07	7,12	23,8	24,1	23,8
	10:40	230	230								
	11:30	250	230								
13/04/06	09:10	230	240	3,00	7,49	7,63	7,07	7,08	24,6	25	23,6
	11:10	230	230								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
14/04/06	08:20	330	260	3,00	7,60	7,78	7,14	7,15	24,5	25,3	23,3
	09:35	350	280								
	10:45	270	270								
	12:10	230	240								
	12:50	220	240	3,00							
16/04/06	08:50	250	210	3,00	7,64	7,64	6,86	6,91	23,9	23,2	21,8
	10:40	280	250								
	11:50	320	270	3,00							
17/04/06	09:30	270	270	3,00	7,35	7,28	6,67	6,65	21,8	22,4	20,5
	10:40	270	270								
	13:35	240	220	3,00							
	14:30	240	220								
	15:20	230	230								
18/04/06	10:10	260	210	3,00	7,70	8,26	7,45	7,55	21,8	21,7	19,7
	12:10	260	220								
	12:55	240	220	3,00							
19/04/06	11:20	230	240	3,00	7,29	7,56	6,97	6,80	22,6	23	20,8
	13:05	240	250	3,00							
	14:15	300	230								
20/04/06	08:50	190	190	3,00	7,57	7,60	6,94	7,00	23,7	24,5	22
	10:45	200	190								
	14:35	160	170	3,00							
21/04/06	10:00	190	200	3,00	7,50	7,45	7,10	7,20	23,8	24,7	23,2
	14:45	200	200	3,00							
22/04/06	08:45	240	220	3,00	7,35	7,42	7,10	7,20	23,6	24,1	23,2
	10:30	230	230								
	12:20	230	210	3,00							
23/04/06	08:35	260	260	3,00	7,27	7,36	7,19	7,35	23,6	23,6	21,5
	10:00	350	290								
	10:45	300	250								
	12:10	300	250	3,00							
24/04/06	09:00	220	210	3,00							
	10:40	220	210								
25/04/06	09:10	300	230	3,00	7,56	7,54	7,43	7,49	24,9	25,3	23,9
	11:15	310	250								
	12:05	340	250								
	13:20	300	250	3,00							
	14:30	250	250								
26/04/06	08:50	280	260	3,00	7,50	7,48	7,38	7,47	24	24,6	23,7
	10:30	400	230								
27/04/06	08:40	240	220	3,00	7,75	7,80	7,49	7,62	22,8	23	21,7
28/04/06	09:20	250	250	3,00	7,72	7,63	7,16	7,24	23	23,2	21,5
	10:35	260	260								
29/04/06	09:00	150	180	3,00	7,40	7,44	7,22	7,35	23,5	23,5	22
	11:00	200	200								
	12:05	230	180								
	12:45	260	190	3,00							
	13:35	260	190								
30/04/06	08:10	230	180	3,00	7,69	7,70	7,26	7,35	23,1	22,5	21,3
	10:10	190	180								
	11:25	170	180								
	12:30	180	180	3,00							

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
01/05/06	09:05	230	210	3,00							
02/05/06	08:50	190	140	3,00	7,32	7,31	6,71	6,83	23,8	24,3	23
	12:15	180	170								
	14:00	170	150	3,00							
	15:25	180	150								
03/05/06	10:25	150	150	3,00	7,35	7,61	7,13	7,15	22,3	23,3	20,1
	11:40	180	180	3,00							
04/05/06	09:00	200	170	3,00	7,46	7,53	7,35	7,53	22,5	23,6	21,8
	11:30	200	180								
	13:40	200	180	3,00							
05/05/06	10:50	270	200	3,00	7,46	7,63	7,60	7,72	21,6	22,5	21
	12:10	290	200								
	14:00	250	200	3,00							
	15:10	280	200								
06/05/06	07:35	180	150	3,00	7,62	7,58	7,52	7,74	21,2	21,2	19,7
	09:10	200	150								
	11:05	210	160								
	12:50	200	150								
	13:45	200	150	3,00							
07/05/06	08:10	230	170	3,00	7,40	7,34	7,20	7,32	20,3	22,1	20,7
	12:05	250	180								
	13:30	270	180	3,00							
08/05/06	10:00	260	200	3,00	7,13	7,19	7,03	7,13	21,7	21,4	20,1
	11:50	280	220								
	13:15	260	230	3,00							
	14:20	250	220								
	15:15	250	230								
09/05/06	09:25	290	200	3,00	7,73	7,69	7,56	7,66	22,6	23,5	22,4
	13:50	320	340	3,00							
	15:10	280	240								
10/05/06	09:05	260	230	3,00	7,42	7,48	7,42	7,56	22,7	22,3	20,9
	11:00	300	280								
	12:10	360	280								
	13:30	360	280	3,00							
	14:50	360	310								
11/05/06	09:55	250	200	3,00	7,59	7,55	7,32	7,37	21,7	21,8	20,2
	11:05	240	220								
	13:05	320	230	3,00							
12/05/06	09:45	300	240	3,00							
13/05/06	09:30	250	250	3,00	6,90	7,03	6,86	6,89	20,8	21	21
	11:30	240	230								
	14:30	230	230	3,00							
	18:00	230	220								
14/05/06	10:00	230	230	3,00	7,79	7,86	7,07	7,14	20,6	21	20,6
	12:30	220	230								
	14:30	230	240	3,00							
	17:00	220	220								
15/05/06	10:10	240	190	3,00	7,23	7,31	6,93	6,96	22	21,9	20,4
	12:15	210	200								
	13:35	210	200	3,00							
	14:35	210	200								
	15:25	240	180								
16/05/06	11:05	200	190	3,00	7,45	7,41	6,32	6,43	20,1	22,4	20,7
	12:10	200	200								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	13:30	190	1900	3,00							
	14:35	200	190								
	15:30	190	190								
17/05/06	08:55	150	150	3,00	7,66	7,68	7,42	7,70	21,8	22,5	19,7
	11:05	180	170								
	12:30	200	160								
	14:10	200	160	3,00							
	15:10	190	160								
18/05/06	12:35	200	190	3,00	7,65	7,59	7,38	7,48	20,7	23,9	22,6
	14:10	190	180	3,00							
	15:05	200	180								
20/05/06	10:30	230	2400	3,00	7,69	7,71	7,59	7,78	20,6	19,7	20,1
	12:30	240	240								
	14:30	240	240	3,00							
	17:00	240	220								
21/05/06	10:15	2300	210	3,00	7,33	7,34	7,18	7,31	20,4	22,3	21
	11:35	250	200								
	12:35	320	230								
	15:45	270	210	3,00							
	16:35	240	210								
22/05/06	11:25	200	170	3,00	7,15	7,24	7,01	7,06	21,1	21,2	20,4
	12:55	200	170								
	14:25	220	190	3,00							
23/05/06	18:55	200	180	3,00	7,92	7,88	7,65	7,76	19,8	19,9	18,8
	12:55	200	180	3,00							
24/05/06	08:50	120	120	3,00	7,77	7,81	7,28	7,44	19,7	19,3	17,8
	14:45	140	140	3,00							
25/05/06	09:00	160	160	3,00	7,74	7,76	7,01	7,17	19,7	19,3	17,8
	10:35	170	170								
	11:50	170	170								
	14:05	160	160	3,00							
	15:20	150	150								
26/05/06	09:50	170	170	3,00	7,76	7,81	7,37	7,57	19,6	20,3	20,3
	10:25	170	170								
	11:35	160	160								
	13:15	160	160	3,00							
	14:25	170	170								
27/05/06	08:55	270	240	2,63	7,34	7,35	6,96	7,07	25,2	25,1	24
	11:00	320	260								
	11:35	360	250								
	13:15	200	220	3,25							
	14:30	210	210								
28/05/06	07:30	200	200	2,99	7,28	7,30	6,92	7,03	23,7	23,6	23,3
	08:30	220	200								
	10:00	190	180								
	11:30	200	200								
	13:00	190	190	3,02							
29/05/06	07:30	270	220	3,53	7,13	7,26	6,95	7,20	24,1	24,2	23,1
	08:35	350	220								
	10:00	340	230								
	12:40	190	210	3,17							
	15:00	150	180								
30/05/06	09:45	170	170	3,33	6,90	7,08	6,79	6,72	24,8	24,6	23,3
	11:05	180	170								
	12:05	180	170								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	13:20	170	180	3,01							
	14:20	190	180								
31/05/06	08:35	230	200	0,97	7,32	7,36	7,22	7,28	25,1	25,3	24,7
	09:50	240	200								
	10:35	290	230								
	13:40	300	220	2,86							
	14:15	290	210								
01/06/06	10:10	250	230	3,00	8,01	7,85	7,54	7,67	21,9	21,7	20,5
	12:00	290	260								
	13:30	290	240	3,00							
02/06/06	08:40	220	200	3,00							
	10:20	220	210								
03/06/06	13:40	380	300	3,00	7,50	7,70	7,35	7,37	21,3	22,2	20,9
	15:20	400	280								
	16:15	330	270								
04/06/06	09:45	360	250	3,00	7,20	7,15	6,97	7,09	21,7	22,8	20,7
	11:35	320	250								
	13:35	290	240	3,00							
	14:40	280	230								
05/06/06	08:40	320	250	3,00	7,22	7,11	7,03	7,02	21,6	21,1	20,2
	10:15	290	260								
	11:35	290	240								
	14:45	400	300	3,00							
07/06/06	08:40	320	300	3,00	8,04	7,72	7,48	7,58	21,5	21,4	20,9
	10:20	300	280								
	11:40	300	300								
	12:30	300	280	3,00							
08/06/06	07:35	300	270	3,00	7,69	7,74	7,18	7,30	20,1	19,9	18,8
	09:25	260	260								
	11:50	210	250								
	12:35	200	250								
	13:50	200	240	3,00							
09/06/06	09:00	350	220	3,00	7,73	7,64	7,30	7,38	21,4	20,8	20,6
	10:30	300	250								
	11:30	300	260	3,00							
10/06/06	08:30	310	240	3,00	7,77	7,49	7,22	7,22	22	22,4	22,1
	10:00	flotou	240								
	12:30	260	230								
	14:30	flotou	210	3,00							
	16:30	220	220								
11/06/06	08:20	290	230	3,00	7,50	7,44	7,39	7,49	22,7	22,9	22,1
	10:00	250	220								
	12:30	270	220								
	14:50	270	220	3,00							
12/06/06	09:35	270	220	3,00	7,41	7,32	7,24	7,25	20,8	20,6	19,5
	11:35	260	220								
	12:50	220	210								
	14:55	220	220	3,00							
13/06/06	06:35	220	210	3,00	7,69	7,73	7,48	7,57	21,1	21,2	19,8
	09:30	200	200								
	14:40	210	210	3,00							
14/06/06	08:10	250	220	3,00	7,62	7,48	7,27	7,35	19,4	19,3	18,6
	10:40	250	220								
	11:40	210	210	3,00							
15/06/06	07:25	230	230	3,00			7,50		20	19,5	17,9

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	08:45	230	200		7,97	7,63		7,58			
	13:35	250	220								
	14:40	260	210	3,00							
16/06/06	08:00	250	230	3,00	7,24	7,26	7,16	7,37	19,9	19,9	18,1
	09:45	250	220								
	13:45	260	210	3,00							
	15:20	220	190								
18/06/06	09:00	*240	230	3,00	7,46	7,47	7,14	7,31	21,1	21,6	21
	11:20	*240	250								
	12:40	230	230								
	15:30	220	220	3,00							
19/06/06	11:20	210	210	3,00	7,77	7,86	7,23	7,15	21,3	21,2	22,2
	14:20	220	220	3,00							
	17:50	190	200								
20/06/06	09:30	Flotou	220	3,00	7,54	7,63	7,53	7,66	22	23	21,1
	12:10	220	230								
	15:10	220	220	3,00							
21/06/06	17:00	250	220	3,00	7,67	7,64	7,45	7,45	21,2	21,4	22,1
	19:30	230	220	3,00							
22/06/06	08:30	250	230	3,00	7,56	7,55	7,45	7,72	23,3	24	22,4
	10:10	250	220								
	12:20	260	230	3,00							
23/06/06	09:00	220	220	3,00	7,46	7,32	7,41	7,63	22,4	21,6	22,5
	11:30	230	220								
	14:00	220	220	3,00							
	16:00	250	210								
	18:50	240	210								
24/06/06	09:00	280	230	3,00	7,96	7,83	7,59	7,69	21,1	21,6	22,1
	11:00	270	220								
	13:30	260	240	3,00							
	16:20	240	210								
25/06/06	08:50	220	200	3,00	7,30	7,21	7,21	7,37	21,7	22,3	22,5
	11:15	210	190								
	13:30	220	200	3,00							
	16:20	250	200								
26/06/06	09:40	210	210	3,00	7,48	7,38	7,22	7,27	20,3	20,2	19,2
	12:20	190	180								
	14:05	200	200	3,00							
	16:30	160	160								
27/06/06	08:00	200	190	3,00	7,71	7,73	7,51	7,71	19,1	18,9	19,2
	17:40	170	160	3,00							
28/06/06	09:10	200	160	3,00	7,80	7,75	7,65	7,75	18,7	19,1	17,6
	13:00	180	160	3,00							
	15:40	380	270								
	18:00	290	240								
29/06/06	09:30	310	25	3,00	7,68	7,70	7,63	7,76	19,5	19,6	19,1
	12:10	290	230								
	14:40	290	220	3,00							
	16:40	250	210								
30/06/06	09:20	260	220	3,00	7,68	7,60	7,25	7,24	20,7	21,5	20,5
	11:40	240	210								
	14:30	220	210	3,00							
	16:45	200	200								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
01/07/06	09:45	280	220	3,00	7,55	7,58	7,38	7,57	20	19,8	20,4
	12:00	260	210								
	14:25	Flotou	220	3,00							
	18:40	200	200								
02/07/06	09:55	270	260	3,00	7,35	7,36	7,23	7,16	19,7	19,4	19,2
	12:35	220	220								
	15:25	220	220	3,00							
	18:15	190	180								
03/07/06	09:55	210	210	3,00	7,45	7,44	7,11	7,00	21,3	22,1	20,6
	12:05	200	200								
	15:05	190	200	3,00							
04/07/06	09:35	260	220	3,00	7,59	7,70	7,50	7,53	20,8	21	21,5
	13:15	240	210	3,00							
	17:15	230	220								
05/07/06	09:45	flotou	240	3,00	7,56	7,62	7,23	7,31	20,4	20,5	21
	12:15	flotou	240								
	14:55	flotou- 220	230	3,00							
	18:20	240	220								
06/07/06	09:20	flotou	240	3,00	7,71	7,54	7,40	7,45	21,3	21,9	21,1
	12:10	270	230								
	14:30	260	230	3,00							
	16:30	280	230								
07/07/06	09:40	flotou	210	3,00	7,76	7,67	7,41	7,52	21,5	22,3	21,9
	12:00	flotou	200								
	14:30	flotou	200	3,00							
	16:30	flotou	200								
08/07/06	09:55	flotou	210	3,00	7,41	8,05	7,46	7,59	21,5	22,4	22,9
	13:00	flotou	200	3,00							
	15:30	flotou	210								
	18:00	200	200								
09/07/06	08:10	flotou	230	3,00	7,29	8,23	7,19	7,16	22,6	23,1	23,1
	11:00	220	210								
	13:35	200	190	3,00							
	16:05	190	190								
10/07/06	11:10	210	200	3,00	6,88	7,03	6,80	6,82	19,5	19,4	19,3
	13:20	200	200	3,00							
	14:55	180	200								
11/07/06	07:35	220	190	3,00	7,52	7,62	7,41	7,49	20,8	20,4	20,1
	09:45	180	180								
	13:20	190	190	3,00							
	15:10	190	180								
12/07/06	08:30	240	200	3,00	7,50	7,69	7,55	7,62	21,5	22,2	20,9
	10:55	200	200								
	13:30	200	190	3,00							
	15:10	180	180								
13/07/06	08:10	200	190	3,00	7,65	7,53	7,27	7,49	21,3	21,3	20,1
	10:05	200	200								
	11:25	220	220								
	13:40	200	200	3,00							
	15:05	210	210								
14/07/06	08:10	220	220	3,00							
15/07/06	08:20	270	250	3,00	7,54	7,60	7,32	7,40	20	20,1	29,2
	10:25	250	230								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
17/72006	07:35	220	230	3,00	7,24	7,25	7,17	7,16	18,6	19,6	17,7
	09:25	210	220								
	14:50	300	230	3,00							
18/07/06	08:00	300	240	3,00							
19/07/06	07:40	300	250	3,00	7,29	7,42	7,33	7,41	19,9	19,6	18,5
	09:35	250	240								
	14:40	190	190	3,00							
20/07/06	07:55	250	230	3,00							
	11:30	210	210								
21/07/06	07:45	230	230	3,00	7,44	7,53	7,48	7,56	18,7	18,6	17,7
	14:50	260	260	3,00							
22/07/06	09:05	flotou	260	3,00	7,47	7,55	7,30	7,19	22	23,5	23
	12:10	flotou	250								
	15:25	flotou	240	3,00							
	17:30	flotou	230								
23/07/06	08:20	280	220	3,00	7,45	7,42	7,30	7,36	21,5	22,7	23,1
	09:55	450	280								
	13:20	380	280	3,00							
	15:50	400	290								
24/07/06	09:05	300	250	3,00	7,35	7,31	7,16	7,19	23,3	23,5	23
	11:05	250	250								
	14:15	320	240	3,00							
25/07/06	08:20	260	230	3,00	7,39	7,50	7,45	7,66	19,9	20,4	19,5
26/07/06	10:15	280	200	3,00	7,66	7,48	7,49	7,63	22,6	22,7	21,2
	11:45	280	140								
	13:30	260	190	3,00							
	14:05	200	190								
27/07/06	07:50	220	220	3,00	7,40	7,60	7,30	7,50	20	19	19
	09:15	200	200	3,00							
28/07/06	07:45	140	140	3,00	7,61	7,60	7,27	7,30	22,7	22,1	21,1
	10:15	120	190								
29/07/06	07:55	300	200	3,00	7,32	7,34	7,44	7,39	20,9	21	21,3
	10:05	220	190								
	13:10	220	180	3,00							
30/07/06	07:45	240	190	3,00	7,07	7,10	7,06	7,19	18,8	18,8	17,1
	09:30	250	210								
	11:40	220	210	3,00							
31/07/06				3,00							
				3,00							
01/08/06	08:50	230	230	3,00	7,77	7,66	7,31	7,28	19,2	18,7	17,6
	14:10	240	230	3,00							
02/08/06	09:15	260	230	3,00	7,59	7,93	7,50	7,39	18,7	18,9	17,9
03/08/06	09:10	210	210	3,00	7,89	7,74	7,51	7,54	20,4	20,2	18,9
	12:00	200	200								
	13:50	180	180	3,00							
04/08/06	09:45	200	200	3,00	7,83	7,63	7,54	7,62	21,9	22,1	20,7
	11:45	220	220								
05/08/06	08:30	Flotou	230	3,00	7,72	7,72	7,32	7,35	22,5	22,7	22,5
	10:45	320	240								
	12:40	280	260								
	15:40	240	230	3,00							

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
06/08/06	11:00	320	230	3,00	7,44	7,31	7,20	7,35	21,4	22,6	23,7
	13:00	330	240	3,00							
	15:00	300	220								
	17:20	240	220								
07/08/06	09:00	220	210	3,00	7,08	7,16	7,15	7,20	22,3	22	20,6
	11:10	210	210								
	14:55	200	200	3,00							
08/08/06	09:10	200	200	3,00	7,40	7,55	7,40	7,52	21,2	21,5	20,2
	11:00	190	190								
	14:50	200	190	3,00							
09/08/06	09:00	200	200	3,00	7,49	7,65	7,01	7,30	21,5	21,4	20,2
	10:40	190	190								
	15:25	200	200	3,00							
10/08/06	09:00	240	240	3,00	7,42	7,59	7,30	7,21	22,6	22,1	20,7
	10:45	170	230								
	14:20	200	240	3,00							
	15:30	180	230								
11/08/06	09:35	220	220	3,00							
12/08/06	08:05	180	200	3,00	7,30	7,33	7,23	7,31	20,6	20,5	20
	09:50	160	220								
	14:10	190	190	3,00							
13/08/07	08:20	200	190	3,00	7,15	7,26	7,26	7,40	23,1	22,3	20,9
	10:50	250	200								
	12:20	250	200	3,00							
14/08/06	09:00	280	200	3,00	7,20	7,19	7,16	7,34	21,5	22,2	20,8
	11:15	290	210								
	13:45	200	200	3,00							
	15:30	300	190								
15/08/06	06:50	230	210	3,00	7,74	7,72	7,49	7,57	23,8	24	22,3
	08:55	200	200								
	11:40	150	190								
	14:00	120	160	3,00							
16/08/06	08:15	100	100	3,00	7,68	7,77	7,70	7,92	22,2	22,3	21,5
	10:10	80	110								
	14:25	140	110	3,00							
17/08/06	09:55	200	200	3,00	7,87	7,60	7,63	7,81	23,2	23,6	22,6
	12:55	190	190								
	13:45	180	170	3,00							
	14:45	150	150								
18/08/06	08:35	230	180	3,00	7,75	7,61	7,64	7,79	21,7	21,2	20,8
	10:45	190	190								
	12:20	190	170								
	15:10	150	160	3,00							
19/08/06	10:15	160	180	3,00	7,79	7,69	7,55	7,70	21,6	21,2	20,7
	12:00	160	200	3,00							
20/08/06	09:30	flotou	190	3,00	7,63	7,50	7,41	7,35	21,9	21,2	21,5
	12:00	Flotou	200								
	13:30	200	200	3,00							
	16:10	210	200								
21/08/06	06:40	180	180	3,00	7,03	7,07	7,01	7,04	20,8	19,7	18,4
	09:05	180	160								
	10:10	200	170								
	13:20	130	140	3,00							

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
22/08/06	09:30	210	190	3,00	7,55	7,71	7,74	7,87	21,9	22,5	19,9
	14:15	190	120	3,00							
23/08/06	08:30	210	170	3,00	7,48	7,57	7,63	7,86	19	19,2	17,1
	11:25	150	170								
	13:45	180	150	3,00							
24/08/06	09:10	160	160	3,00	7,69	7,68	7,63	7,84	20,9	21,1	18,9
	14:15	200	170	3,00							
25/08/06	08:40	180	170	3,00	7,53	7,46	7,39	7,48	24	24,5	24,1
	13:40	170	170	3,00							
	15:20	170	170								
26/08/06	08:15	230	190	3,00	7,61	7,68	7,65	7,86	20,8	21,1	20
	12:40	200	190	3,00							
27/08/06	08:45	220	200	3,00	7,24	7,30	7,29	7,45	20,6	20,3	19,6
	10:25	250	200								
	11:35	220	180	3,00							
28/08/06	08:45	170	170	3,00	7,31	7,29	7,20	7,31	20,8	20,7	19,9
	10:10	180	180								
	12:45	240	160	3,00							
29/08/06	09:00	180	180	3,00	7,70	7,68	7,60	7,79	18,7	18,7	17,9
	11:40	220	170								
	13:40	180	170	3,00							
30/08/06	08:15	220	190	3,00	7,80	7,92	7,84	8,06	19,2	19,2	17,3
	10:35	230	180								
	12:50	220	180	3,00							
	14:25	220	170								
31/08/06	09:05	250	200	3,00							
01/09/06	09:25	250	210	3,00	7,56	7,56	7,75	8,02	21,6	21,6	20,3
	13:55	240	220	3,00							
02/09/06	09:20	280	260	3,00	7,83	7,79	7,66	7,65	20,6	20,8	20,5
	12:00	270	280								
	14:00	270	270	3,00							
	15:50	240	250								
03/09/06	10:15	260	270	3,00	7,66	7,72	7,35	6,19	20	20	20,5
	12:10	230	250								
	14:40	270	250	3,00							
	16:45	250	240								
04/09/06	09:35	270	250	3,00	7,52	7,47	7,11	6,98	18,8	18,8	17,7
	11:20	200	230								
	15:00	230	230	3,00							
05/09/06	08:55	200	220	3,00	7,47	7,74	7,62	6,68	18,2	18,1	15,4
	12:05	200	220								
	13:30	1800	200	3,00							
06/09/06	08:50	190	190	3,00	7,89	7,81	7,70	7,72	17,5	19,3	17,1
	14:55	180	180	3,00							
07/09/06	07:30	180	180	3,00	7,68	7,73	7,68	7,70	18,9	18,6	16,7
	09:40	180	180								
	12:30	130	140	3,00							
08/09/06	07:40	160	160	3,00	7,30	7,41	7,35	7,26	19,7	19,8	18,2
	10:00	150	150								
	11:10	150	150								
	12:30	160	160								

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	14:45	150	150	3,00							
09/09/06	06:20	150	170	3,00	7,67	8,64	7,42	7,50	19,3	19,5	17,9
	08:55	150	170								
	10:40	140	160								
	11:45	120	150	3,00							
10/09/06	06:50	160	190	3,00	7,30	7,39	7,10	7,82	20,3	20,1	19,8
	09:10	150	170								
	10:35	150	10								
12/09/06	08:50	170	190	3,00	7,77	7,73	7,24	6,90	22,5	22,3	21,3
	10:30	150	170								
	14:05	100	120	3,00							
14/09/06	08:30	150	150	3,00	7,80	7,79	6,83	6,74	22,1	22,6	21,2
	10:25	150	150								
	14:55	130	130	3,00							
15/09/06	12:10	160	180		7,94	7,87	6,60	7,96	24,6	25,6	23,5
	14:40	1530	140	3,00							
16/09/06	09:40	170	180	3,00	7,93	8,78	7,13	7,20	21,2	21,3	20,4
	12:05	150	160								
	14:00	200	200	3,00							
17/09/06	10:20	200	210	3,00	7,83	8,82	6,57	6,87	20,6	20,6	20,9
	13:15	200	1200	3,00							
	14:45	170	180								
	16:25	180	180								
18/09/06	10:00	180	190	3,00	7,41	7,42	6,84	6,54	21,6	21,4	19,7
	11:55	150	170								
	13:45	150	170	3,00							
19/09/06	12:15	150	180		7,70	7,78	7,47	7,40	22,7	22,9	21,1
	13:55	120	170	3,00							
20/09/06	08:50	140	160	3,00	7,85	7,89	7,23	7,03	21,5	21,9	20,3
	10:35	130	160								
	13:55	140	160	3,00							
21/09/06	09:25	140	150	3,00	7,89	7,82	7,19	7,12	21,9	21,8	20,5
	11:30	140	150								
	13:55	130	140	3,00							
22/09/06	08:40	150	150	3,00	7,54	7,56	6,88	6,71	21,8	21,4	20,3
	12:40	140	150								
	13:45	100	130	3,00							
25/09/06	09:45	200	210	3,00	7,41	7,56	6,63	6,19	20,5	20,4	18,2
	12:10	180	190								
	14:30	170	190	3,00							
	15:00	180	190								
26/09/06	09:15	180	190	3,00	7,68	7,82	7,58	7,54	20,8	20,3	18,3
	11:00	170	170								
	13:45	160	180	3,00							
28/09/06	08:30	170	170	3,00	7,98	7,88	7,04	6,67	21	21,5	20,4
	12:35	160	160	3,00							
29/09/06	08:20	180	170	3,00	7,51	7,55	6,73	6,26	21,3	21,3	20,4
	10:10	160	160								
30/09/06	09:10	160	170	3,00	7,70	7,93	6,65	6,45	20,7	20,6	19,6
	11:15	140	150								
	14:35	140	140	3,00							

		SS m/L	OD mg/L	pH				Temp °C			
Data	Hora	Tq aeração	T Aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração	Esg. bruto	Efl. D P	Efl final	T aeração
	16:30	140	150								
01/10/06	10:40	150	160	3,00	7,78	7,74	6,96	6,22	21,2	21,2	20,7
	13:15	150	150	3,00							
	15:15	160	160								
	17:00	150	150								
02/10/06	08:40	160	150	3,00	7,61	7,57	6,87	6,23	21,2	20,9	20,3
	13:30	140	140	3,00							
03/10/06	08:55	170	170	3,00	7,87	7,97	7,07	6,64	22,4	22,1	21,4
	10:40	150	150								
	14:15	150	150	3,00							
04/10/06	09:25	170	170	3,00	7,88	7,95	6,59	6,26	22,9	22,8	21,6
	13:30	180	160	3,00							
05/10/06	08:40	150	150	3,00	7,73	7,92	6,81	6,34	22,3	22,2	21,4
	11:25	150	140								
	14:10	160	130	3,00							
06/10/06	09:20	150	150	3,00	7,99	8,06	6,93	6,46	23,1	23,1	22
	13:50	130	150	3,00							
	15:00	130	140								
09/10/06	10:45	230	240	3,00	7,54	7,66	6,88	6,12	22,6	22,8	21,3
	13:45	230	230	3,00							
10/10/06	08:55	240	230	3,00	7,86	7,97	7,56	6,92	23,6	23,6	22,6
	10:40	220	220								
	13:55	220	200	3,00							
11/10/06	09:50	200	190	3,00	8,04	8,01	6,87	6,30	23,9	23,4	22,1
	12:00	200	200								
	13:40	190	200	3,00							
12/10/06	09:20	190	180	3,00	7,90	8,01	6,96	6,82	23,2	23,1	22,1
	13:00	180	180	3,00							
	15:10	150	150								
13/10/06	08:35	140	160	3,00	7,87	7,82	7,20	6,95	22,5	22,4	21,4
	11:05	140	140								
	14:15	130	130	3,00							
14/10/06	08:40	190	170	3,00	8,12	8,13	7,22	6,82	24,5	24,3	24,9
	10:35	170	160								
	13:00	170	170	3,00							
	16:10	160	180								
15/10/06	09:25	180	180	3,00	7,83	7,76	6,59	5,97	23,7	24,7	25
	11:25	150	160								
	14:05	160	170	3,00							
	15:55	140	150								
16/10/06	09:40	170	160	3,00	7,62	7,58	7,17	6,65	23	23,2	22,7
	11:05	150	140								
	14:15	150	150	3,00							
18/10/06	09:50	160	150	3,00	8,01	8,04	7,77	7,68	22	21,8	20,8
	14:00	100	100	3,00							
19/10/06	09:40	150	140	3,00	7,69	7,71	7,67	7,71	21,2	21,1	20,2
	13:30	130	130	3,00							

8.3. ANEXO C – AFL. DEC. PRIMÁRIO – DQO, DBO_{5,20}, P, N-NH₃, NTK, SST,

SSV, ST, SV

Data	DQO mgO ₂ /L	DBO mgO ₂ /L	FOSFORO mg P/L	N-NH ₃ mg N- NH ₃ /L	NTK mg N- NTK/L	SST mg/L	SSV mg/L	SS mL/L	ST mg/L	SV mg/L
22/03/05	491,0	300	5,62	35,0	39,0	197	194	7,5	563	256
23/03/05	263,0	117	6,53	37,0	41,0	160	115	13,0	577	253
29/03/05	396,0	240				500	240	27,0		
31/03/05	295,0	169						8,0		
05/04/05	268,0	250	3,38	56,0	67,0	68	43	6,0	511	203
07/04/05	253,0	45	3,98	38,0	47,0	90	70	4,5	515	391
12/04/05	301,0	181	6,32	63,0	84,0	180	132	8,0	550	210
14/04/05	341,0	110	4,24	67,0	114,0	290	260	8,0	324	291
19/04/05	781,0	260	16,00	33,0	69,0	325	205	13,0	750	420
26/04/05	318,0	125	6,32	55,0	96,0	260	220	10,0	706	319
28/04/05	353,0	229	6,04	38,0	67,0	165	130	14,0	449	246
03/05/05	462,0	134	6,32	30,0	84,0	255	200	11,0	764	321
05/05/05	377,0	165	7,74	29,0	31,0	230	180	14,0	860	375
11/05/05	462,0	186	7,72	28,0	47,0	280	240	15,0	890	710
18/05/05	462,0	188	7,16	37,0	48,0	315	260	15,0	919	510
24/05/05	477,0	190	4,74	34,0	56,0	320	215	11,0	830	685
31/05/05	759,0	402	12,00	32,0	48,0	380	285	11,0	925	405
07/06/05	528,0	172	21,00	39,0	53,0	270	200	9,0	787	331
16/06/05	456,0	162	6,74	28,0	56,0	250	235	14,0	744	390
22/06/05	409,0	137	4,98	31,0	49,0	190	150	10,0	650	279
29/06/05	528,0	219	12,00	26,0	74,0	270	170	10,0	898	497
06/07/05	652,0	173	8,48	21,0	33,0	265	225	11,0	778	347
13/07/05	528,0	330	12,00	40,0	53,0	215	130	10,0	694	293
20/07/05	462,0	194	5,92	45,0	51,0	160	110	8,0	1.070	340
27/07/05	365,0	170	5,78	33,0	45,0	250	220	7,0	691	252
04/08/05	436,8	176	7,63	39,6	56,2	203	150	1,5		
11/08/05	431,1	364	5,06	40,0	54,8	147	107	2,0	576	172
18/08/05	479,8	175	4,88	22,9	26,1	333	283	1,5	582	238
01/09/05	654,7	260	3,12	51,4	63,1	235	200	6,0	668	316
05/09/05			4,09	16,6	24,0					
06/09/05			10,16							

Data	DQO mgO2/L	DBO mgO2/L	FOSFORO mg P/L	N_NH3 mg N- NH3/L	NTK mg N- NTK/L	SST mg/L	SSV mg/L	SS mL/L	ST mg/L	SV mg/L
				23,8	33,8					
08/09/05	424,2	186	5,09	44,2	67,8	250	195	5,0	658	302
15/09/05	305,9		4,24	45,7	56,0					
16/09/05			5,31	47,4	57,1					
22/09/05	524,3	173	4,86	51,2	61,4	185	135	3,0	616	290
23/09/05	526,7	175	4,80	56,2	64,0					
29/09/05	646,2	302	5,73	53,5	62,5	433	313	6,5	748	314
06/10/05	1.022,2	402	7,34	51,8	53,5	607	420	1,4	1.106	520
13/10/05	505,7	178	5,04	42,8	51,6	253	180	5,0	656	286
20/10/05	728,6	208	4,93	53,1	64,2	374	260	6,0	726	292
27/10/05	539,2	308	5,26	40,8	47,6	213	153	7,5	626	294
03/11/05	447,2	292	5,98	25,5	32,9	233	207	10,0	660	372
10/11/05	571,2	294	7,24	53,1	67,4	320	237	8,0	792	348
17/11/05	790,4	151	7,36	53,4	58,8	480	348	13,0	938	488
24/11/05	599,1	295	6,94	22,0	28,2	447	293	15,0	850	332
01/12/05	436,7	318	5,37	45,9	77,0	280	197	13,0	616	282
08/12/05	509,6	337	6,01	88,5	106,1	268	182	4,0	680	312
15/12/05	551,1	358	45,96	36,2	50,1	303	197	6,0	832	338
22/12/05				35,5	54,1					
05/01/06	343,4	146	5,73	24,9	33,6	512	222	10,0	696	212
19/01/06	675,2	335	6,09	59,3	62,4	560	247	8,0	1.082	358
02/02/06	493,8	220	4,47	46,1	61,1	420	213	5,0	868	300
16/02/06	460,3	370	4,40	39,6	49,5	357	207	13,0	762	302
09/03/06	646,1	339	5,28	37,1	45,1	483	193	12,0	1.182	422
23/03/06	570,4	361	2,29	75,2	84,7	440	233	26,0	770	150
12/04/06	439,4	171	4,33	48,6	70,2	300	160	6,0	752	276
27/04/06	579,5	268	9,08	88,1	107,3	480	205	4,5	1.078	378
11/05/06	591,7	158	6,72	35,1	48,2	320	210	6,5	656	286
25/05/06	547,6	209	4,90	56,2	70,4	303	217	4,0	756	332
02/06/06				59,8	63,6					
05/06/06				20,2	30,6					
08/06/06	514,2	241	4,31	59,5	64,2	310	203	5,5	744	306
12/06/06	672,0	305	6,22	18,3	25,8	393	260	9,6	897	419
14/06/06	610,9	278	5,66	59,1	73,6	358	237	8,8	815	381
19/06/06	549,8	250	5,09	23,4	35,3	322	213	7,9	734	343

Data	DQO mgO2/L	DBO mgO2/L	FOSFORO mg P/L	N_NH3 mg N- NH3/L	NTK mg N- NTK/L	SST mg/L	SSV mg/L	SS mL/L	ST mg/L	SV mg/L
22/06/06	707,5	314	7,01	69,1	89,1	405	270	12,0	886	456
26/06/06				23,6	25,6					
29/06/06				59,6	72,8					
03/07/06				19,3	35,9					
10/07/06				13,7	32,1					
12/07/06				41,2	54,5					
13/07/06	1.063,2	251	7,07	47,0	75,4	897	483	36,0	1.510	708
17/07/06				19,7	28,7					
20/07/06				45,2	64,7					
24/07/06				14,4	28,3					
26/07/06				34,3	60,2					
27/07/06	505,5	222	5,31	43,3	63,8	350	210	1,0	776	362
31/07/06				15,3	22,8					
02/08/06				56,2	69,0					
07/08/06				19,9	62,5					
10/08/06	793,8	346	11,00	125,1	163,3	460	284	38,0	1.048	440
14/08/06				20,6	34,1					
16/08/06	563,2	234		55,3	63,0					
21/08/06				22,9	33,7					
24/08/06	2.638,0	919	10,56	51,9	97,8	1.187	790	70,0	1.688	984
28/08/06				21,5	31,6					
30/08/06				55,4	66,5					
04/09/06				25,6	37,3					
05/09/06	551,0	307								
14/09/06	716,0	515	5,85	70,1	92,2	467	273	25,0	910	386
18/09/06				23,9	37,3					
20/09/06	516,0	312		50,9	58,2					
21/09/06				25,8	33,5					
28/09/06	728,0	302	6,06	59,7	85,1	573	300	23,0	1.088	484

8.4.ANEXO D – EFL. DEC. PRIMÁRIO – DQO, DQO_{sol}, DBO_{5,20}, P, N_NH₃, NTK, SST, SSV, ST, SV

Data	DQO mg O ₂ /L	DQO _{sol} mg O ₂ /L	DBO mgO ₂ /L	FOSFORO mg P/L	Psol- mgPPO4/L	N_NH ₃ mg NNH ₃ /L	NTK mg NNTK/L	SST mg/L	SSV mg/L.	SS mL/L	ST mg/L	SV mg/L	AlcBic mgCaCO ₃ /L
24/02/05	237,0			3,56		41,0	51,0						46
08/03/05	212,0			3,84		30,0	39,0						347
09/03/05	290,0		97	6,64			39,0						384
10/03/05	274,0		164	0,23		39,0	48,0						434
14/03/05	142,0		35	2,54		18,0	22,0						236
22/03/05	268,0		164	4,24		10,0	31,0	84	74	3,5	465	194	464
23/03/05	155,0		48	5,01		12,0	44,0	54	40	4,0	437	128	437
31/03/05	212,0		183										
05/04/05	202,0		114	2,22		28,0	37,0	60	40		498	165	40
07/04/05	197,0		42	3,86		30,0	44,0	25	15		474	280	425
12/04/05	193,0		90	3,74		61,0	114,0	20	20		395	167	248
14/04/05	290,0		127	3,26		58,0	96,0	90	65		234	167	219
19/04/05	253,0		110	13,00		43,0	47,0	45	35		540	355	232
26/04/05	347,0		140	8,80	0,77	28,0	49,0	85	55		589	263	232
28/04/05	242,0		142	21,00	0,47	36,0	44,0	100	70		419	173	180
03/05/05	295,0		130	5,12	2,60	28,0	66,0	132	112		593	226	246
05/05/05	227,0		149	7,90	6,09	32,0	46,0	105	90		770	325	241
11/05/05	301,0		153	7,25	6,00	27,0	27,0	125	90	2,5	760	625	260
18/05/05	290,0	128,0	102	5,64	3,73	54,0	67,0	120	100	2,5	605	263	230
24/05/05	312,0	169,0	159	5,52	3,02	30,0	41,0	160	115	2,5	490	300	247
31/05/05	415,0	232,0	116	9,76	5,13	28,0	49,0	85	65	4,0	620	254	232
07/06/05	371,0	237,0	88	15,00	10,00	30,0	35,0	135	115	2,0	540	200	230
16/06/05	284,0	169,0	139	6,46	2,43	30,0	35,0	70	60	1,5	526	218	186
22/06/05	307,0	164,0	126	4,24	2,18	30,0	43,0	130	95	3,0	540	270	25
29/06/05	365,0	222,0	132	6,88	3,54	55,0	66,0	100	65	0,5	523	176	240
06/07/05	290,0	169,0	105	3,68	5,54	20,0	22,0	170	160		509	190	235
13/07/05	279,0	155,0	186	22,00	17,00	21,0	45,0	180	130		583	206	252
20/07/05	290,0	178,0	190	4,14	2,24	18,0	22,0	100	80		395	275	233
27/07/05	284,0	133,0	76	5,00	1,66	31,0	41,0	105	70		569	199	210

Data	DQO mg O2/L	DQOsol mg O2/L	DBO mgO2/L	FOSFORO mg P/L	Psol- mgPPO4/L	N_NH3 mg NNH3/L	NTK mg NNTK/L	SST mg/L	SSV mg/L.	SS mL/L	ST mg/L	SV mg/L	AlcBic mgCaCO3/L
04/08/05	481,7	252,3	203	7,06	2,72	39,4	50,9	215	195	0,1			245
11/08/05	356,9	199,1	161	5,20	2,88	43,8	52,7	203	147	0,2	562	194	230
18/08/05	414,3	220,26	169,2	4,971	2,072	25,53	26,85	156,7	120	0,1	624	206	257
01/09/05	1001,39	780,18	311,4	2,419	1,992	50,91	52,76	160	100	1,5	574	236	281
05/09/05				3,12	1,051	20,09	25,53						
06/09/05				4,167	2,315	33,87	42,24						
08/09/05	600,67	318,53	284,8	3,943	1,902	46,44	62,37	122,9	71,4	0,1	518	176	273
15/09/05	361,4	200,33		4,315	2,189	47,85	58,98						269
16/09/05				4,867	2,103	55,74	64,55						
22/09/05	344,2	168,2	134	4,53	2,13	54,4	65,3	157	140	0,3	502	236	285
23/09/05	355,35		142,3	4,351	2,145	49,65	61,82						
29/09/05	345,34	180,05	150,7	3,769	1,711	47,76	53,05	128	108	0,2	524	176	291
06/10/05	447,71	201,16	200,8	2,236	2,095	52,95	62,73	195	162,5	0,3	564	210	276
13/10/05	350,1	166,6	125	4,12	2,02	37,8	43,8	120	105	0,2	484	192	237
20/10/05	363,67	184,44	146,1	4,397	2,037	45,94	57,15	134	98	0,2	500	158	257
27/10/05	331,1	174,59	176,3	4,344	0,941	40,03	44,49	160	104	0,2	534	186	230
03/11/05	299,24	121,3	120,1	4,5	2,108	33,16	39,96	124	98	0,2	492	256	215
10/11/05	355,43	163,33	154,6	5,294	3,315	43,44	56,77	94	76	0,2	536	172	263
17/11/05	501,43	273,6	113,6	5,431	2,827	63,88	64,16	180	140	0,4	582	254	314
24/11/05	199,6	84,1	93	5,72	3,64	24,1	32,7	87	66	0,9	454	160	170
01/12/05	328,71	164,65	155,1	4,152	1,865	45,23	76,35	132	106	0,1	530	204	235
08/12/05	386,4	201,3	191	5,26	2,39	64,2	83,5	147	112	0,3	610	234	355
15/12/05	342,3	169,1	378	21,36	10,98	38,9	55,0	133	113	0,5	590	238	248
22/12/05						37,97	51,69						
05/01/06	172,0	89,2	89	3,77	0,61	22,8	27,8	130	87	0,1	392	94	165
19/01/06	322,0	172,3	151	3,57	1,80	51,1	58,8	140	90	0,1	554	172	266
02/02/06	353,4	290,5	175	3,08	1,11	54,8	60,9	180	118	0,2	554	210	265
16/02/06	209,7	112,9	114	2,63	1,03	33,4	38,7	118	78	0,2	472	164	225
09/03/06	219,9	136,7	99	5,39	0,28	40,4	46,5	120	78	0,1	496	162	240
23/03/06	195,0	131,2	102	2,55	1,10	77,0	90,3	100	64	0,1	428	79	221
12/04/06	309,68	161,51	133,2	2,465	1,27	46,79	70,11	130	84	0,1	556	232	229
27/04/06	402,79	282,19	171,6	9,64	6,539	80,72	98,95	150	96,7	0,1	712	248	375
11/05/06	428,4	297,91	118,8	5,716	2,337	39,18	48,15	162	120	0,1	512	198	380
25/05/06	407,03	214,57	163,6	4,182	2,621	56,37	67,05	200	154	0,2	568	194	381
02/06/06						57,76	66,58						

Data	DQO mg O2/L	DQOsol mg O2/L	DBO mgO2/L	FOSFORO mg P/L	Psol- mgPPO4/L	N_NH3 mg NNH3/L	NTK mg NNTK/L	SST mg/L	SSV mg/L.	SS mL/L	ST mg/L	SV mg/L	AlcBic mgCaCO3/L
05/06/06						18,52	26,63						
08/06/06	341,27	163,08	163,3	3,327	1,97	60,92	63,12	195	135	0,4	562	210	283
12/06/06	461	209	216	4	3	21,33	30,42	216	150	0	657	254	316
14/06/06	419,34	190,375	196,8	3,9365	2,5245	53,84	64,97	196,5	136,5	0,45	597	231	287,5
19/06/06	377	171	177	4	2	21,4	33,13	177	123	0	537	208	259
22/06/06	497,41	217,67	230,3	4,546	3,079	70,85	79,89	198	138	0,5	632	252	292
26/06/06						19,44	23,4						
29/06/06						63,01	66,36						
03/07/06						20,15	27,22						
10/07/06						17,72	28,73						
12/07/06						44,72	51,02						
13/07/06	326,56	186,09	88,53	2,71	0,874	43,65	52,47	120	84	0,1	498	190	237
17/07/06						18,64	23,97						
20/07/06						52,92	64,96						
24/07/06						20,2	23,83						
26/07/06						40,12	57,27						
27/07/06	398,35	208,31	151,8	4,309	1,533	46,28	59,72	170	116	0,5	546	244	286,8
31/07/06						15,83	21,64						
02/08/06						50,84	56,14						
07/08/06						17,73	22,57						
10/08/06	414,5	242,09	200,5	20,07	20,85	120,01	149,24	170	108	0,2	756	270	305
14/08/06						20,43	23,96						
16/08/06	445,695	211				59,57	64,99						
21/08/06						21,17	28,32						
24/08/06	687	446	313	3,9	2,39	50,64	63,19	192	146	0,1	626	224	303
28/08/06						23,45	39,31						
30/08/06						77,5	80,49						
04/09/06						22,7	30,26						
05/09/06	339		207										
14/09/06	382	230	241	3,704	2,86	58,17	68,52	152,9	107	0,1	558	190	299,5
18/09/06						23,426	42,772						
20/09/06	375	196				59,016	63,904						
25/09/06						25,288	27,815						
28/09/06	417	217		5,421	2,934	50,375	65,503	134	100	0,2	630	298	306,2

Data	DQO mg O2/L	DQOsd mg O2/L	DBO mgO2/L	DBOs mgO2/L	FOSFORO mg P/L	O mgPPO4/L	N NH3 mg NNH3/L	NTK mg NNTK/L	SST mg/L	SSV mg/L	SS mL/L	ST mg/L	SV mg/L	AlcBic mgCaCO3/L
11/08/05	88,52	46,89	76,2	11,13	3,396	2,464	1,2	6,2	37	21	0,1	378	82	67
18/08/05	111,42	55,63	80,32	11,64	3,787	2,143	5,7	11,3	58	42	0,1	460	128	42
01/09/05	109,61	58,26	36,48	16,72	4,009	2,331	0,1	4,0	48,6	34,3	0,1	442	142	33
05/09/05					2,27	1,948	0,4	2,8						
06/09/05					2,595	2,112	1,3	3,0						
08/09/05	75,13	42,06	45,9	9,883	2,742	2,063	17,5	20,6	31	28	0,1	392	124	101
15/09/05	78,71	59,23			2,888	2,102	7,5	10,1						51
16/09/05					2,888	2,033	3,8	6,7						
22/09/05	94,7	46,1	46	6	3,04	1,96	5,3	8,5	18	16	0,1	390	122	38
23/09/05	102,9		73		2,73	2,12	8,2	10,9						
29/09/05	92,25	59,62	41,37	9,44	2,738	2,077	3,7	6,3	34	26	0,1	444	90	41
06/10/05	112,38	42,64	57,21	12,5	2,518	2,034	1,1	3,6	48	41	0,1	426	82	40
13/10/05	68,1	39,3	21	6	3,60	2,37	0,2	1,4	15	9	0,1	424	116	47
20/10/05	83	43,95	31,68	10,78	2,667	2,186	6,5	7,6	28,5	25,4	0,1	382	66	85
27/10/05	66,26	46,39	26,82	10,49	2,678	1,041	0,1	1,3	32	21	0,1	408	114	37
03/11/05	65,05	40,55	19,36	< 6	2,933	2,229	1,1	2,3	14,6	11,5	0,1	458	222	52
10/11/05	58,54	39,26	18,09		2,515	2,127	0,7	2,3	11	7,5	0,1	410	76	40
17/11/05	70,7	53,04	34,01	23,29	2,586	2,159	1,7	2,8	13,5	12,5	0,1	378	96	77
24/11/05	52,8	35,4	23	6	1,49	0,96	0,2	2,1	15	12	0,1	358	102	51
01/12/05	59,44	39,58	38,55	13,23	5,015	4,048	4,5	7,1	14	11,5	0,1	412	106	86
08/12/05	88,3	56,6	87	9	2,88	1,76	20,0	23,8	22	19	0,1	482	110	160
15/12/05	98,68	35,05	68,86	14,52	2,582	2,011	8,3	9,7	10,4	7,2	0,1	416	98	86
22/12/05							0,6	3,5						
05/01/06	46,61	24,91	11,59	7,698	2,738	0,803	0,3	1,7	29,3	23,3	0,1	308	102	48
19/01/06	59,23	36,47	19,93	11,66	3,115	2,625	1,7	2,6	14	11,3	0,1	432	94	49
02/02/06	74,85	42,81	32,28	16,45	1,379	0,837	0,1	1,9	27,5	18,3	0,1	380	108	32
16/02/06	55,83	38,26	24,9	13,32	1,387	1,147	1,2	9,9	17,3	12,7	0,1	380	96	36
09/03/06	45,9	33,6	14	11	3,11	1,11	1,9	5,7	14	11	0,1	360	66	37
23/03/06	61,41	38,86	27,9	19,54	1,224	0,913	0,3	3,5	20	14,7	0,1	372	55	34
12/04/06	69,78	42,75	46,46	10,42	1,525	0,938	0,3	7,6	28	17,3	0,1	395	99	39
27/04/06	79	61,76	77,54	11,32	5,009	4,346	16,3	22,4	24,3	12,9	0,1	494	142	90
11/05/06	112,84	77,64	85,76	20,19	5,687	2,937	8,0	11,3	45	36	0,1	434	84	53
25/05/06	96,92	56,94	41,65	13,52	2,799	2,065	2,6	6,8	43	31	0,1	470	154	39
02/06/06							7,5	10,0						

Data	DQO mg O2/L	DQOsol mg O2/L	DBO mgO2/L	DBOs mgO2/L	FOSFORO mg P/L	O mgPPO4/L	N NH3 mg NNH3/L	NTK mg NNTK/L	SST mg/L	SSV mg/L	SS mL/L	ST mg/L	SV mg/L	AlcBic mgCaCO3/L
05/06/06							0,1	2,0						
08/06/06	63,58	42,41	36,75	6,917	2,101	2	3,9	7,4	30	27,5	0,1	412	96	38
12/06/06	88	53	82	9	3	2	0,1	2,0	45	32		484	113	77
14/06/06	79,94	48,265	74,175	8,4735	2,3405	1,8095	2,4	5,1	40,65	28,75	0,1	440	103	70
19/06/06	72	43	67	8	2	2	0,1	3,3	37	26	0	396	93	63
22/06/06	96,3	54,12	111,6	10,03	2,58	1,619	16,1	19,6	51,3	30	0,1	468	110	102
26/06/06							0,1	1,0						
29/06/06							15,7	17,0						
03/07/06							0,1	2,3						
10/07/06							0,5	1,6						
12/07/06							14,3	18,2						
13/07/06	95,04	60,51	98,33	14,3	2,283	3,046	15,7	16,9	43,8	25	0,1	386	120	100
17/07/06							0,6	1,4						
20/07/06							11,8	15,0						
24/07/06							0,7	1,0						
26/07/06							21,5	26,8						
27/07/06	96,13	51,81	57,96	10,79	2,868	2,091	2,9	7,3	30	24	0,1	418	144	70,7
31/07/06							0,2	4,2						
02/08/06							4,3	5,8						
07/08/06							0,1	0,5						
10/08/06	119,74	48,48	64,29		3,889	2,433	1,0	11,0	55	40	0,1	564	144	87,87
14/08/06							0,1	0,8						
16/08/06	153,041	141					34,1	39,9						
21/08/06							0,7	1,7						
24/08/06	75	51	61	9	1,67	1,76	21,3	27,0	24	13	0,2	458	88	146,5
28/08/06							0,3							
30/08/06							32,7	38,2						
04/09/06							3,9	4,8						
05/09/06	149		81											
14/09/06	123	60	88	25	2,664	2,756	8,3	12,9	49,2	34	0,1	536	192	10,2
18/09/06							5,6	6,1						
20/09/06	110	66					14,3	19,4						
25/09/06							3,1	4,8						
28/09/06	159	62	103	20	3,88	2,396	7,7	14,8	71	53	0,2	572	260	63,6

8.6. ANEXO F – TANQUE DE AERAÇÃO – SST, SSV, ST, SV

Data	SST mg/L	SSV mg/L	SS mL/L	ST mg/L	SV mg/L	SF mg/L
24/02/05	130	85				
08/03/05	2.015	1.655				
09/03/05	2.560	2.045				
10/03/05	2.240	1.930				
14/03/05	5.170	4.560				
22/03/05	2.004	1.212	295	2.256	1.434	822
23/03/05	1.780	1.420	290	2.510	1.688	822
29/03/05	1.780	1.420	350			
31/03/05			190			
05/04/05	1.460	1.280	280	2.162	1.433	729
07/04/05	1.880	1.360	265	2.202	1.470	732
12/04/05	1.700	1.400	285	2.026	1.412	614
14/04/05	2.480	2.080	290	3.287	2.087	1.200
19/04/05	1.700	1.200	230	2.265	1.800	465
26/04/05	2.100	1.800	210	2.775	2.006	769
28/04/05	2.040	1.420	250	2.089	1.461	628
03/05/05	2.120	1.560	240	2.360	1.601	759
05/05/05	1.620	1.300	210	2.235	1.585	650
11/05/05	1.300	1.060	160	1.950	1.400	550
18/05/05	1.720	1.460	260	2.231	1.594	637
24/05/05	2.120	1.700	305	2.610	2.185	425
31/05/05	2.060	1.740	280	2.820	1.994	826
07/06/05	1.920	1.360	220	2.169	1.511	658
16/06/05	1.900	1.380	150	1.989	1.435	554
22/06/05	1.240	1.000	240	1.782	1.240	542
29/06/05	2.280	1.640	250	2.434	1.687	747
06/07/05	1.420	1.040	190	1.896	1.270	626
13/07/05	2.040	1.660	300	2.408	2.001	407
20/07/05	2.220	1.480	280	2.325	1.525	800
27/07/05	2.800	1.860	340	2.937	1.900	1.037
04/08/05	2410	1850	360			
08/08/05	2.560	1.930				
10/08/05	1.740	1.130				
11/08/05	1.950	1.420	420	2.298	1.550	748
17/08/05	1.770	1.420				
18/08/05	2.020	1.540	270	2.412	1.596	816
22/08/05	1.700	1.290				
25/08/05	2.140	1.593				
29/08/05	1.940	1.500				
31/08/05	2.110	1.580				
01/09/05	1.750	1.310	240	2.118	1.402	716
05/09/05	2.230	1.660				
08/09/05	2.340	1.640	330	2.674	1.698	976
12/09/05	2.210	1.670				
15/09/05						
19/09/05	2.430	1.820				
21/09/05	2.150	1.580				
22/09/05	2.050	1.620	280	2.424	1.616	808
26/09/05	2.820	2.140				
28/09/05	3.310	2.385				
29/09/05			660	3.838	2.600	1.238

Data	SST mg/L	SSV mg/L	SS mL/L	ST mg/L	SV mg/L	SF mg/L
03/10/05	3.780	2.840				
05/10/05	3.700	2.760				
06/10/05	3.520	2.680	590	3.668	2.528	1.140
10/10/05	2.940	2.200				
13/10/05	2.593	2.060	430	2.986	2.068	918
14/10/05	2.890	2.210				
17/10/05	2.320	1.700				
19/10/05	1.950	1.510				
20/10/05	1.960	1.410	420	2.776	1.844	932
24/10/05	1.960	1.410				
26/10/05	2.450	1.730				
27/10/05	2.350	1.630	300	2.542	1.664	878
03/11/05	3.460	2.480	300	3.880	2.670	1.210
07/11/05	3.310	2.380				
09/11/05	2.490	1.760				
10/11/05	2.500	1.820	370	4.770	3.302	1.468
16/11/05	2.470	1.830				
17/11/05	2940	2060	450	3254	2200	1054
23/11/05	2020	1510				
24/11/05	2.110	1.670	300	2.324	1.538	786
28/11/05	1.940	1.400				
30/11/05	2.030	1.530				
01/12/05	2.080	1.530	270	2.302	1.500	802
05/12/05	2.120	1.460				
07/12/05	1.800	1.240				
08/12/05	1.910	1.500	230	3.340	2.234	1.106
12/12/05	1.950	1.430				
15/12/05	1.430	1.150	170	1.806	1.146	660
16/12/05	1.900	1.370				
19/12/05	1.870	1.200				
21/12/05	2.080	1.460				
26/12/05	2.310	1.600				
28/12/05	2.310	1.690				
04/01/06	1.810	1.270				
05/01/06	2.260	1.550	330	2.544	1.530	1.014
09/01/06	2.690	1.710				
11/01/06	2.560	1.730				
16/01/06	2.540	1.630				
18/01/06	1.950	1.400				
19/01/06	2.470	1.650	180	3.006	1.820	1.186
23/01/06	2.100	1.190				
25/01/06	2.400	1.560				
30/01/06	1.820	980				
01/02/06	2.820	1.750				
02/02/06	950	740	110	1.324	754	570
06/02/06	2.280	1.440				
08/02/06	2.270	1.410				
13/02/06	2.520	1.540				
15/02/06	2.690	1.710				
16/02/06	2.670	1.660	370	3.236	1.920	1.316
20/02/06	2.410	1.600				
22/02/06	2.390	1.600				
03/03/06	1.980	1.290				
06/03/06	2.390	1.510				
08/03/06	2.920	1.850				
09/03/06	2.740	1.770	440	3.380	2.016	1.364

Data	SST mg/L	SSV mg/L	SS mL/L	ST mg/L	SV mg/L	SF mg/L
13/03/06	2.110	1.220				
15/03/06	2.330	1.520				
20/03/06	2.660	1.690				
22/03/06	2.060	1.100				
23/03/06	3.100	1.960	800	3.574	1.104	683
30/03/06	2.040	1.400				
03/04/06	2250	1500				
05/04/06	2590	1730				
10/04/06	2210	1530				
12/04/06	2250	1430	240	2726	1634	1092
17/04/06	2480	1560				
19/04/06	2430	1460				
24/04/06	2260	1350				
26/04/06	3120	2010				
27/04/06	2750	1750	330	3174	1862	1312
02/05/06	1760	1240				
03/05/06	2230	1460				
08/05/06	2180	1580				
10/05/06	2670	1820				
11/05/06	2810	2000	290	3506	2304	1202
15/05/06	1940	1400				
17/05/06	1720	1180				
22/05/06	1900	1410				
24/05/06	1590	1150				
25/05/06	1900	1380	210	2380	1496	884
29/05/06	1900	1260				
31/05/06	2230	1550				
05/06/06	2420	1670				
07/06/06	2990	2160				
08/06/06	2400	1730	150	2950	1918	1032
12/06/06	2150	1550				
14/06/06	2070	1470				
19/06/06	1750	1280				
21/06/06	2350	1430				
22/06/06	2260	1530	270	2854	1808	1046
26/06/06	2070	1410				
28/06/06	2840	1870				
03/07/06	1990	1350				
05/07/06	2100	1160				
10/07/06	2100	1300				
12/07/06	2290	1580				
13/07/06	2470	1620	290	2956	1828	1128
17/07/06	2200	1480				
19/07/06	2740	1750				
24/07/06	2370	1610				
26/07/06	2740	2000				
27/07/06	2900	2100	310	3118	2110	1008
31/07/06	2130	1470				
02/08/06	2360	1680				
07/08/06	1730	1230				
09/08/06	2170	1590				
10/08/06	2700	1930	290	2830	1776	1054
24/08/06	1510	1090	210	1892	1208	684
14/09/06	2090	1490	210	2578	1742	836
19/09/06	2120	1630				
24/09/06	2740	2150				

Data	SST mg/L	SSV mg/L	SS mL/L	ST mg/L	SV mg/L	SF mg/L
28/09/06	2580	1980	230	3204	2248	956

8.7. ANEXO G – LODO PRIMÁRIO – DQO, SST, SSV, ST, SV, SF

Data	DQO mg O ₂ /L	SST mg/L	SSV mg/L	ST mg/L	SV mg/L	SF mg/L
22/03/05		1.440	1.037	2.148	1.607	541
23/03/05		7.826	4.680	10.883	6.880	4.003
05/04/05		5.480	4.620	10.200	5.651	4.549
07/04/05		1.900	1.340	2.224	1.375	849
12/04/05		3.760	2.740	4.097	2.999	1.098
14/04/05		2.280	1.880	3.056	2.013	1.043
19/04/05		4.720	3.360	9.020	6.585	2.935
26/04/05		11.860	8.840	13.225	9.631	3.594
28/04/05		7.280	5.420	10.474	7.713	2.761
03/05/05	5.360,0	10.440	7.760	10.950	7.935	3.015
05/05/05	5.590,0	6.180	4.600	9.010	6.520	2.490
11/05/05	6.800,0	6.720	5.120	9.345	5.845	3.500
18/05/05	4.980,0	5.640	4.100	5.911	4.278	1.633
24/05/05	9.500,0	7.220	5.280	7.720	5.705	2.015
31/05/05	11.190,0	8.420	5.820	15.345	10.256	5.089
07/06/05	10.220,0	10.840	7.680	12.010	8.429	3.581
16/06/05	8.610,0	9.580	7.040	10.793	7.673	3.120
22/06/05	11.540,0	9.580	6.800	16.739	11.719	5.020
29/06/05	9.240,0	9.380	6.640	10.627	7.771	2.856
06/07/05	11.190,0	8.680	6.520	15.723	11.295	4.428
13/07/05	10.850,0	9.660	6.300	11.493	7.967	3.526
20/07/05	25.800,0	7.780	5.700	9.150	6.475	2.675
27/07/05	14.200,0	27.440	18.360	32.229	21.718	10.511
04/08/05	11.049,1	8.260	5.820			
11/08/05	11.297,5	3.240	2.280	4.272	2.780	1.492
18/08/05	15.511,4	10.880	7.720	12.632	8.682	3.950
01/09/05	6.164,5	1.960	1.180	2.444	1.530	914
08/09/05	13.265,5	12.080	7.900	12.916	8.278	4.638
15/09/05	1.566,0					
22/09/05	31.262,3	8.280	6.320	10.010	6.834	3.176
29/09/05	4.839,2	10.420	7.460	7.708	5.232	2.476
06/10/05	39.812,0	2.860	2.020	3.284	2.268	1.016
13/10/05	14.141,6	13.900	10.100	14.980	9.880	5.100
20/10/05	19.398,6	1.960	1.380	2.030	1.294	736
27/10/05	27.682,9	2.960	1.780	2.960	1.886	1.074
03/11/05	31.685,4	29.600	24.000	31.120	20.480	10.640
10/11/05	19.567,4	19.200	15.600	19.740	13.480	6.260
17/11/05	22.701,3	1.720	1.100	2.090	1.360	730
24/11/05	30.698,2	2.860	1.940	30.200	17.700	12.500
01/12/05	19.635,4	1.880	1.440	2.024	1.360	664
08/12/05	6.864,7	8.700	6.400	9.360	6.180	3.180
15/12/05	15.654,8	14.200	10.200	14.960	10.020	4.940
05/01/06	9.543,9	980	533	11.000	5.800	5.200
19/01/06	44.991,0	3.360	2.020	4.408	2.362	2.046
02/02/06	9.005,9	800	460	878	414	464
16/02/06	4.900,6	2.030	1.190	2.338	1.326	1.012
09/03/06	3.111,0	11.400	6.500	13.680	7.540	6.140
23/03/06	20.069,1	20.400	12.400	22.560	6.750	4.530
12/04/06	30.987,9	5400	3200	27180	15900	11280
27/04/06	13.671,6	18000	11400	24240	14340	9900
11/05/06	3.390,4	2833,3	1966,7	3710	2230	1480

Data	DQO mg O ₂ /L	SST mg/L	SSV mg/L.	ST mg/L	SV mg/L	SF mg/L
25/05/06	20.943,6	20133,3	13066,7	22060	13720	8340
08/06/06	20.695,3	16500	11200	19020	12200	6820
15/06/06	24.136,0	20050	13500	23790	15870	7920
22/06/06	27.576,6	23600	15800	28560	19540	9020
13/07/06	29.408,3	42000	23000	44200	24800	19400
27/07/06	29.741,1	37400	23460	38684	24522	14162
10/08/06	63956,75	65600	48000	90800	53200	37600
24/08/06	8979	18067	9733	19040	10620	8420
14/09/06	52.961,0	21900	13600	24520	15360	9160
28/09/06	27.670,0	20800	14200	26820	16840	9980

8.8.ANEXO H – LODO PRIMÁRIO - METAIS

Data	Cd mgCd/L	Pb mgPb /L	Cu mgCu /L	Cr mgCr/L	Sn mg Sn /L	Fe mg Fe/L	Mn mg Mn /L	Hg mgHg/L	Mo mgMo /L	Ni mgNi /L	Ag mgAg /L	Zn mgZn /L	Al mgAl /L	Ba mgBa /L	Se mgSe /L
22/03/05	0,0025	0,800	3,260	2,740	2,000	135,0	1,59	0,0003	0,250	1,260	0,020	13,000	115,00	1,830	0,0100
23/03/05	0,0900	1,420	7,420	5,720	2,000	273,0	2,72	0,0003	0,250	2,250	0,120	20,900	171,00	3,570	0,0100
05/04/05	0,0500	1,330	3,960	3,150	2,000	283,0	2,70	0,0003	0,250	1,300	0,005	14,500	139,00	2,680	1,5400
07/04/05	0,0500	0,900	2,760	2,900	2,000	78,4	1,12	0,0003	0,250	0,730	0,003	9,370	44,20	1,720	0,7700
28/04/05	0,0700	0,910	4,870	5,700	2,000	177,0	1,74	0,0003	0,250	1,840	0,080	14,900	126,00	3,800	1,6900
05/05/05	0,0025	0,400	3,300	2,710	2,000	81,0	1,05	0,0003	0,250	1,020	0,050	10,600	62,00	2,100	2,8200
29/06/05	0,0025	0,050	0,450	0,490	2,000	12,0	0,01	0,0003	0,250	0,005	0,003	1,970	9,02	0,280	0,4350
06/07/05	0,0600	1,150	7,270	6,950	2,000	21,2	2,58	0,0003	0,250	2,070	0,080	20,700	168,00	3,840	2,8100
13/07/05	0,0100	0,450	2,890	1,920	2,000	340,0	3,94	0,0003	0,250	0,830	0,120	8,560	47,80	0,460	5,6200
27/07/05	0,0800	1,210	8,350	4,260	2,000	340,0	161,00	0,0003	0,250	1,510	0,005	13,800	77,80	5,480	9,4000
04/08/05	0,0620	0,443	3,314	2,670	8,290	274,1	4,37	0,0235	1,390	0,782	0,138	9,020			
11/08/05	0,0150	0,307	2,183	1,644	1,740	155,5	2,35	0,0172	0,160	0,540	0,134	6,125			
18/08/05	0,0740	0,609	5,797	4,222	2,290	472,7	32,81	0,0137	0,110	1,808	0,255	0,850			
01/09/05	0,0370	0,135	1,241	0,932	1,380	140,3	1,74	0,0066	0,320	0,287	0,082	2,694			
08/09/05	0,1120	0,524	6,395	3,314	1,120	766,5	8,39	0,0066	0,090	1,249	0,272	16,120			
15/09/05	0,0320	0,838	3,410	2,454	2,070	204,6	3,13	0,0161	0,570	0,163	0,190	9,076			
22/09/05	0,2210	1,694	11,153	10,060	2,070	743,4	9,31	0,0279	0,580	4,121	0,555	29,260			
29/09/05	0,1400	1,023	6,754	4,758	0,410	491,9	4,73	0,0114	0,370	1,706	0,260	15,430			
06/10/05		2,881	16,312	13,840	4,340				0,720	4,780	0,783	52,410			

Data	Cd mgCd/L	Pb mgPb /L	Cu mgCu /L	Cr mgCr/L	Sn mg Sn /L	Fe mg Fe/L	Mn mg Mn /L	Hg mgHg/L	Mo mgMo /L	Ni mgNi /L	Ag mgAg /L	Zn mgZn /L	Al mgAl /L	Ba mgBa /L	Se mgSe /L
	0,3000					1,211,0	10,01	0,0385							
13/10/05	0,0940	1,124	8,703	4,152	2,040	931,9	5,27	0,0280	0,370	1,858	0,266	23,910			
20/10/05	0,1040	0,291	5,873	3,086	0,190	521,3	5,39	0,0183	0,310	1,150	0,242	12,000			
27/10/05	0,1470	1,153	11,042	7,500	0,930	1,444,0	13,66	0,0234	0,430	2,697	0,453	28,930			
03/11/05	0,2570	2,275	16,427	9,738	5,150	922,3	13,21	0,0213	0,910	3,747	0,571	21,800			
10/11/05	0,1800	0,883	10,293	5,796	2,320	865,2	9,53	0,0198	0,430	3,558	0,314	42,300			
17/11/05	0,1400	0,796	10,158	4,044	2,910	997,5	11,22	0,0232	0,360	2,708	0,303	20,280			
24/11/05	0,3240	2,881	15,400	11,140	3,040	1,375,0	10,53	0,0191	0,630	4,356	0,575	35,340			
01/12/05	0,1860	1,481	9,368	7,997	1,720	679,5	7,23	0,0294	0,370	2,522	0,421	23,030			
08/12/05	0,0380	1,066	1,817	1,311	4,030	195,8	2,07	0,0182	0,370	0,292	0,112	8,724			
15/12/05	0,0860	0,594	3,389	2,601	2,360	467,8	3,47	0,0215	0,310	0,905	0,192	11,040			
05/01/06	0,0380	1,178	7,458	2,760	1,260	444,5	3,51	0,0211	0,830	1,999	0,083	10,290			
19/01/06	0,3890	6,160	24,289	15,170	5,890	1,710,0	12,69	0,0706	1,290	6,822	1,158	49,570			
02/02/06	0,0960	1,649	7,483	4,249	6,330	603,6	5,22	0,0224	0,390	2,371	0,191	16,980			
16/02/06	0,1650	1,016	11,915	6,261	8,210	766,6	8,58		0,600	3,116	0,093	22,350			
09/03/06	0,0880	1,136	5,536	1,025	2,140	507,2	9,50	0,0253	0,140	1,496	0,001	12,520			
23/03/06	0,2380	1,715	10,568	8,458	3,240	1,024,0	16,09	0,0950	0,160	2,757	0,346	21,520			
12/04/06	0,2190	2,357	9,832	6,986	3,320	1,549,0	27,48	0,0233	0,480	3,759	0,201	24,590			
27/04/06	0,3950	3,884	15,952	14,570	14,620	2,387,0	29,56	0,0540	0,950	6,340	0,383	44,340			
11/05/06	0,0390	0,016	2,104	1,524	1,090	243,2	2,33	0,0131	0,220	0,975	0,007	5,462			
25/05/06	0,2060	0,164	8,304	8,238	2,360	601,9	6,74	0,0585	0,900	2,626	0,104	22,080			
08/06/06	0,2920	1,778	18,009	9,849	4,750	1,727,0	22,14	0,0310	0,710	3,076	0,434	39,640			

Data	Cd mgCd/L	Pb mgPb /L	Cu mgCu /L	Cr mgCr/L	Sn mg Sn /L	Fe mg Fe/L	Mn mg Mn /L	Hg mgHg/L	Mo mgMo /L	Ni mgNi /L	Ag mgAg /L	Zn mgZn /L	Al mgAl /L	Ba mgBa /L	Se mgSe /L
22/06/06	0,4830	3,902	28,938	16,750	6,810	1,248,0	16,25	0,0405	1,450	9,328	1,127	64,840			
13/07/06	0,5550	4,112	30,972	15,250	6,430	4,828,0	40,55	0,0365	1,320	6,488	0,719	44,980			
27/07/06	0,1800	1,418	7,792	4,924	3,680	596,6	8,57	0,0605	0,360	2,082	0,260	12,820			
10/08/06	0,2610	1,464	16,393	10,830	2,960	1,626,0	17,80	0,0405	1,050	5,358	0,648	26,710			
24/08/06	0,1830	0,016	9,582	3,624	0,790	2,329,0	21,71	0,0105	0,770	2,029	0,226	12,720			
14/09/06	0,4600	2,403	30,350	17,830	6,270	1,021,0	28,12	0,1435	0,620	5,790	0,672	42,370			
28/09/06	0,2090	1,570	13,280	7,810	1,100	1,080,0	14,87	0,0630	0,580	3,520	0,371	12,460			

8.9. ANEXO I – ATIVIDADE METANOGENICA ESPECIFICA – AME – BRANCO DA AMOSTRA

Data e hora	Tempo de ensaio (h)	Área de CO ₂	Área de CH ₄	Área de N ₂	Média diária da área de N ₂	Área corrigida de CH ₄	Área de CH ₄ corrigida pela RTR	[CH ₄] amostra mmol	[CH ₄] headspace mmol	[CH ₄] acumulada mmol	Mol	Litros	DQO CH ₄ g DQO CH ₄
02/05/06	0	7904,3	0,0	475977,3	475977	0,0E+00	0,0E+00	7,2E-05	3,1E-02	3,1E-02	3,1E-05	7,0E-04	1,8E-03
03/05/06	24	174712,0	475437,7	215140,3	215140	1051860	29218,3	0,057	24,800	24,856	0,025	0,556	1,407
04/05/06	72	470301,7	393235,7	46478,0	46478	4027094	111863,7	0,217	94,858	95,131	0,095	2,125	5,380
05/05/06	96	142003,7	368392,7	5671,0	5671	30919866	858885,2	1,664	728,103	730,041	0,728	16,310	41,299
08/05/06	168	145755,0	315701,3	4366,0	4366	34417471	956040,9	1,853	810,461	814,252	0,810	18,154	45,970
09/05/06	192	157360,0	319561,0	5122,0	5122	29696172	824893,7	1,599	699,289	704,678	0,699	15,664	39,665
10/05/06	216	156284,5	301188,5	6141,0	6141	23344553	648459,8	1,257	549,727	556,372	0,550	12,314	31,181
11/05/06	240	156770,3	302171,7	7415,3	7415	19395873	538774,3	1,044	456,747	464,437	0,457	10,231	25,907
12/05/06	264	157659,0	304761,0	8590,5	8591	16886017	469056,0	0,909	397,647	406,246	0,398	8,907	22,555
15/05/06	336	178456,3	347950,7	13333,7	13334	12420937	345026,0	0,669	292,508	301,775	0,293	6,552	16,591
16/05/06	360	167703,0	333363,5	14226,5	14227	11153374	309815,9	0,600	262,660	272,528	0,263	5,884	14,898
17/05/06	384	165515,5	323215,0	15078,5	15079	10202806	283411,3	0,549	240,277	250,695	0,240	5,382	13,629
18/05/06	408	157105,0	297068,5	15019,5	15020	9414286	261508,0	0,507	221,710	232,634	0,222	4,966	12,576
19/05/06	432	166867,0	325201,5	18431,0	18431	8398272	233285,3	0,452	197,786	209,162	0,198	4,430	11,219
22/05/06	508	155310,3	303390,0	22663,7	22664	6371730	176992,5	0,343	150,067	161,786	0,150	3,361	8,512
23/05/06	532	160863,0	315112,5	24869,0	24869	6031059	167529,4	0,325	142,045	154,089	0,142	3,182	8,057
24/05/06	556	144936,3	289836,0	25176,3	25176	5479565	152210,2	0,295	129,059	141,398	0,129	2,891	7,320
19/06/06	1180	131965,5	284645,5	118798,5	118799	1140459	31679,4	0,061	26,886	39,286	0,027	0,602	1,525

Continua

Frasco 2		Temp o de ensai o (h)	Área de CO2	Área de CH4	Área de N2	Média diária da área de N2	Área corrigida de CH4	Área de CH4 corrigida pela RTR	[CH4] amostra mmol	[CH4] headspace mmol	[CH4] acumulada mmol	Mol	Litros	DOO CH4 g DOO CH4
Data e hora														
02/05/06		0	7596,8	0,0	480380,8	480381	0,0E+00	0,0E+00	7,2E-05	2,8E-02	2,8E-02	2,8E-05	6,4E-04	1,6E-03
03/05/06		24	180364,3	506337,7	169146,3	169146	1438014	39944,8	0,077	30,669	30,747	0,031	0,687	1,740
04/05/06		72	170959,3	547178,7	35727,7	35728	7357158	204365,5	0,396	156,794	157,190	0,157	3,512	8,894
05/05/06		96	191171,3	546156,3	10820,3	10820	24247219	673533,9	1,305	516,685	517,990	0,517	11,574	29,307
08/05/06		168	179392,3	388173,0	5774,0	5774	32294915	897081,0	1,738	688,164	689,902	0,688	15,415	39,034
09/05/06		192	173899,0	329022,7	5695,0	5695	27753495	770930,4	1,494	591,396	592,890	0,591	13,247	33,545
10/05/06		216	206581,5	430371,5	8905,0	8905	23216416	644900,4	1,250	494,720	495,970	0,495	11,082	28,061
11/05/06		240	176210,0	316638,7	8322,7	8323	18276248	507673,6	0,984	389,456	390,440	0,389	8,724	22,090
12/05/06		264	167112,0	278811,5	8451,0	8451	15848500	440236,1	0,853	337,726	338,579	0,338	7,565	19,156
15/05/06		336	194976,5	400400,0	16615,0	16615	11576554	321571,0	0,623	246,700	247,323	0,247	5,526	13,993
16/05/06		360	183461,5	362437,0	15732,5	15733	11066757	307409,9	0,596	235,837	236,433	0,236	5,283	13,377
17/01/00		384	161164,0	282568,0	13633,0	13633	9956739	276576,1	0,536	212,185	212,721	0,212	4,753	12,035
18/01/00		408	159489,0	281357,5	16020,5	16021	8436611	234350,3	0,454	179,794	180,249	0,180	4,027	10,198
19/05/06		432	167862,0	309898,5	19517,5	19518	7627477	211874,3	0,411	162,554	162,964	0,163	3,641	9,220
22/05/06		508	152449,5	294763,5	22894,5	22895	6184835	171801,0	0,333	131,814	132,147	0,132	2,953	7,477
23/05/06		532	158408,0	300790,5	24749,5	24750	5838258	162173,8	0,314	124,429	124,743	0,124	2,787	7,058
24/05/06		556	149888,0	289341,0	25404,0	25404	5471337	151981,6	0,295	116,611	116,905	0,117	2,612	6,614
19/06/06		1180	154965,5	361434,0	97251,0	97251	1785338	49592,7	0,096	38,070	38,166	0,038	0,853	2,159

8.10. ANEXO J – ATIVIDADE METANOGÊNICA ESPECÍFICA – AME – 0,4 g ST DE LODO DE ETA

Data e hora	Tempo de ensaio (h)	Área de CO ₂	Área de CH ₄	Área de N ₂	Média diária da área de N ₂	Área corrigida de CH ₄	Área de CH ₄ corrigida pela RTR	[CH ₄] amostra mmol	[CH ₄] headspace mmol	[CH ₄] acumulada mmol	Mol	Litros	DQO CH ₄ g DQO CH ₄
02/05/06	0	9753,0	0,0	484589,0	484589	0,0E+00	0,0E+00	7,2E-05	2,9E-02	2,9E-02	2,9E-05	6,5E-04	1,7E-03
03/05/06	24	183692,3	561196,3	311139,7	311140	874043	24279,0	0,047	19,179	19,226	0,019	0,430	1,088
04/05/06	72	186186,3	654009,3	80488,3	80488	3937536	109376,0	0,212	86,299	86,558	0,086	1,933	4,895
05/05/06	96	181184,7	493571,0	26377,0	26377	9067713	251880,9	0,488	198,699	199,447	0,199	4,451	11,270
08/05/06	168	157776,3	334412,7	5665,7	5666	28602583	794516,2	1,540	626,701	628,988	0,627	14,038	35,547
09/05/06	192	154346,3	306648,3	5392,7	5393	27555645	765434,6	1,483	603,763	607,534	0,604	13,524	34,246
10/05/06	216	165476,0	339518,5	6834,0	6834	24074763	688743,4	1,296	527,499	532,565	0,527	11,816	29,920
11/05/06	240	173357,0	364067,5	9055,0	9055	19483501	541208,4	1,049	426,906	433,021	0,427	9,563	24,215
12/05/06	264	162536,0	304309,5	10452,0	10452	14108786	391910,7	0,760	309,148	316,022	0,309	6,925	17,535
15/05/06	336	167788,5	329757,5	15498,0	15498	10310805	286411,3	0,555	225,935	233,365	0,226	5,061	12,815
16/05/06	360	167317,5	330240,5	17043,0	17043	9389832	260828,7	0,505	205,757	213,692	0,206	4,609	11,671
17/05/06	384	159915,5	318545,5	17274,5	17275	8935926	248220,2	0,481	195,812	204,228	0,196	4,386	11,107
18/05/06	408	164770,0	336080,5	20042,5	20043	8125778	225716,1	0,437	178,062	186,916	0,178	3,989	10,100
19/05/06	432	165048,0	339507,5	22640,5	22641	7266695	201852,6	0,391	159,240	168,485	0,159	3,567	9,032
22/05/06	508	155043,5	321491,5	27863,0	27863	5591331	155314,7	0,301	122,533	132,079	0,123	2,745	6,950
23/05/06	532	162949,5	366853,5	36076,5	36077	4927672	136879,8	0,265	107,993	117,804	0,108	2,419	6,125
24/05/06	556	146659,0	335201,5	35860,0	35860	4529698	125824,9	0,244	99,273	109,328	0,099	2,224	5,631
19/06/06	1180	127426,5	285792,0	112220,0	112220	1234109	34280,8	0,066	27,068	37,190	0,027	0,606	1,535

Continua

8.11. ANEXO K– ATIVIDADE METANOGÊNICA ESPECIFICA – AME – 0,8 g ST DE LODO DE ETA

Data e hora	Tempo de ensaio (h)	Área de CO ₂	Área de CH ₄	Área de N ₂	Média diária da área de N ₂	Área corrigida de CH ₄	Área de CH ₄ corrigida pela RTR	[CH ₄] amostra mmol	[CH ₄] headspace mmol	[CH ₄] acumulada mmol	Mol	Litros	DQO CH ₄ g DQO CH ₄
02/05/06	0	6859,0	0,0	485597,0	485597	0,0E+00	0,0E+00	7,2E-05	2,7E-02	2,7E-02	2,7E-05	6,1E-04	1,5E-03
03/05/06	24	166521,7	523364,3	269969,7	269970	941380	26149,5	0,051	31,978	32,029	0,032	0,716	1,814
04/05/06	72	187665,3	650179,0	56565,0	56565	5581631	155045,3	0,301	113,624	113,975	0,114	2,545	6,445
05/05/06	96	158153,0	369159,5	11419,7	11420	15697721	436047,8	0,845	319,505	320,702	0,320	7,157	18,123
08/05/06	168	153536,7	327100,7	6109,0	6109	26000835	722245,4	1,400	529,193	531,789	0,529	11,854	30,017
09/05/06	192	156730,7	330819,3	6704,3	6704	23961350	665593,0	1,290	487,686	491,572	0,488	10,924	27,662
10/05/06	216	158897,0	317097,0	7810,0	7810	19715922	547664,5	1,061	401,283	406,231	0,401	8,989	22,761
11/05/06	240	163390,0	334955,3	10974,0	10974	14821697	411713,8	0,798	301,677	307,422	0,302	6,758	17,111
12/05/06	264	165488,0	308754,5	9996,5	9997	14998275	416618,8	0,807	305,270	311,823	0,305	6,838	17,315
15/05/06	336	160305,0	299559,0	38574,5	38575	3771013	104750,4	0,203	76,774	83,530	0,077	1,720	4,355
16/05/06	360	156614,5	275399,5	35210,5	35211	3798105	105502,9	0,205	77,326	84,286	0,077	1,732	4,386
17/05/06	384	156867,5	293359,5	36925,0	36925	3857942	107165,0	0,208	78,543	85,711	0,079	1,759	4,455
18/05/06	408	157476,3	308231,7	39231,7	39232	3815193	105977,6	0,205	77,673	85,047	0,078	1,740	4,406
19/05/06	432	154296,5	282460,0	36473,0	36473	3760637	104462,2	0,202	76,563	84,139	0,077	1,715	4,343
22/05/06	508	144314,5	271014,0	202333,0	202333	650431	18067,5	0,035	13,265	20,875	0,013	0,297	0,752
23/05/06	532	149528,0	285010,0	40357,5	40358	3429350	95259,7	0,185	69,821	77,616	0,070	1,564	3,960
24/05/06	556	134462,0	263965,5	39422,5	39423	3251464	90318,5	0,175	66,201	74,171	0,066	1,483	3,755
19/06/06	1180	132072,0	301550,0	89667,5	89668	1633053	45362,6	0,088	33,263	41,321	0,033	0,745	1,887

Continua

Frasco 2		Temp o de ensai o (h)	Área de CO2	Área de CH4	Área de N2	Média diária da área de N2	Área corrigida de CH4	Área de CH4 corrigida pela RTR	[CH4] amostra mmol	[CH4] headspace mmol	[CH4] acumulada mmol	Mol	Litros	DOO CH4 g DOO CH4
Data e hora														
02/05/06		0	6462,3	0,0	479877,0	479877	0,0E+00	0,0E+00	7,2E-05	3,0E-02	3,0E-02	3,0E-05	6,7E-04	1,7E-03
03/05/06		24	163750,0	466224,3	328585,7	328586	680889	18913,6	0,037	15,232	15,269	0,015	0,341	0,864
04/05/06		72	167082,3	593283,8	75697,3	75697	3761078	104474,4	0,203	84,005	84,207	0,084	1,882	4,765
05/05/06		96	142095,7	317727,7	10856,0	10856	14044786	390133,0	0,756	313,612	314,368	0,314	7,025	17,788
08/05/06		168	127462,0	392725,7	7416,0	7416	25412623	705906,2	1,368	567,426	568,794	0,567	12,710	32,185
09/05/06		192	170580,0	304555,5	6321,3	6321	23120297	642230,5	1,245	516,244	517,489	0,516	11,564	29,282
10/05/06		216	173258,7	322085,0	7122,3	7122	21700920	602803,3	1,168	484,553	485,722	0,485	10,854	27,484
11/05/06		240	180134,3	336434,0	8807,0	8807	18331661	509212,8	0,987	409,327	410,314	0,409	9,169	23,218
12/05/06		264	169426,0	299280,7	9021,7	9022	15919221	442200,6	0,857	355,464	356,320	0,355	7,962	20,162
15/05/06		336	170988,5	310664,5	13840,5	13841	10771341	299203,9	0,580	240,525	241,105	0,241	5,388	13,643
16/05/06		360	173578,0	319830,0	14802,0	14802	10368806	288022,4	0,558	231,538	232,096	0,232	5,186	13,133
17/05/06		384	172560,7	331837,0	16906,0	16906	9419197	261644,4	0,507	210,335	210,842	0,210	4,712	11,930
18/05/06		408	166162,3	308137,0	17479,3	17479	8459582	234988,4	0,455	180,284	180,739	0,180	4,038	10,226
19/05/06		432	171751,0	321903,0	19995,0	19995	7725624	214600,7	0,416	164,645	165,061	0,165	3,688	9,339
22/05/06		508	171502,0	349117,0	28519,0	28519	5874442	163179,0	0,316	125,200	125,516	0,125	2,804	7,102
23/05/06		532	168129,0	356755,5	31488,0	31488	5436952	151026,5	0,293	115,878	116,171	0,116	2,596	6,573
24/05/06		556	145564,5	306305,5	29068,0	29068	5056728	140464,7	0,272	107,776	108,049	0,108	2,414	6,113
19/06/06		1180	140688,0	360423,0	115769,5	115770	1493992	41499,8	0,080	31,862	31,943	0,032	0,714	1,807