



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Área de concentração em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais

Avaliação da Aplicação de Lodo de ETA no Adensador de Lodo de uma ETE de Lodos Ativados

Gilmar José Peixoto

Dissertação apresentada à FEIS – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil – Área de Concentração em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Tsunao Matsumoto

Ilha Solteira – SP
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP – Ilha Solteira.

- P379a Peixoto, Gilmar José.
Avaliação da aplicação de lodo de ETA no adensador de lodo de uma ETE de lodos ativados / Gilmar José Peixoto. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2008. 149 f. : il.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, 2008
- Orientador: Tsunao Matsumoto
Bibliografia: p. 101-104
1. Lodo de esgoto. 2. Lodo - Desidratação. 3. Esgotos – Tratamento. 4. Água – Estações de tratamento.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

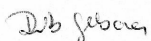
TÍTULO: Avaliação da Aplicação de Lodo de ETA no Adensador de Lodo de uma ETE de Lodos Ativados

AUTOR: GILMAR JOSÉ PEIXOTO

ORIENTADOR: Prof. Dr. TSUNAO MATSUMOTO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em ENGENHARIA CIVIL pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. TSUNAO MATSUMOTO
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. DIB GEBARA
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. RODRIGO BRAGA MORUZZI
Departamento de Planej Terr e Geoproc / Instituto de Geociencias e Ciencias Exatas

Data da realização: 30 de outubro de 2008.

AGRADECIMENTOS

À minha família, minha esposa Alzira, meus filhos Dante e Daniela que sempre me apoiaram e, acima de tudo, compreenderam as ausências que a realização deste trabalho impôs.

Ao Professor Tsunao Matsumoto pela amizade, compreensão, orientação e incentivos constantes no direcionamento e execução desse trabalho.

Aos colegas Décio, Nicanor e Robinson pela amizade, companheirismo e apoio ao longo dos mais de dois anos de convivência para a obtenção dos créditos.

Ao apoio e incentivo de todos os colegas da ETE Limoeiro, principalmente, à Márcia responsável pelo laboratório e ao Químico Paulo.

Aos colegas que compõem o quadro operacional da ETA de Presidente Prudente, pelo apoio e incentivo.

Aos Superintendentes da Sabesp na regional de Presidente Prudente, Dr Ivan Sobral de Oliveira, pelo apoio inicial, institucional e fundamental. E ao Dr. Izaias Storch, pelo apoio final.

Ao Engenheiro Antero Moreira F. Júnior, Gerente do Departamento Distrital de Presidente Prudente, pelos incentivos constantes e apoio logístico.

Aos colegas Engenheiros Augusto, Júlio e Paulo, pelo apoio e compreensão ao longo de toda a jornada.

Ao colega e amigo Engenheiro José Everaldo Vanzo, que foi o responsável pelo direcionamento do caminho a ser seguido para culminar neste trabalho.

À Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP, pela oportunidade de desenvolvimento profissional e intelectual.

RESUMO

No Brasil, existe um problema comum à maioria das comunidades onde o abastecimento público de água é realizado com água superficial e há a necessidade de tratamento. No processo de tratamento ocorre a formação de resíduos na forma de lodo, o qual periodicamente necessita ser descartado do processo. Exceção feita a algumas Estações de Tratamento de Água (ETA), em nível nacional, todas despejam esses resíduos, de forma bruta, sem nenhum tratamento, em corpos de água.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de encontrar solução adequada para destinar, de forma correta, o lodo produzido pela ETA da cidade de Presidente Prudente, operada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

O estudo baseou-se na premissa em aplicar o lodo da ETA na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), no adensador por gravidade existente. E, para tanto, foi montada uma ETE Piloto, com a qual foram realizadas as simulações de aplicação de cargas de 2000 mg/L e 4000 mg/L de lodo de ETA.

A avaliação do desempenho da unidade piloto foi conseguida por meio de monitoramento analítico de parâmetros como: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, alcalinidade, DBO, DQO, Fósforo, Nitrogênio, sólidos dissolvidos, totais, fixos e voláteis, turbidez, Índice Volumétrico de Lodo (IVL) e Teor de Lodo (TL).

Os resultados mostraram que a carga de 2000 mg/L de lodo de ETA no adensador por gravidade, pode ser realizada sem causar problemas. No entanto, com carga de 4000 mg/L, constatou que as aplicações progressivas de lodo devem ser melhor pesquisadas.

Palavras chave: Lodo de ETA. Lodo de ETE. ETE Piloto. Adensador.

ABSTRACT

In Brazil, very common problem to the biggest part of the communities, where the public water supply is realized using the surface water, and needs to pass by the water treatment plant (WTP). In the treatment process, a residue formation in the form of sludge occurs, which periodically needs to be discarded out the process. Except some WTP, on a nation level all they discarded these residues, in brutal way and without treatment, in watercourses.

In this work was realized with the objective to finding an adequate solution to properly allocate the sludge produced in the Water Treatment Plant (WTP) from Presidente Prudente, which is operated by SABESP.

This study was based in premise to apply the WTP sludge in the Wastewater Treatment Plant (WWTP), in the thickener by an existing gravity. And however, it was built a WWTP Pilot plant where were realized the simulations of applying dosages of 2000 mg/L and 4000 mg/L of WTP sludge.

The evaluation of the performance of the pilot unit was gotten by analytical monitoring of many parameters as: pH, temperature, dissolved oxygen, alkalinity, BOD, COD, phosphorus, nitrogen, dissolved solids, fixed and volatile ones, turbidity, Sludge Volumetric Index (IVL) and sludge concentration (TL).

The results showed that the application of 2000 mg/l of WTP sludge in the WWTP gravity thickener can be realized without problems. On the other hand the application of 4000 mg/l showed that progressive applications of sludge have to be better researched.

Keywords: WTP sludge. WWTP sludge. WWTP Pilot. Thickener.

WTP – Water Treatment Plant

WWTP – Wastewater Treatment Plant

Lista de Figuras

Figura 3.1 -	Fluxograma simplificado de lodo ativado convencional	25
Figura 3.2 -	Misturadores hiperbólicos – Tanque de aeração ETE Limoeiro	27
Figura 3.3 -	Adensador por Gravidade	30
Figura 4.1 -	Estação de Tratamento de Água – ETA de Presidente Prudente	35
Figura 4.2 -	Fluxograma da ETE Limoeiro	40
Figura 4.3 -	ETE Limoeiro	41
Figura 4.4 -	Esquema do sistema piloto	45
Figura 4.5 -	Tanque de aeração	46
Figura 4.6 -	Equação da curva do hiperbólico	47
Figura 4.7 -	Dimensões e desenho do hiperbólico	47
Figura 4.8 -	Dimensões e desenho do decantador secundário	48
Figura 4.9 -	Conjunto completo da ETE Piloto, com aerador, decantador e adensador	49
Figura 4.10 -	Dimensões e desenho do adensador por gravidade	50
Figura 4.11 -	Início da montagem do ensaio de <i>Jar Test</i>	56
Figura 4.12 -	Final do ensaio de <i>Jar Test</i>	56
Figura 4.13 -	Bomba de captação de esgoto bruto	58
Figura 4.14 -	Pontos de amostragem	60
Figura 4.15 -	Sistema para aplicação de lodo de ETA	63
Figura 5.1 -	Teor de sólidos em relação ao consumo de polímero	72
Figura 5.2	Porcentagem de sólidos e turbidez em função da dosagem de lodo de ETA	74
Figura 5.3	Dosagem de lodo de ETA adicionado no lodo de ETE em ensaio de <i>Jar Test</i>	75
Figura 5.4	Tubulação de chegada do esgoto bruto no laboratório	76
Figura 5.5-	Tanque de aeração e decantador envolvidos por plástico escuro	76

Figura 5.6 -	Resultado do monitoramento do pH do afluente e do efluente da ETE Piloto	80
Figura 5.7 -	Resultado do monitoramento das temperaturas do afluente e do efluente da ETE Piloto	81
Figura 5.8 -	Resultado do monitoramento do OD no tanque de aeração e no efluente final da ETE Piloto	82
Figura 5.9 -	Resultado do monitoramento da alcalinidade na ETE Piloto	86
Figura 5.10 -	Resultado do monitoramento da DBO na ETE Piloto	86
Figura 5.11 -	Resultado do monitoramento da DQO na ETE Piloto	87
Figura 5.12 -	Resultado do monitoramento do parâmetro Fósforo total no afluente e no efluente da ETE Piloto	87
Figura 5.13 -	Resultado do monitoramento do parâmetro Nitrogênio total	87
Figura 5.14 -	Resultado do monitoramento do Índice Volumétrico de Lodo - IVL	88
Figura 5.15	Ponto em que a aplicação do polímero possui maior rendimento	89
Figura 5.16	Balanço de massa na fase biológica, sem lodo de ETA	92
Figura 5.17	Balanço de massa no adensador por gravidade, sem lodo de ETA	93
Figura 5.18	Balanço de massa na fase biológica com a aplicação de 2000mg/L de lodo de ETA	94
Figura 5.19	Balanço de massa no adensador por gravidade com a aplicação de 2000mg/L de lodo de ETA	95
Figura 5.20	Balanço de massa na fase biológica com a aplicação de 4000mg/L de lodo de ETA	96
Figura 5.21 -	Balanço de massa no adensador por gravidade com a aplicação de 4000mg/L de lodo de ETA	97

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 -	Critério de projeto da área superficial de adensador por gravidade	29
Tabela 4.1 -	Registros das médias mensais dos parâmetros operacionais	36
Tabela 4.2 -	Registros do consumo e dosagens de produtos químicos empregados no processo de tratamento	37
Tabela 4.3 -	Registros da massa de sólidos secos e concentração de sólidos	38
Tabela 4.4 -	Registros das análises no lodo da ETA de Presidente Prudente	39
Tabela 4.5 -	Parâmetros de projeto da ETE Limoeiro	42
Tabela 4.6 -	Registros da eficiência na remoção da DBO	43
Tabela 4.7 -	Parâmetros analisados e métodos analíticos empregados	52
Tabela 4.8 -	Valores máximos para adensamento por gravidade	53
Tabela 4.9 -	Volume da solução de polímero a 0,05% (massa) x dosagem aplicada	54
Tabela 4.10 -	Ensaio de jarros com o lodo de ETA	55
Tabela 4.11 -	Parâmetros, pontos de amostragem e frequência das análises	59
Tabela 5.1	Análise da simulação de aplicação de cinco dosagens de lodo de ETA nos adensadores da ETE Piloto e ETE Limoeiro	67
Tabela 5.2 -	Determinação da melhor dosagem de polímero	72
Tabela 5.3 -	Resultados dos ensaios de adensamento e desaguamento	73

Tabela 5.4 -	Ensaio com dosagens de lodo de ETA com 1000, 2000 e 3000 mg/L	75
Tabela 5.5 -	Registro das análises realizadas diariamente	77
Tabela 5.6 -	Resultado das análises de alcalinidade, DBO e DQO, com as respectivas eficiências de remoção na ETE Piloto	83
Tabela 5.7 -	Resultado das análises de Fósforo total, Nitrogênio total, com as respectivas eficiências de remoção e IVL na ETE Piloto	84
Tabela 5.8 -	Resultado dos ensaios de adensamento e desaguamento nos três tipos de lodos	89
Tabela 5.9	Dados extraídos das Tabelas do Apêndice A, no período de 16/06/08 a 30/08/08	91
Tabela 5.10	Dados extraídos das Tabelas do Apêndice A, no período de 31/08/08 a 20/09/08	91
Tabela 5.11 -	Dados extraídos das Tabelas do Apêndice A, no período de 21/09/08 a 04/10/08	92

Lista de Abreviaturas e Siglas:

CONAMA	– Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
ETA	- Estação de Tratamento de Água
ETE	- Estação de Tratamento de Esgoto
ETEP	- Estação de Tratamento de Esgoto Piloto
IVL	- Índice Volumétrico de Lodo
NBR	- Norma Brasileira
NTU	- Unidade Nefolométrica de Turbidez
OD	- Oxigênio Dissolvido
qD	- Taxa de escoamento superficial no decantador
qsA	- Taxa de aplicação de sólidos no adensador
rpm	- rotações por minuto
SABESP	- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEREC	- Serviços de Engenharia Consultiva Ltda
SF	- Sólidos Fixos
SS	- Sólidos Suspensos
SSF	- Sólidos Suspensos Fixos
SST	- Sólidos Suspensos Totais
SST _(TA)	- Sólidos Suspensos Totais no Tanque de Aeração
SSTA	- Sólidos Suspensos Totais no Tanque de Aeração
SSV	- Sólidos Suspensos Voláteis
TAHA	- Taxa de Aplicação Hidráulica no adensador
TASA	- Taxa de Aplicação de Sólidos no Adensador

TDH	- Tempo de Detenção Hidráulica
TL	- Teor de Lodo
TRHA	- Taxa de Retenção Hidráulica no adensador
VT _{AER}	- Volume Tanque de Aeração
TRH _{AER}	- Tempo de Retenção Hidráulica no Tanque de Aeração

Sumário

1	Introdução	15
2	Objetivo	18
3	Revisão Bibliográfica	19
3.1	Principais processos utilizados para o tratamento de lodo de ETA	20
3.1.1	Processos não mecânicos de desidratação do lodo	21
3.1.2	Processos mecanizados de desidratação do lodo	21
3.1.3	Reciclagem e recuperação de sais metálicos utilizados na coagulação	22
3.2	Tratamento de esgoto pelo processo de lodo ativado	23
3.2.1	Lodo ativado convencional	24
3.2.2	Lodo ativado de aeração prolongada	25
3.3	Sistemas de aeração	25
3.3.1	Mecânica	25
3.3.2	Ar difuso	26
3.3.3	Misturador hiperbólico	26
3.4	Tratamento da fase sólida do lodo gerado no processo	27
3.4.1	Considerações Gerais	27
3.4.2	Adensamento de lodo	28
3.4.3	Adensamento por gravidade	28
3.5	Lançamento de lodo de ETA em ETE de lodo ativado	30
4	Materiais e Métodos	33
4.1	Considerações gerais	33
4.2	Descrição da ETA geradora do lodo	33

4.2.1	Localização e principais características da ETA	33
4.2.2	Monitoramento do processo de tratamento da ETA	34
4.2.3	Controle da produção e do consumo de produtos químicos na ETA	35
4.2.4	Massa e concentração do lodo gerado na ETA	36
4.2.5	Caracterização do lodo da ETA	38
4.3	Descrição da ETE Limoeiro	39
4.3.1	Principais componentes da ETE	39
4.3.2	Dados de projeto da ETE Limoeiro	42
4.3.3	Condição de operação da ETE	42
4.4	Concepção do sistema piloto experimental	43
4.4.1	Descrição e dimensionamento da ETE Piloto	44
4.4.1.1	Tanque de aeração	44
4.4.1.2	Decantador secundário	47
4.4.1.3	Adensador por gravidade	48
4.5	Metodologia	50
4.5.1	Considerações gerais	50
4.5.2	Primeira Etapa: Ensaio de <i>Jar Test</i>	51
4.5.3	Segunda Etapa: Operação da ETE Piloto	57
4.5.4	Terceira etapa: acompanhamento e monitoramento da ETE Piloto	58
4.5.4.1	Definição dos parâmetros TL e IVL da tabela 5.6	61
4.5.4.2	Acompanhamento do desempenho com o emprego do Lodo de ETA	62
5	Resultados	65
5.1	Considerações Gerais	65

5.2	Primeira etapa – resultado do <i>Jar Test</i>	65
5.2.1	Análise da simulação de aplicação de dosagens de lodo de ETA	66
5.3	Segunda etapa – resultado do acompanhamento operacional da ETE Piloto	77
5.4	Terceira etapa – resultado da aplicação de lodo de ETA no adensador da ETE Piloto	88
5.4.1	Balanço de massa no funcionamento da ETE Piloto	90
5.4.1.1	Balanço de massa na fase de operação da ETE Piloto sem lodo de ETA	92
5.4.1.2	Balanço de massa na fase de operação da ETE Piloto com a adição de 2000mg/L de lodo de ETA	94
5.4.1.3	Balanço de massa na fase de operação da ETE Piloto com a adição de 4000mg/L de lodo de ETA	96
6	Conclusões e Recomendações	98
6.1	Recomendações	99
7	Referências	101
	APÊNDICES	105
	APÊNDICE - A Boletins de controle das análises semanais	106
	APÊNDICE - B Planilhas de controle operacional - ETE Piloto	123
	APÊNDICE - C Balanço de massa na fase sólida	143

1 – INTRODUÇÃO

Uma grande parte dos lodos gerados em Estações de Tratamento de Água (ETA), tem como origem ETA do tipo convencional, ou seja, de água bruta que são tratadas por processos de coagulação, floculação, decantação e filtração, transformando a mesma que *in natura* passa ser inadequada ao consumo humano, em um produto que venha a atender os padrões de potabilidade. Para tanto, faz-se o uso de produtos químicos para potabilizá-la e conseqüentemente, neste processo ocorre à geração de resíduos sólidos oriundo das impurezas contidas na água bruta e aglutinadas pelos produtos utilizados no tratamento. Estes resíduos são produzidos continuamente no processo de clarificação, e os quais ficam retidos nos decantadores e nos filtros.

Atualmente a maioria das ETAs existentes em operação no País, sedimentam e compactam nos decantadores esse material separado da água por um período que pode variar de 01 a 04 meses, e após este período realiza-se a lavagem manual dos decantadores com o lançamento do lodo, sem nenhum tratamento, no corpo receptor mais próximo.

Da mesma forma a água de lavagem dos filtros, que contém materiais sólidos retidos no processo de clarificação, é descartada. A água contendo altas cargas de resíduos sólidos retirados durante o processo de filtragem é realizado diariamente ou no máximo a cada dois dias..

“No Brasil pouca experiência existe em relação aos resíduos gerados em decantadores de ETAs completas” (CORDEIRO et al.1999, p.6), e esse desconhecimento cria uma incerteza muito grande em relação aos danos que, num médio e longo prazo, possa vir a causar ao meio ambiente.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2004), do Ministério das Cidades registra nos seus dados um volume anual de água tratada em ETAs de $5,38 \times 10^{11} \text{ m}^3$, considerando este volume e aplicando na fórmula utilizada por Richter (2001), adotando como média nacional de turbidez 50 NTU e cor de 150 U.C, sendo o sulfato de alumínio o coagulante utilizado, desta forma pode-se estimar uma produção de massa de sólido seca em torno de 46.000.000 t/ano. Portanto, a magnitude deste número evidencia que providências urgentes devem ser tomadas, no sentido de racionalizar e adequar o destino destes resíduos.

Atualmente existem algumas iniciativas, embora incipientes, preocupadas com o tratamento e na disposição de lodo de ETA no país. Como exemplos podem ser citados a estação recuperadora de lodo na ETA da cidade de Cubatão, onde são adotados os processos de adensamento com a utilização de polímero e desidratação com posterior disposição em aterro sanitário e a destinação do lodo da ETA da cidade de Franca, o qual vem sendo lançado na Estação de Tratamento de Esgoto – ETE existente na cidade. (BUENO, 2006).

As características das águas superficiais dependem da área, geologia e topografia da bacia hidrográfica, como também das condições atmosféricas e atividades antrópicas na mesma bacia, (DACACH, 1979). E, em razão desta dependência, pode-se afirmar que é praticamente impossível encontrar uma água natural idêntica à outra.

Isto faz com que cada água aduzida para uma ETA receba um tratamento químico diferenciado em razão das suas características e, portanto, os resíduos advindo de cada tratamento também possuem suas características próprias. Com base nessa premissa, não se pode generalizar o processo para o tratamento de lodo de ETA, recomendando, assim, analisar o problema de forma individualizada.

Nos últimos anos houve um aprimoramento na legislação, tanto no âmbito nacional como estadual, têm elaborado leis que restringem ações que, de uma forma ou de outra, venham a causar prejuízos graves ao meio ambiente. O lançamento em cursos d'água do lodo gerado em ETA utilizando processo convencional de tratamento, atualmente, incorre na adequação as seguintes Leis: Lei Federal 9605, artigo de nº. 54, Resolução de nº. 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, capítulo IV que trata das condições e padrões de lançamentos de efluentes e no Decreto Originário do Estado de São Paulo de nº. 8468/76, artigo 18 – item III. Portanto, todas as instituições que cumprem a legislação e que tenham responsabilidade pelo tratamento d'água que geram resíduos nos seus processos deverão buscar a sua adequação e regularização as recentes normativas.

A presente pesquisa foi conduzida e fundamentada na necessidade de analisar os problemas da geração de lodo de ETA de uma ETA existente. Para isto, trabalhou-se com modelo em escala piloto utilizando o lodo gerado na ETA da cidade de Presidente Prudente, operada pela Sabesp, estudando as implicações do lançamento dos mesmos no sistema de adensamento do lodo da Estação de Tratamento de Esgoto - ETE por lodos ativados. Assim, o estudo indicou a potencialidade do destino final do lodo gerado na ETA, podendo desta forma atender a legislação vigente e contribuir para melhoria nas condições ambientais dos locais de descarte de lodo de ETA.

2 – Objetivo:

O objetivo principal da presente pesquisa foi avaliar a aplicação de lodo de ETA no adensador de lodo de ETE operada pelo sistema de lodos ativados convencional.

Para proceder à avaliação de tal aplicação foram realizadas as seguintes investigações em 3 fases distintas.

Primeira fase:

- determinação de coagulante no adensamento do lodo da ETE piloto, combinado com ensaio de *Jar Test*.
- determinação da concentração de lodo de ETA em relação ao lodo de ETE em ensaio de *Jar Test*.
- aplicação do lodo de ETA no adensador da ETE piloto nas concentrações de lodo de ETA ensaiadas no *Jar Test*.

Segunda fase:

- realização de monitoramento do funcionamento quanto à estabilidade de tratamento na unidade piloto.

Terceira fase:

- variação da concentração de lodo de ETA no adensador de lodo da ETE piloto.

3 – Revisão bibliográfica:

O lodo de uma ETA é formado por resíduos oriundos do processo de tratamento, podendo ser encontrada no mesmo substâncias presentes na água bruta como: plâncton, outras matérias minerais e orgânicas floculadas, hidróxidos metálicos (ferro e manganês), resíduos das substâncias aplicadas no tratamento da água (DEGRÈMONT, 1979, AWWA, 1990, apud MENDES, 2001).

Na maioria das ETAs existentes no país, o processo de tratamento empregado para a clarificação de água é o do ciclo completo, o qual é composto de: coagulação, floculação, decantação e filtração. Em uma ETA que opera em condições normais, obedecendo aos parâmetros de projeto, 95% ou mais do lodo gerado no processo ficam retidos na fase de decantação e o restante na fase de filtração (RICHTER, 2001).

Em decantadores convencionais são identificadas quatro zonas distintas de escoamento, a saber: a zona de turbilhonamento; zona de decantação; zona de ascensão e zona de repouso. A zona de turbilhonamento é situada na entrada da água floculada no decantador. A zona de decantação é o local onde os flocos, em função da baixa velocidade e da calmaria, empreendem aos flocos formados ao mesmo tempo movimentos nos sentidos, vertical para baixo e horizontal para frente, levando os flocos até a zona de repouso. Na zona de ascensão, os flocos que não atingem a zona de repouso são arrastados pelo aumento da velocidade causada pelo fluxo em direção à saída do decantador. A zona de repouso é o local onde o lodo se acumula (fundo do decantador). A zona de repouso pode vir a ser perturbada se houver inversão térmica, a qual é provocada por alterações bruscas de temperaturas e despreendimento de gases provenientes de eventual fermentação

na manta de lodo (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO-CETESB, 1973).

Portanto, a formação de lodo no decantador de uma ETA é inerente ao processo convencional de tratamento da água sendo produzido de maneira contínua. Algumas ETAs possuem equipamentos mecanizados que efetuam o descarte diário de boa parte do lodo formado. No entanto, a grande maioria das ETAs são operadas de modo a concentrar o lodo formado por períodos que podem variar de 1 a 4 meses e, decorrido este período é realizada a lavagem e o descarte do lodo de forma manual. O descarte do lodo tanto mecanicamente ou manualmente, em raras exceções, é realizado em algum corpo d'água que geograficamente seja favorável ao despejo sem nenhum tratamento (REALI et al. 1999).

3.1 – Principais processos utilizados para o tratamento de lodo de ETA.

O tratamento do lodo gerado em ETA destinada ao abastecimento público de água, em países europeus e também nos Estado Unidos, tem merecido atenção especial desde o início da década de 1970. (DEGRÉMONT, 1979).

No tratamento do lodo, uma das maiores dificuldades é justamente a sua desidratação, em razão da água estar presente no lodo de três formas distintas. A primeira na forma livre na qual não tem ligação nenhuma com a massa de lodo; a segunda, a água encontra-se aderida ao lodo pelo fenômeno capilar; e a terceira, por ligação molecular na qual a água faz parte da composição química do lodo.

Os lodos provenientes de ETA que utiliza coagulantes formados por sais de ferro ou alumínio, apresentam um teor de sólidos compreendido numa faixa entre 0,1% e 1,0%. Portanto, tem-se no mínimo a presença de 99,0% de água na massa

de lodo retirada do decantador. No entanto, em ETAs que acumulam esses resíduos por mais de 20 dias, normalmente a concentração de sólidos ultrapassa os 2,5%. (CORDEIRO et al. 1999, p.7)

Esse lodo antes de ser encaminhado para algum processo de desidratação passa pela fase de espessamento ou adensamento, sendo os tipos mais comuns de espessadores ou adensadores, por gravidade e por flotação com a utilização de ar dissolvido (REALI et al.1999).

3.1.1 – Processos não mecânicos de desidratação do lodo:

Na desidratação por meio de processos não mecânicos do lodo gerado em unidades convencionais de tratamento de água para o abastecimento público, esta técnica é classificada de muito relevante pelo fato dos processos serem de menores custos, tanto na implantação como na operação quando comparados com os processos mecanizados, principalmente se dispor de área para sua implantação. Nos Estados Unidos da América juntamente com o Canadá, são os locais onde mais se utilizam estes processos, sendo os mais empregados os leitos de secagem de areia, leitos de secagem solar, lagoas de lodo e leitos de congelamento e descongelamento (VANDERMEYDEN C.; CORNWELL D. A.; AWWA, 1998).

3.1.2 – Processos mecanizados de desidratação do lodo:

Os equipamentos empregados para a desidratação mecânica do lodo são muito utilizados em situações nas quais não se tem área disponível, seja por questão física ou pelo alto valor da terra. Os métodos mais usados são: filtração a vácuo, filtro prensa, prensa desaguadora e centrífugas. Em todos estes processos são aplicados polímeros, os quais se constituem em compostos químicos orgânicos

de cadeias longas e alto peso molecular, propriedades estas que auxiliam o lodo aglomerar e adensar, diminuindo seu volume final. Os polímeros podem ser encontrados na forma de compostos catiônicos, aniônicos ou não iônicos (AWWA, 1973).

3.1.3 – Reciclagem e recuperação de sais metálicos utilizados na coagulação:

Nos últimos anos vários trabalhos em nível de pesquisas vêm sendo desenvolvidos baseados na recuperação de coagulantes presentes no lodo de ETA, e também a utilização do próprio lodo de forma recuperada e ou reciclada.

Testes realizados com resíduos de ETA de várias localidades nos Estados Unidos, principalmente de unidades que utilizam sais a base de alumínio como: Sulfato de Alumínio e Hidroxicloreto de Alumínio, utilizando a técnica dos dois passos a qual emprega o uso de um ácido forte, demonstraram que a recuperação do alumínio pode ultrapassar de 80% - (SENGUPTA et al, 1997).

Outras pesquisas no sentido de empregar o lodo de forma reciclada, são os trabalhos realizados com o intuito de agregar o lodo na argila utilizada na indústria cerâmica.

Um trabalho de pesquisa neste tema foi desenvolvido com o lodo produzido pela ETA de Presidente Prudente. O trabalho foi realizado num período de um ano, onde foram coletadas amostras mensais do lodo produzido para analisar a variação das presenças de matérias orgânica e mineral em razão da influência das chuvas.

O estudo contemplou a avaliação das propriedades de massas cerâmicas com lodo de ETA incorporado. O método empregado foi o de conformar corpos de prova com diferentes concentrações de lodo. Os resultados mostraram que, apesar do lodo piorar as propriedades mecânicas das cerâmicas dos corpos de prova, pode

ser incorporado à massa da cerâmica. O estudo demonstrou que a melhor porcentagem a ser incorporada foi de 10% (TEIXEIRA, 2005).

3.2 – Tratamento de esgoto pelo processo de lodo ativado.

As principais tecnologias utilizadas no tratamento de esgotos pelo processo de lodos ativados são: a forma convencional, onde são empregados decantador primário, tanque de aeração, decantação secundária e biodigestão; o chamado lodo ativado modificado, o qual não possui decantação primária e nem biodigestão; e a que substitui o decantador primário por um UASB, também conhecido como Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente, RAFA. (ALEM SOBRINHO et al, 2000).

O processo de lodo ativado tem sido amplamente empregado no tratamento de efluentes domésticos e industriais, sendo que o mesmo atende amplamente condições que requerem redução significativa da carga orgânica e pouca disponibilidade de área para implantação. Em contrapartida a alta eficiência de tratamento este processo requer elevado índice de mecanização, operação com técnicas especializadas e altos consumos de energia (VON SPERLING, 1997. METCALF; EDDY,1991).

A técnica de tratamento por lodo ativado acontece pelo contato direto da matéria orgânica com os microrganismos por algumas horas, em tanques de aeração com alto teor de oxigênio dissolvido e agitação constante. Cada efluente gera grupo de microrganismos que se adapta ao substrato e o mais comumente encontrado é a *Zoogloea ramigera*, estes microrganismos sintetizam e secretam gel a base de polissacarídeo, onde outros microrganismos e matéria orgânica se aglomeram formando flocos de grande atividade metabólica. A este conjunto

formado por: bactérias, protozoários e outras matérias orgânicas que constitui a biomassa, é chamado de lodo ativado. (IMHOFF, 1996).

Uma das propriedades importantes do lodo ativado é afinidade com sólidos em suspensão, incluindo colóides, a qual favorece amplamente na formação dos flocos biológicos. No processo de tratamento, uma parte do lodo ativado esta sempre retornando ao tanque de aeração para se misturar com o substrato afluente, após este procedimento o efluente do tanque de aeração vai para o tanque de decantação, (decantador secundário), onde o lodo é removido por sedimentação e o efluente depurado descarregado (VON SPERLING, 1997).

3.2.1 – Lodo ativado convencional:

O sistema denominado de lodo ativado convencional, basicamente compõe-se de decantação primária, tanque de aeração e decantação secundária, além dos dispositivos de pré-tratamentos como, gradeamento, caixa de areia entre outros. Neste processo, normalmente, tem-se: remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, de 85 a 95%, tempo de detenção hidráulica no aerador variando de 4 a 6 horas, concentração de Sólidos Suspensos Totais no tanque de aeração – SSTA, variando de 1500 a 4000 mg/L, idade do lodo de 4 a 15 dias e porcentagem de retorno de lodo entre 25 e 50%, podendo chegar, em alguns casos, a 100% . A Figura 3.1 mostra o fluxograma simplificado de lodo ativado convencional. (PESSOA; JORDÃO, 2005, METCALF; EDDY,1991, VON SPERLING, 1997, VAN HAANDEL; MARAIS, 1999).

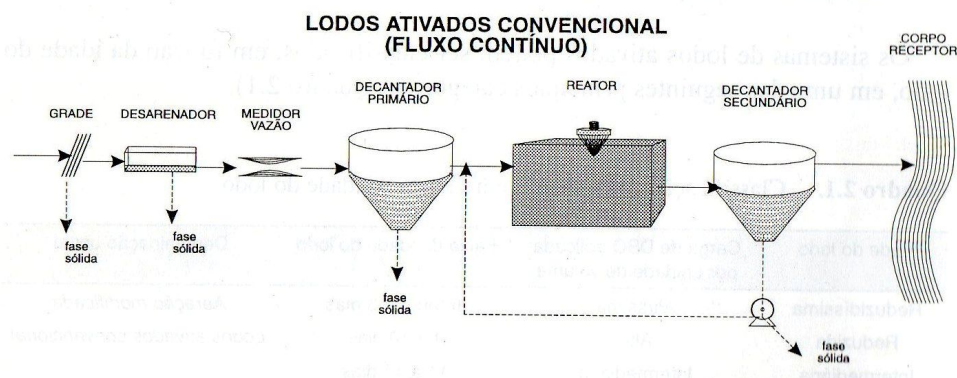


Figura 3.1 – Fluxograma simplificado de lodo ativado convencional

Fonte: Von Sperling (1997)

3.2.2 – Lodo Ativado de Aeração prolongada:

A modalidade aeração prolongada possui como base, também, decantação primária, tanque de aeração e decantação secundária. O processo apresenta os seguintes parâmetros: remoção de DBO de 90 a 95%, tempo de detenção hidráulica no aerador variando de 16 a 36 horas, SSTA variando de 3000 a 6000 mg/L, idade do lodo de 20 a 30 dias e porcentagem de retorno de lodo entre 100 e 300% (PESSOA; JORDÃO, 2005). Outros autores como: Metcalf e Eddy (1991), Von Sperling (1997), Van Haandel e Marais (1999) apresentaram dados bastante similares aos apresentados por Pessoa e Jordão (2005).

3.3 – Sistemas de aeração:

No tratamento de esgotos os tipos de aeradores mais utilizados são os dos tipos mecânicos e de ar difuso. (VON SPERLING, 1997)

3.3.1 – Mecânica:

Os principais tipos de aeradores mecânicos são: de eixo vertical, de baixa rotação e de alta rotação.

O sistema de agitação mecânica com o emprego de aeradores superficiais realiza a oxigenação através da agitação contínua que provoca na superfície do líquido, o qual forma uma camada de filme delgado que permeia o ar, ocorrendo à absorção de oxigênio. No entanto, este tipo de aerador apresenta vários pontos negativos como: baixa eficiência; alta demanda de energia; formação excessiva de espuma; mistura heterogênea; ocorrência de sedimentação; formação de aerossol; geração de odor; barulho; e altos custos de manutenção. (PESSOA; JORDÃO, 2005).

3.3.2 – Ar difuso:

Na maioria dos sistemas que utilizam ar difuso, os difusores são constituídos de material cerâmico e poroso. Os principais difusores de ar são os dos tipos porosos e não porosos. Os tipos porosos são constituídos de placas ou de tubos. Os não porosos podem ser constituídos de bocal, orifícios ou válvulas. Estes difusores podem, dependendo de sua estrutura interna, produzir bolhas finas, médias ou grossas. Um dos fatores negativos deste tipo de aplicação é a ocorrência de obstrução das superfícies porosas. (PESSOA; JORDÃO, 2005).

3.3.3 – Misturador hiperbólico:

No sistema de aeração que utiliza misturador hiperbólico, o ar é introduzido na parte inferior do tanque de aeração através de tubos perfurados e o ar é expelido em forma de bolhas grossas, porém, com o misturador hiperbólico localizado acima da tubulação de saída do ar e, pelo seu formato e por possuir várias aletas presas

no corpo do misturador, promove à quebra das bolhas grossas, tornando-as finas. Uma das qualidades deste tipo de aerador, além de produzir bolhas finas, é promover uma mistura altamente homogênea. Este tipo de aerador apresenta como fatores negativos, o desbalanceamento de eixo, desgastes de mancais e consumo de energia. A Figura 3.2 mostra a disposição deste tipo de equipamento. http://www.invent-et.com/pages/ruehrmisch/pe_hyperclassic_2.html



Figura 3.2 – Misturadores hiperbólicos – Tanque de aeração da ETE Limoeiro

3.4 – Tratamento da fase sólida do lodo gerado no processo

3.4.1 – Considerações gerais

Em geral são extraídos subprodutos sólidos no processo de tratamento dos esgotos. Estes sólidos são normalmente encontrados nas seguintes fases: De gradeamento, onde ficam retidos materiais grosseiros como pedras, panos, plásticos, etc; areia que fica retida nas caixas de areia e ou desarenadores; escumas

que se forma em diversas fases do tratamento, originárias de sabões, detergentes, óleos e graxas; e por último o lodo, que se constitui na biomassa formada no processo de tratamento e o qual representa o maior volume de sólidos gerados. (SPERLING et al, 2001).

O lodo deve, necessariamente, ser separado da fase líquida e isto ocorre nos decantadores, com posterior descarte de todo ou de parte dele para os processos de adensamento, desaguamento e disposição final.

3.4.2 – Adensamento de lodo

Adensamento é definido como a remoção da água do lodo para conseguir uma redução da massa lodosa. A solução resultante é ainda muito líquida. O adensamento é utilizado no tratamento da fase sólida em ETEs convencionais de nível secundário como medida econômica, pois reduz o volume de lodo e melhora a eficiência nos processos subseqüentes. Na medida em que diminui o volume de lodo, através do adensamento, necessitam-se de menos espaços físicos e equipamentos necessários nas etapas de desaguamento e disposição final e, portanto, diminuem-se os custos de implantação e na operação. (SHAMMAS; WANG, 2007).

3.4.3 – Adensamento por gravidade

Nas ETEs de nível secundário é comum o tratamento da fase sólida iniciar-se nos adensadores por gravidade. Estes adensadores normalmente são construídos no formato de tanques circulares e são equipados com raspadores mecânicos de

lodo, com a entrada do lodo ocorrendo no centro, a saída do lodo adensado pelo fundo e o sobrenadante pela borda superior do tanque, conforme ilustra a Figura 3.3. O sobrenadante retorna ao processo e o lodo é encaminhado para os processos subsequentes. Speling et al (2001).

A Tabela 3.1 apresenta critérios de projeto da área superficial de adensador por gravidade.

Tabela 3.1 – Critérios de projeto da área superficial de adensador por gravidade

Tipo de Lodo	Concentração dos sólidos afluente ao adensador (%)	Sólidos previstos no efluente do adensador (%)	Taxa de aplicação de sólidos (kg SS/m ² .h)
Lodos Ativados com o emprego de ar	0,5 - 1,5	2 - 3	0,49 – 1,47
Lodos Ativados com o emprego de oxigênio	0,5 – 1,5	2 - 3	0,49 – 1,47
Lodos ativados por aeração prolongada	0,2 – 1,0	2 - 3	0,98 – 1,47
Lodos provenientes de digestão anaeróbica.	8	12	1

Fonte: adaptado de US EPA apud Shammas e Wang (2007)

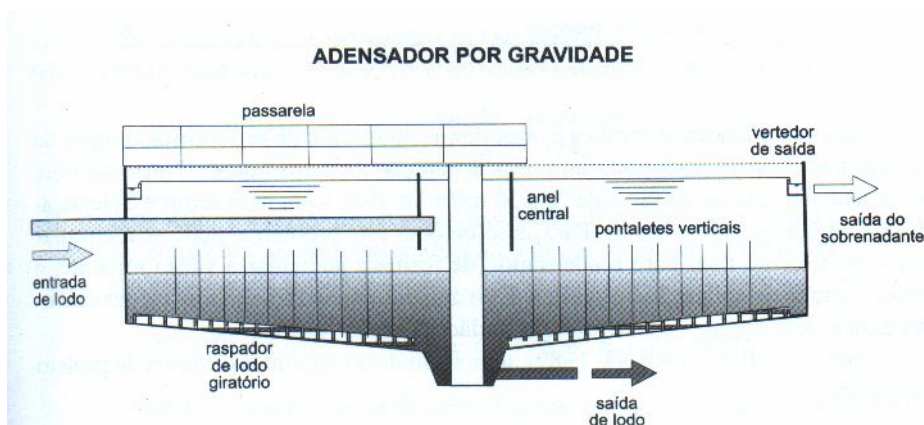


Figura 3.3 - Adensador por gravidade

Fonte: Speling et al. (2001)

3.5 – Lançamento de lodo de ETA em ETE de lodo ativado.

A pesquisa em literatura mostra que não há muitas informações a respeito do lançamento de lodo de ETA em ETE e isto por esta modalidade de disposição do lodo de ETA ter ganhado importância somente agora nos últimos anos, pois dependendo das condições da infra-estrutura existente na cidade, como redes coletoras, coletores troncos, emissários, ETE e desnível geométrico favorável, esses fatores fazem com que esta opção torne atraente no que tange, principalmente, as questões de ordens econômica e operacional. (TSUTIYA et al, 2006).

Estudos realizados em laboratório confrontando o desempenho entre duas condições de ensaio, sendo a primeira, utilizando apenas esgoto bruto e na segunda, adicionando lodo de ETA. O lodo de ETA utilizado foi gerado com a aplicação de Sulfato de Alumínio como coagulante primário e quando adicionado no esgoto afluente a ETE, a adição do lodo de ETA demonstrou provocar diminuição significativa, em relação ao primeiro ensaio, nos seguintes parâmetros: coliformes totais, *Escherichia coli*, DQO, nitrogênio, fósforo e cor do decantado. Os testes mostraram também que, o melhor resultado foi obtido quando se utilizou uma maior dosagem do lodo da ETA no afluente a ETE – (DI BERNARDO et al, 1999).

Na cidade de Franca – SP, desde agosto de 2001, o lodo produzido na ETA daquela cidade vem sendo lançado em ETE por lodo ativado convencional. A ETA é do tipo ciclo completo e trata em média 750 l/s, gerando de 3.400 kgST/dia a 24.000 kgST/dia, correspondente a variação entre os períodos de chuva e de seca, respectivamente. O descarte do lodo da ETA é realizado em batelada, sendo recebido na ETE e estocado em um tanque de decantação primária para ser introduzido no processo de tratamento da ETE de forma equalizada. Recentes testes realizados com a introdução de 50 mg/L e 100 mg/L de lodo de ETA na planta de tratamento de esgoto apresentaram algumas perturbações no processo, porém, concluiu-se que se pode conviver com os efeitos produzidos desde que se faça algumas modificações, fato que implicará num maior custo e em mais manutenções (TSUTIYA et al, 2.006).

Entre os anos de 2005 e 2006, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP realizou pesquisa em escala piloto, enfocando o recebimento de lodo de ETA pela ETE Barueri. A ETE piloto foi projetada para tratar uma vazão de 360 L/h (0,1 l/s), e utilizados lodos das ETAs Alto da Boa Vista – ABV, e Guaraú. Os testes demonstraram que a ETE Barueri desde que sua vazão seja aumentada para 12,5 m³/s, poderá receber até 30 mgST/L de lodo da ETA ABV. No entanto, o incremento na adição de 20 mgST/L de lodo da ETA Guaraú provocou sérias perturbações na remoção de nitrogênio amoniacal, fato este não esclarecido pelos pesquisadores. (MANSOCHI et al, 2006).

Em trabalho recente foi mostrado que a adição do lodo produzido pela ETA da cidade de São Carlos, se lançado em um sistema de decantação primária de uma ETE, poderá apresentar interferências negativas sobre a digestão anaeróbia. Um outro trabalho, realizado em escala piloto, mostrou que o lodo produzido pela ETA

da cidade de Araraquara, quando lançado em um sistema de tratamento de esgotos composto por lagoa de aeração seguida de lagoa de sedimentação, provoca melhorias significativas no processo de tratamento, conforme demonstrado pela maior eficiência conseguida no processo de tratamento. (SCALIZE, 2003).

Teixeira (1999), em trabalho de dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, mostrou que em função dos resultados obtidos no pré-condicionamento do lodo da ETA do Alto da Boa Vista, localizada na cidade de São Paulo, não é aconselhável fazer o adensamento deste lodo em adensador por gravidade, em razão da pouca eficiência apresentada.

Um outro trabalho apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre, mostrou que nos ensaios de bancada onde foi empregado o desaguamento através de funil de Buchner, o consorciamento do lodo produzido pela ETA Guaraú com o lodo produzido pela ETE Barueri, na medida em que se aumentava a adição de lodo de ETA, piorava a desaguabilidade. Porém, na segunda fase do trabalho, que consistia na aplicação de lodo em um filtro piloto prensa, a desaguabilidade não foi afetada. (BRINCK, 2003)

4 – Materiais e Métodos:

4.1 – Considerações gerais

Neste item são apresentadas a ETA geradora do lodo e a ETE que poderá receber o lodo, os materiais e os métodos que foram utilizados para a composição física da unidade experimental e dos procedimentos para o acompanhamento e avaliação dos resultados tais como: verificação da influência do efluente líquido do adensador, que retorna ao tanque de aeração enriquecido de partículas finas oriundas do lodo da ETA, e sua participação na nucleação da biomassa que se forma no tanque de aeração. E, também, identificar a influência deste lodo dosado e misturado com o lodo de ETE no adensador por gravidade, analisando a variação de concentração e o desaguamento.

4.2 - Descrição da ETA geradora do lodo:

4.2.1 – Localização e principais características da ETA:

A Estação de Tratamento de Água - ETA de Presidente Prudente fica localizada no quadrante sul do núcleo urbano do município, local densamente habitado. A ETA está capacitada para receber água bruta de três mananciais distintos: de uma represa formada pelo rio Santo Anastácio, o qual é divisor de municípios e localiza-se ao sul na zona rural, distando 11 km da ETA. Uma outra represa formada pelo córrego Limoeiro o qual se localiza a oeste do município servindo também como divisor entre municípios. Este córrego, principalmente no entorno da represa de captação, se encontra densamente habitado. Esta captação fica 7 km distante da ETA. E, por fim, o Rio do Peixe, o manancial de maior potencialidade de abastecimento e de onde são captados 70% de todo o volume de

água demandado pela cidade, o qual se localiza ao norte, onde também é referência de divisa entre municípios, distando 42 km da ETA.

A ETA de Presidente Prudente é do tipo convencional, com processos de coagulação, floculação, decantação e filtração. Atualmente a Estação pode tratar vazão nominal até 760 l/s. A sua estrutura física compõe-se: mistura rápida realizada no final da calha Parshall; de 9 câmaras de floculação com volume de 125 m³ cada e tempo médio de detenção hidráulica de 27 minutos; 3 módulos de decantação no formato retangular com volume de 2160 m³ cada e taxa de escoamento superficial de 40,5 m³/m²/d. Para aumentar a capacidade de tratamento foi instalado no quinto final da área de cada decantador, entre canaletas coletoras de água decantada, módulos tubulares, transformando o seguimento em um decantador de alta taxa, que permite tratar até 1000 l/s. Os filtros são em número de 9 unidades, todos do tipo filtração rápida descendente de camada dupla constituída de carvão antracito e areia, a taxa de filtração média é de 243 m³/m²/d.

No processo de tratamento são utilizados os seguintes produtos químicos: Cloro gasoso na pré cloração, coagulante Cloreto de Polialumínio – PAC, ou Hidroxicloreto de Alumínio e, conforme a qualidade da água bruta, pode ser adicionado um alcalinizante, (Ca(OH)₂), e um polieletrólito não iônico como auxiliar de coagulação. Após a passagem da água pelos filtros, é realizada a fluoretação com adição de ácido fluossilícico e, também, a pós cloração. A figura 4.1 mostra uma vista aérea da ETA de Presidente Prudente.

4.2.2 – Monitoramento do processo de tratamento da ETA:

O processo de tratamento é monitorado através da realização de análises físico-químicas, de hora em hora, desde a entrada da água na ETA até a sua saída

para o abastecimento da comunidade e a meta da operação objetiva a produção final em conformidade com a Portaria nº 518 (2004), do Ministério da Saúde. A Tabela 4.1 apresenta as médias mensais de um período de 12 meses dos registros das análises dos parâmetros: cor, turbidez, pH, alcalinidade, cloro e flúor.



Figura 4.1 – Estação de Tratamento de Água, ETA de Presidente Prudente.
Fonte: SABESP.

4.2.3 – Controles da produção e do consumo de produtos químicos na ETA:

A produção de água é monitorada constantemente por meio de um medidor do tipo ultrasônico instalado sobre o canal Parshall que fica na entrada da água bruta na ETA. Tanto os dados de produção como os de aplicação de produtos químicos são registrados de hora em hora no boletim de controle e, no final do dia, são realizadas as somatórias do volume produzido e da quantidade de produtos químicos consumidos.

A Tabela 4.2 mostra volume produzido e os consumos de produtos químicos em um período de 12 meses. Na Tabela 4.2, a coluna do volume devido a perdas no

processo, foram computados apenas os volumes descartados quando no processo de lavagem dos decantadores, isto, em razão de existir na unidade de tratamento um sistema para a recuperação da água de lavagem dos filtros.

Em média são lavados 110 filtros/mês com tempo médio de carreira de 55 h. O volume médio utilizado em cada lavagem de filtro é de 200 m³, portanto, ao longo do mês são recuperados 22000 m³, correspondendo em média a 1,3% do volume total tratado.

Tabela 4.1 – Registros das médias mensais dos parâmetros operacionais.

BOLETIM DAS MÉDIAS MENSAIS DE CONTROLE DE PRODUÇÃO DE ÁGUA																
MÊS	Volume Tratado (VT) (m ³) média diária	PARÂMETROS OPERACIONAIS (MÉDIAS MENSAIS)														
		PH			TURBIDEZ %				CLORO (mg/L)		ALCALINIDADE (mg/L)		COR			FLÚOR (mg/L)
		Bruta	Decantada	Final	Bruta	Decantada	Rendimento	Final	Decantada	Final	Bruta Total	Final Total	Bruta	Decantada	Final	Final
mar/06	55368,6	7,0	7,0	6,9	93,0	1,6	98,28	0,3	2,0	1,7	49,7	40,2	783,2	11,8	1,7	0,7
abr/06	53511,3	7,1	7,0	7,1	43,0	1,5	96,51	0,3	2,2	1,7	61,5	51,6	376,1	11,0	1,7	0,7
mai/06	52559,7	7,3	7,2	7,2	21,8	1,5	93,12	0,3	2,1	2,0	62,0	54,6	182,0	9,9	1,4	0,7
jun/06	51976,8	7,3	7,2	7,2	19,0	1,6	91,58	0,2	1,7	1,7	64,9	57,0	150,6	10,2	1,3	0,7
jul/06	52475,9	7,4	7,3	7,3	16,4	1,4	91,46	0,2	0,7	2,0	69,0	62,0	125,1	9,7	1,2	0,7
ago/06	55838,7	7,4	7,3	7,3	26,2	1,7	93,51	0,2	0,7	1,6	70,6	63,5	180,4	9,6	0,8	0,7
set/06	52885,0	7,3	7,1	7,1	42,8	1,4	96,73	0,2	0,8	1,7	55,5	47,8	302,4	6,9	0,6	0,7
out/06	55339,8	7,1	6,9	7,0	79,0	1,3	98,35	0,2	0,7	1,7	55,4	45,2	584,3	7,1	0,5	0,7
nov/06	56426,3	7,2	7,1	7,1	33,1	1,5	95,47	0,2	0,7	1,6	67,3	57,9	229,4	8,3	1,3	0,7
dez/06	55093,8	6,9	6,8	6,9	105,3	1,5	98,58	0,2	0,6	1,6	49,7	41,7	739,7	9,1	1,1	0,7
jan/07	51468,5	6,8	6,8	6,8	177,4	1,8	98,99	0,5	0,5	1,6	51,9	41,9	1214,4	12,5	3,2	0,7
fev/07	53547,6	6,9	6,8	6,9	105,2	1,5	98,57	0,2	0,4	1,7	60,8	48,1	760,1	11,9	2,0	0,7
MÉDIA	53874,3	7,1	7,0	7,1	63,5	1,5	95,9	0,3	1,1	1,7	59,9	51,0	469,0	9,8	1,4	0,7

Fonte: SABESP.

4.2.4 – Massa e concentração de lodo gerado na ETA:

Os decantadores são lavados em média a cada 30 d, a lavagem é efetuada de forma manual por meio de descarga de fundo que duram em média 3 h, até restar uma camada de lodo adensado de aproximadamente 30 cm, em seguida, para complementar a lavagem é utilizada mangueira com esguicho. Com os dados

registrados nas Tabelas 4.1 e 4.2, e aplicando a fórmula e o desenvolvimento proposto por Cornwell et al. (1987), apud Andreoli et al. (2001), a qual é demonstrada neste item, foram calculadas a massa e a concentração de lodo produzido no período de março/06 a fevereiro/07, conforme Tabela 4.3.

Tabela 4.2 – Registros do consumo e dosagens de produtos químicos empregados no processo de tratamento.

BOLETIM DOS VALORES TOTAIS DE CONTROLE DE PRODUÇÃO DE ÁGUA													
MÊS	Volume Tratado - VT (m³)	Volume Devido a Perdas no Processo (m³) *	Volume Produzido -VP- (m³)	CONSUMO MENSAL DE MATERIAL DE TRATAMENTO									
				CLORETO DE POLIALUMÍNIO PAC		CAL		ÁCIDO FLUORSILÍCICO		CLORO		POLIELETRÓLITO	
				Kg	mg/L	Kg	mg/L	Kg	Mg/L	Kg	mg/L	Kg	mg/L
mar/06	1716426,6	7605,0	1708821,6	148970,5	86,8	1380,4	0,8	5491,9	3,2	10788,9	6,3	130,8	0,1
abr/06	1605339,1	7605,0	1597734,1	98976,0	61,7	0,0	0,0	5174,1	3,2	8886,2	5,5	31,3	0,0
mai/06	1629350,7	5070,0	1624280,7	68907,1	42,3	0,0	0,0	5268,8	3,2	6962,1	4,3	43,4	0,0
jun/06	1559304,4	5070,0	1554234,4	59353,0	38,1	0,0	0,0	5077,8	3,3	5895,7	3,8	105,1	0,1
jul/06	1626753,9	5070,0	1621683,9	58238,0	35,8	0,0	0,0	5305,7	3,3	5416,1	3,3	133,8	0,1
ago/06	1730999,5	7605,0	1723394,5	67124,1	38,8	0,0	0,0	5608,3	3,2	5934,9	3,4	92,8	0,1
set/06	1586549,1	2535,0	1584014,1	80293,4	50,6	0,0	0,0	5296,7	3,3	5792,3	3,7	89,2	0,1
out/06	1715534,0	10140,0	1705394,0	120804,9	70,4	735,5	0,4	5817,5	3,4	8348,7	4,9	116,0	0,1
nov/06	1692790,2	7605,0	1685185,2	81274,7	48,0	0,0	0,0	5540,7	3,3	7875,3	4,7	123,7	0,1
dez/06	1707907,8	10140,0	1697767,8	150971,3	88,4	3084,5	1,8	5488,9	3,2	9519,6	5,6	140,2	0,1
jan/07	1595524,0	15210,0	1580314,0	229867,3	144,1	9539,7	6,0	5129,9	3,2	10787,8	6,8	156,3	0,1
fev/07	1499332,8	7605,0	1491727,8	158090,8	105,4	1375,2	0,9	4856,6	3,2	9239,5	6,2	74,4	0,0
MÉDIA:	1638817,7	7605,0	1631212,7	110239,3	67,5	1342,9	0,8	5338,1	3,3	7953,9	4,9	103,1	0,1

Obs.: * Volume consumido no Processo, (m³), na Lavagem dos Decantadores.

Fonte: SABESP

Na composição da Tabela 4.3, como não se recupera a água quando do descarregamento dos decantadores durante o processo de lavagem, a porcentagem de sólidos foi calculada considerando o volume dos três decantadores, o qual é de 6480 m³, e o sólido retido no período de um mês.

No emprego da fórmula de Cornwell foi considerado o coagulante como sendo o Sulfato de Alumínio, isto em razão de não se conseguir a fórmula química do PAC utilizado e, portanto, sem ela torna-se impossível estimar a relação estequiométrica necessária na fórmula, onde para o Sulfato de Alumínio a relação é

44% da dosagem fica sob a forma de sólidos. Em alguns meses foi utilizado o alcalinizante Hidróxido de Cálcio, porém como a maior quantidade foi aplicada na água final, não se considerou a sua aplicação no cálculo da massa de sólidos secos.

Equação 4.1 foi utilizada para determinar o balanço de produção de sólidos nos decantadores, conforme proposto por Cornwell et al (1987).

$$W = 0,0864 \cdot Q \cdot (0,44 \cdot D + 1,5 \cdot T + A) \quad (4.1)$$

Onde:

W = quantidade de sólidos (kg/d);

Q = vazão de adução de água (L/s);

D = dosagem de Sulfato de Alumínio (mg/L);

T = turbidez da água bruta (uT);

A = dosagens de auxiliares e/ou outros produtos (mg/L)

Tabela 4.3 – Registros da massa de sólidos secos e concentração do lodo.

CÁLCULO DA MASSA SECA E DA % DE SÓLIDOS NO LODO							
Mês	Vazão (Q) (L/s)	Horas Trabalhadas	Turbidez (NTU)	Dosagem do Polieletrólito (mg/L)	Dosagem do PAC (mg/L)	M. de Sólidos Secos (Kg)	% de sólidos no lodo
mar/06	717,69	664,33	93,0	0,10	86,79	305.160,2	4,7
abr/06	655,46	680,33	43,0	0,02	61,65	147.125,9	2,3
mai/06	710,98	636,58	21,8	0,02	42,29	83.631,5	1,3
jun/06	699,82	618,93	19,0	0,10	38,06	70.711,4	1,1
jul/06	707,13	639,03	16,4	0,10	35,80	65.805,5	1,0
ago/06	740,18	649,58	26,2	0,10	38,78	97.732,4	1,5
set/06	686,39	642,07	42,8	0,10	50,61	137.344,2	2,1
out/06	689,30	691,33	79,0	0,10	70,42	256.616,5	3,9
nov/06	733,74	640,85	33,1	0,10	48,01	119.977,2	1,8
dez/06	735,50	645,03	105,3	0,10	88,40	336.362,0	5,2
jan/07	660,39	671,12	177,4	0,10	144,07	525.870,1	8,1
fev/07	729,81	570,67	105,2	0,05	105,44	306.229,6	4,7
MÉDIA	705,5	645,82	63,5	0,08	67,53	204.380,5	3,1

4.2.5 – Caracterização do lodo da ETA:

Para realizar a caracterização do lodo de ETA foram coletadas amostras ao longo da descarga de fundo de um dos decantadores, o qual foi lavado no mês de

abril/07. As amostras foram coletadas a cada 15 minutos, iniciando logo após a abertura da adufa de fundo do decantador. A duração da descarga foi de 3 h, perfazendo, portanto, 12 amostragem. As amostras foram identificadas de modo a se formar 03 grupos, sendo o primeiro enumerado de 0 a 3, o segundo de 4 a 7 e o terceiro de 8 a 11, caracterizando respectivamente a 1ª hora, 2ª hora e a 3ª hora do período integral da descarga de fundo. A Tabela 4.4 mostra os resultados encontrados nestes ensaios.

Tabela 4.4 – Registros das análises no lodo da ETA de Presidente Prudente - abr/07

PARÂMETROS	AMOSTRAS			
	AMOSTRA 0 – 3	AMOSTRA 4 – 7	AMOSTRA 8 - 11	AMOSTRA COMPOSTA
SÓLIDOS TOTAIS (mg/L)	422	6944	26700	10996
SÓLIDOS FIXOS (mg/L)	232	5840	21874	9004
SÓLIDOS VOLÁTEIS (mg/L)	210	1104	4826	1962
SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (mg/L)	245	6395	26025	10775
SÓLIDOS SUSPENSOS FIXOS (mg/L)	140	5310	22180	8995
SÓLIDOS SUSPENSOS VOLÁTEIS (mg/L)	105	1085	3845	1800
pH	7,26	6,91	6,31	6,88
NH ₃ - N (mg/L)	0,2	7,1	20,8	9,2
DQO (mg/L)	47	608	2664	1131
DBO (mg/L)	10	30	40	40
COLIFORME TOTAL (NMP/100 mL)	4,35 E+2	2,23 E+5	1,12 E+6	-
ESCHERICHIA COLI (NMP/100 mL)	3 E+0	9,3 E+1	4,11 E+3	-

4.3 – Descrição da ETE Limoeiro:

4.3.1 – Principais unidades da ETE:

A Estação de Tratamento de Esgoto, ETE, se localiza na zona sudoeste do município de Presidente Prudente numa área rural, fica à margem direita do córrego Limoeiro, o qual empresta o nome a ETE. Este córrego é o receptor do efluente tratado da Estação. A ETE Limoeiro foi projetada para tratar todos os esgotos da cidade de Presidente Prudente e mais os esgotos da cidade vizinha de Álvares Machado utilizando o processo de lodos ativados. Neste projeto, em linhas gerais, foram construídas as unidades de tratamento, conforme fluxograma da Figura 4.2.

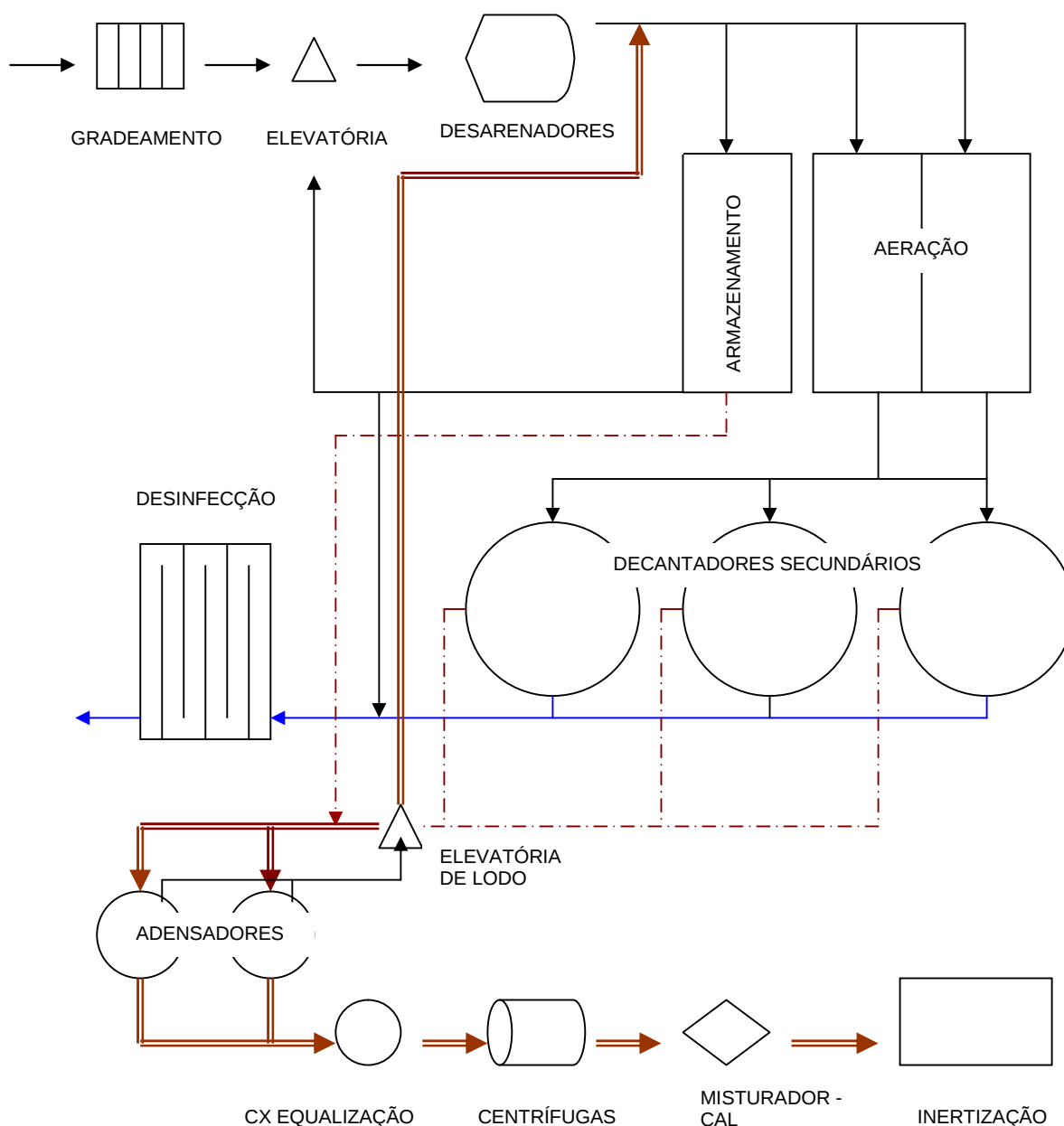


Figura 4.2 – Fluxograma da ETE Limoeiro

Fonte: SABESP

Como pode ser visto na Figura 4.2, o projeto não tem o fluxograma característico de uma ETE convencional para o processo de tratamento de esgotos por lodos ativados, ou seja, possuir unidades de decantação primária, aeração e decantação secundária. A ETE Limoeiro, portanto, por não possuir a unidade de decantação primária, pode ser considerada como sendo uma ETE por lodos ativados modificada (aeração prolongada). No fluxograma, o tanque denominado armazenamento serve para receber os esgotos no horário de pico horo-sazonal, compreendido entre 18 e 21 h, neste intervalo o tratamento neste tanque passa a ser químico, ficando todos os sopradores e misturadores parados, obtendo-se assim economia de energia elétrica. Porém, essa forma de operação proposta ainda não foi iniciada. A Figura 4.3 mostra uma vista aérea da ETE Limoeiro.



Figura 4.3.– ETE Limoeiro

Fonte: SABESP

4.3.2 – Dados de projeto da ETE limoeiro:

A empresa projetista foi a Serviços de Engenharia Consultiva Ltda, SEREC. Os parâmetros básicos para o desenvolvimento do projeto estão demonstrados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Parâmetros de projeto da ETE Limoeiro.

PARÂMETROS	1ª ETAPA (2007)	2ª ETAPA (2017)
População (hab)	203.413	218.211
Vazão média anual (l/s)	493	529
Vazão média do dia de maior consumo (l/s)	514	551
Vazão máxima horária (l/s)	720	772
Concentração da DBO ₅ dos esgotos brutos (mg DBO ₅ /dia)	411	408
Carga orgânica afluyente (kg DBO ₅ /dia)	17.507	18.648

Fonte: adaptado de CEREC

4.3.3 – Condição de operação da ETE Limoeiro:

A ETE Limoeiro teve o seu início de teste operacional em maio de 2004, e o início operacional oficial se deu em setembro de 2004 quando da sua inauguração. Desde então, a vazão média tratada na ETE permanece em torno de 300 l/s não sofrendo alteração. Esta vazão é referente a 80% dos esgotos de Presidente Prudente mais 60 % dos esgotos da cidade de Álvares Machado, restando ainda duas obras de reversão de fluxo que possibilitarão o tratamento de 100% dos esgotos produzidos por ambas as cidades.

Portanto, a ETE atualmente tem tratado em média um volume de esgoto de 25.920 m³/d. A eficiência da Estação tem se mostrada adequada, com índice médio de remoção da carga orgânica nos últimos meses de 91,18%, conforme demonstrado na Tabela 4.6. Por sua vez, a vazão de descarte de lodo para o processo de desidratação está em torno de 25 m³/h. Este lodo tem saído do

adensador com 1,5% de sólidos, sendo encaminhado até à centrífuga, na qual a desidratação tem ficado em média em 95%. De modo que, diariamente estão sendo produzidas um equivalente de 8,5 t de massa seca.

Atualmente, o desafio é encontrar um ajuste fino no processo de desidratação, e conseguir otimizar a dosagem do polímero utilizado no processo, o qual é um polieletrólito levemente catiônico de cadeia longa. Trata-se de um produto que atualmente é importado da Alemanha, o que encarece o custo final da operação de desidratação.

Tabela 4.6 – Registros da eficiência na remoção da DBO

Mês	DBO Entrada (mg/L)	DBO Saída (mg/L)	(%) Eficiência
jul/06	533	26	95,12
Ago/06	293	25	91,47
set/06	300	18	94,00
out/06	200	18	91,00
Nov/06	390	36	90,77
dez/06	440	21	95,23
jan/07	300	48	84,00
fev/07	340	40	88,24
mar/07	240	22	90,83
MÉDIA	337,33	28,22	91,18

Fonte: SABESP

4.4 – Concepção do sistema piloto experimental.

A instalação e operação do sistema Piloto foi realizada no laboratório da ETE Limoeiro. No experimento buscou-se a reprodução dos parâmetros operacionais, tais como: Tempo de Detenção Hidráulica - TDH, taxa de aplicação de O₂ no tanque de aeração, idade do lodo, porcentagens do lodo de retorno ao tanque de aeração e de descarte para o processo de desidratação, proporcionais aos aplicados na ETE.

A unidade experimental é constituída pelos seguintes componentes:

- uma bomba para captação de esgoto bruto;
- um tanque de aeração com agitador hiperbólico;
- um compressor ou soprador de ar;
- um decantador secundário;
- um adensador de lodo por gravidade;
- um reservatório para armazenar o lodo de ETA;
- uma centrífuga de laboratório com cubetas;
- cinco bombas dosadoras de pequeno porte;
- três bombas para recirculação e homogeneização do lodo de ETA
- solução a 0,05% de um polímero catiônico;
- e mangueira de plástico e/ou borracha de 6 x 4 mm para as interligações.

A Figura 4.4 mostra o esquema do sistema piloto experimental em corte.

4.4.1 – Descrição e Dimensionamento da ETE Piloto:

4.4.1.1 – Tanque de aeração:

O tanque foi construído utilizando como material da estrutura o acrílico. As dimensões foram baseadas na área de influência de um misturador hiperbólico no tanque de aeração da ETE Limoeiro. Assim, definiu-se que seria construído o tanque no formato quadrado. A Figura 4.5 mostra as dimensões e o desenho do tanque.

No sistema de aeração foi reproduzido, em escala 1:25, o misturador hiperbólico que é utilizado na ETE Limoeiro, tem diâmetro de 2,50 m e altura de 0,84 m. Para a construção do misturador hiperbólico do Piloto, definiu-se a equação da curva hiperbólica para que a peça fosse moldada em um torno microprocessado para garantia da curvatura desejada.

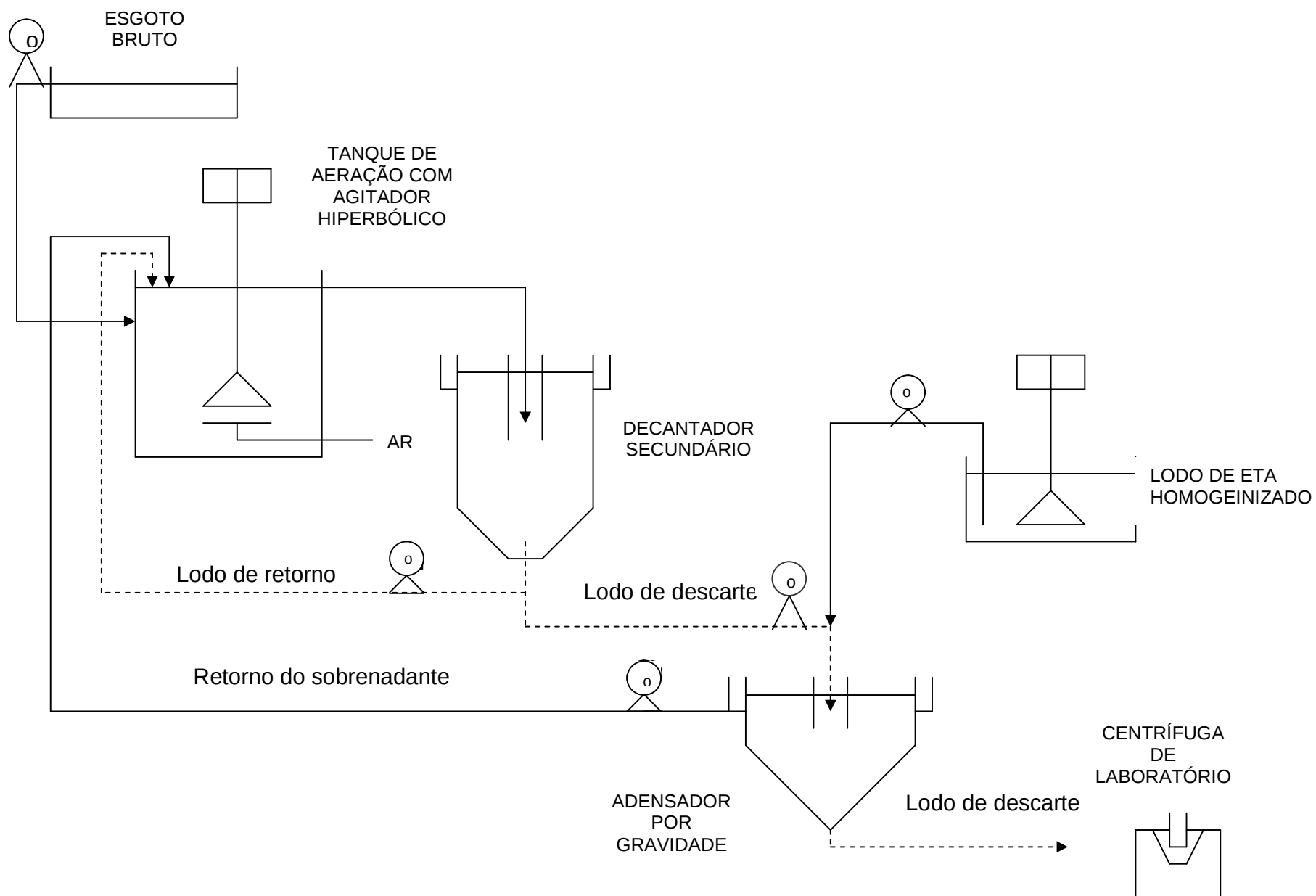


FIGURA 4.4 – ESQUEMA DO SISTEMA PILOTO

Na superfície inferior do misturador hiperbólico existem 48 palhetas que tem como função quebrar as bolhas grossas em bolhas finas, assim como no misturador hiperbólico do Piloto foram instaladas a mesma quantidade de palhetas. As Figuras 4.6 e 4.7 mostram a equação da curva e as dimensões da peça, respectivamente.

Esses misturadores giram em uma velocidade de 42 rpm, a reprodução desta mesma velocidade se conseguiu com o emprego de um conjunto moto-redutor, o qual foi construído especificamente para atender a velocidade requerida. O conjunto formado pelo moto-redutor, eixo e misturador hiperbólico foi instalado sobre o tanque de aeração, exatamente no seu centro.

A aplicação de ar no tanque se deu pela sua parte inferior, também no seu centro. Procurou-se reproduzir exatamente o que ocorre na aplicação de ar no tanque de aeração da ETE Limoeiro, ou seja, o ar flui por um anel que fica sob o misturador hiperbólico. O anel possui 48 furos voltados para o fundo do tanque, por onde é expelido o ar.

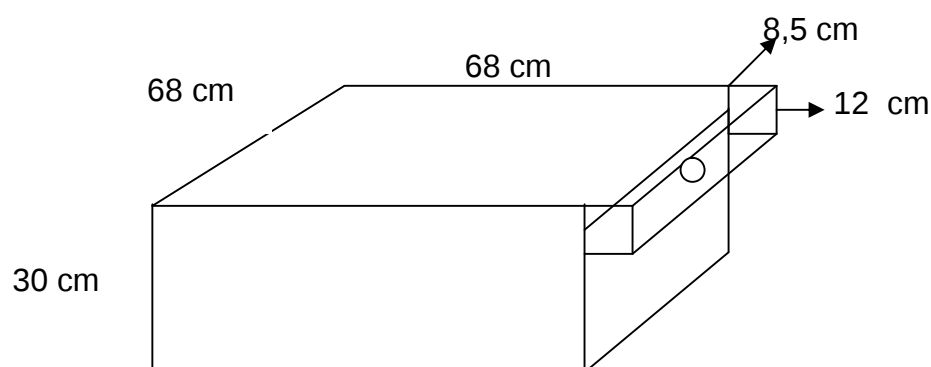


Figura 4.5: Tanque de aeração.

- Volume do tanque de aeração, (VTaer) = $0,68 \times 0,68 \times 0,215 = 0,099416 \text{ m}^3$
- Tempo de retenção hidráulica no, TRHaer = $0,099416 / 0,0085 = 11,7 \text{ horas}$

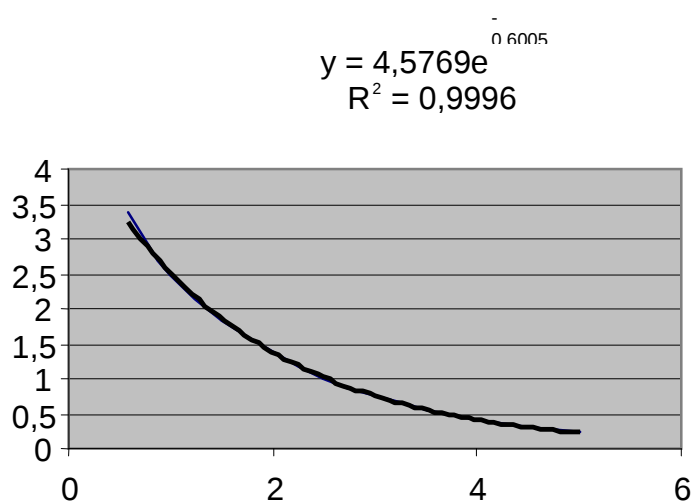


Figura 4.6 – Equação da curva do hiperbólico

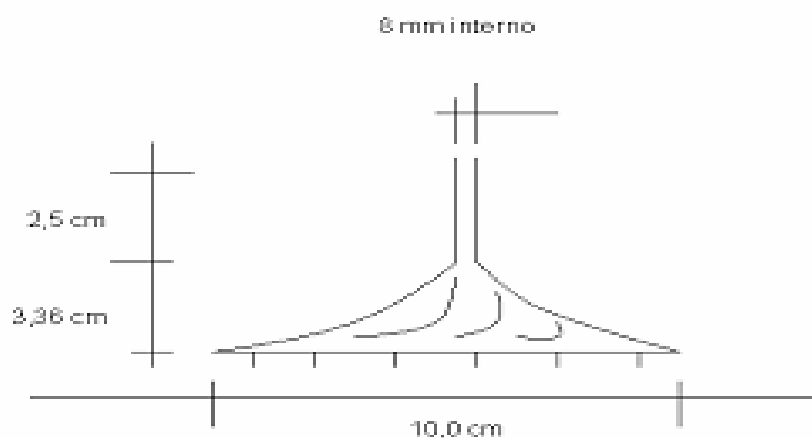


Figura 4.7 - Dimensões e desenho do hiperbólico

4.4.1.2 – Decantador secundário:

Na construção do decantador secundário optou-se pelo formato circular de um tubo, a fim de se conseguir uma melhor relação entre o Tempo de Detenção Hidráulica e a Taxa de Aplicação Superficial. A Figura 4.8 mostra o decantador secundário.

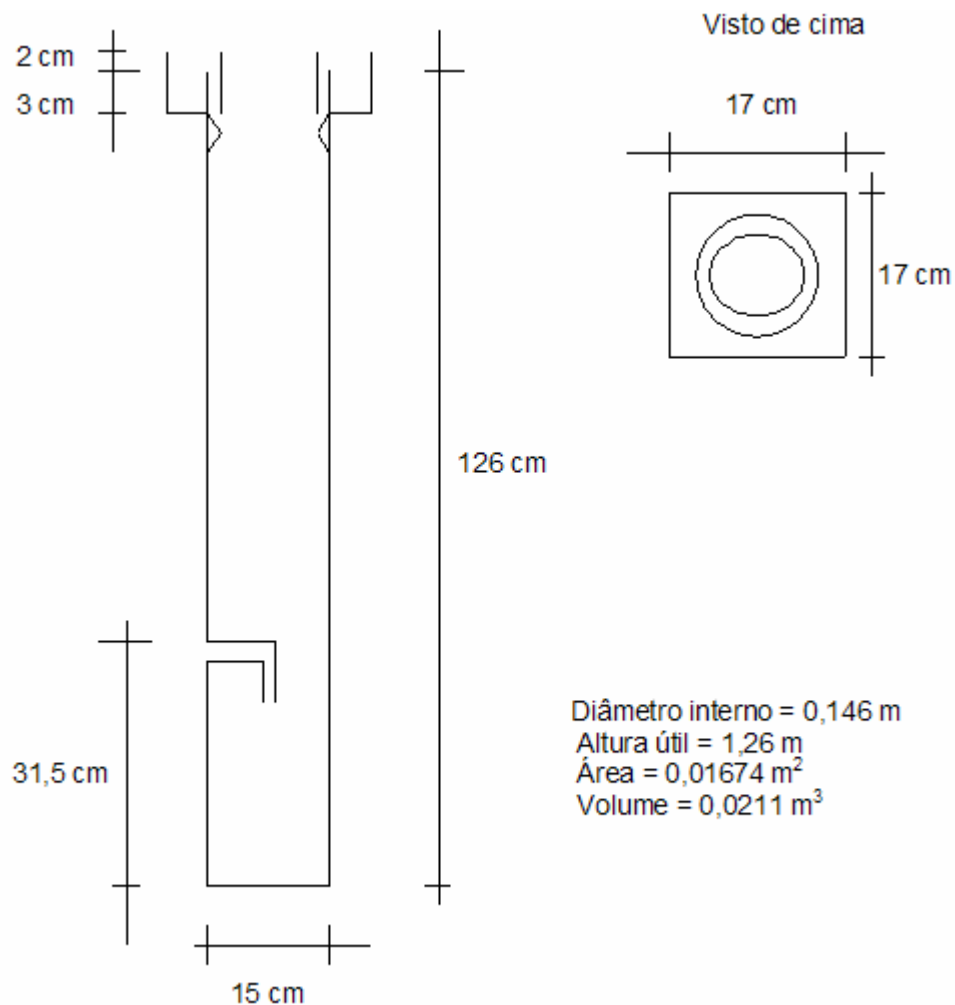


Figura 4.8 – Dimensões e desenho do decantador secundário.

- Tempo de retenção hidráulica no decantador secundário (TRHD) = 2,48 horas.
- Taxa de escoamento superficial no decantador secundário (q_D) = 12,2 m³/m². dia

A alimentação do decantador foi realizada na parte inferior e na razão de 1/4 da altura. Foi instalado um tubo para direcionar o esgoto proveniente do tanque de aeração até o eixo do decantador, e este era direcionado para baixo.

4.4.1.3 – Adensador por gravidade:

A concepção do adensador por gravidade também se deu em formato tubular e em material acrílico, como o utilizado na confecção do decantador. Na parte

superior, tanto do decantador como do adensador foram colocados dois anéis sendo um interno ao tubo e com ângulo da parede de 45° visando o direcionamento de eventual sobrenadante para o segundo anel, o qual fica sobre as bordas superiores dos tubos. A alimentação do adensador com o lodo descartado, também foi realizada na parte inferior do tubo e na mesma razão de $\frac{1}{4}$ da altura. Portanto, seguiu-se a mesma linha mestra utilizada no decantador.

No dimensionamento do adensador foi adotado um descarte de lodo da ordem de 6% do volume afluente a ETE Piloto. Portanto, uma vazão de descarte de lodo de 12 l/d. A idéia foi adotar no dimensionamento, baixas taxas de aplicações, tanto de sólidos como hidráulica, de forma a obter folga quando da aplicação do lodo de ETA. A Figura 4.9 mostra foto do conjunto da ETE Piloto e a Figura 4.10 apresentam o desenho do adensador.



Figura 4.9 – Conjunto completo da ETE Piloto, com aerador, decantador e adensador.

- Taxa de retenção hidráulica no adensador (TRHA) = 12,6 horas
- Taxa de aplicação de sólidos no adensador (TASA) = 17,29 kg SS / m² x dia
- Taxa de aplicação superficial no adensador (TASA) = 1,73 m³ / m² x dia

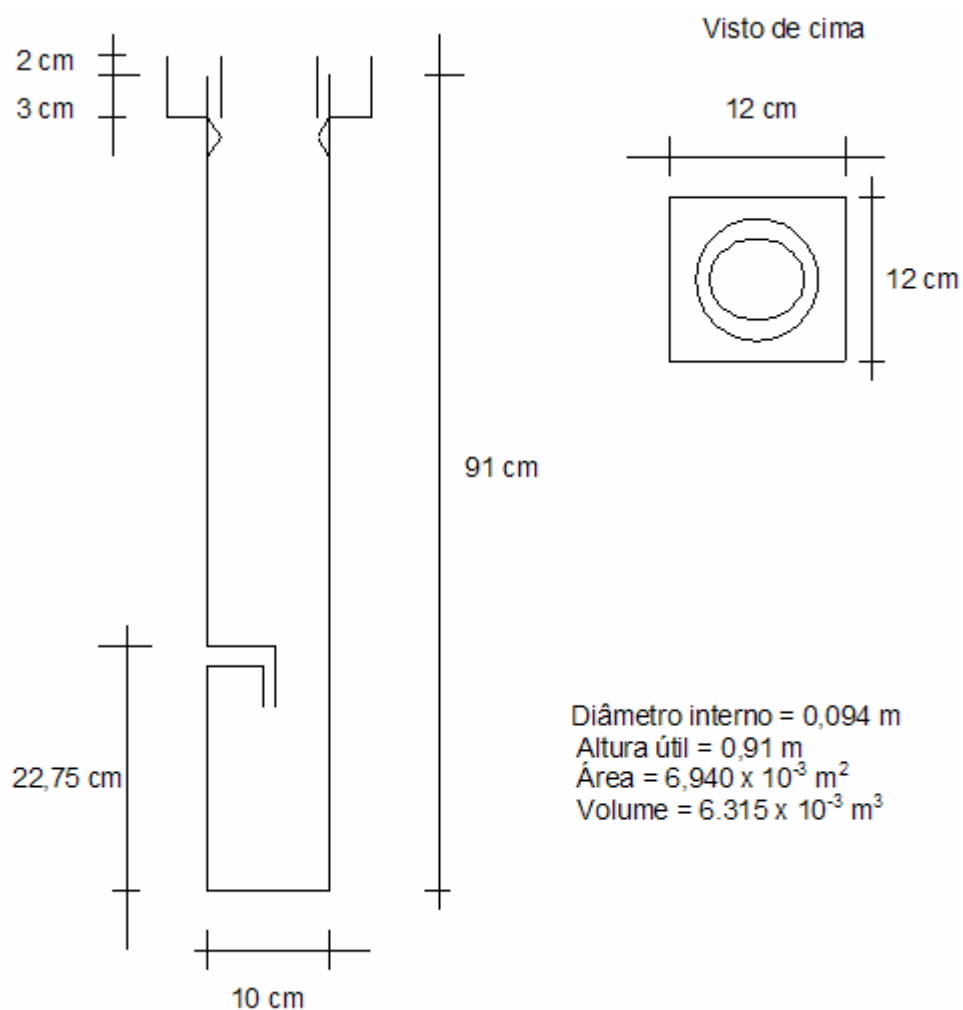


Figura 4.10 – Adensador por gravidade

4.5 – Metodologia:

4.5.1 – Considerações gerais

Inicialmente foi realizado um estudo em *Jar Test* para a determinação de alguns parâmetros de interesse e averiguação dos métodos analíticos a serem

empregados. Uma vez definidos os parâmetros de controle, pontos de coleta das amostras na instalação piloto experimental (ETE Piloto), foram pré-estabelecidas às rotinas das análises físico-químicas. Todas as amostragens, tanto diárias como as semanais, foram pontuais e não compostas. Após definições iniciais, foi realizado ensaio preliminar na instalação Piloto para correções e ajustes finos dos parâmetros operacionais, buscando o equilíbrio de funcionamento por meio de controle das vazões, obedecendo aos parâmetros de dimensionamento da ETE Piloto.

O desenvolvimento da pesquisa foi dividida em três etapas: a) 1ª etapa, realização de ensaio com *Jar Test* para determinação das condições operacionais; b) 2ª etapa, acompanhamento do desempenho da unidade piloto, conforme parâmetros operacionais da ETE Limoeiro; c) 3ª etapa, acompanhamento do desempenho da ETE Piloto com o emprego do lodo da ETA no adensador de lodo por gravidade, utilizando as dosagens encontradas na primeira etapa.

O monitoramento do desempenho em cada etapa do desenvolvimento da pesquisa foi realizado por meio de análises dos parâmetros apresentados na Tabela 4.7.

4.5.2 – Primeira Etapa: Ensaios de *Jar Test*

A opção pelo ensaio em *Jar Test* foi motivada pela dificuldade operacional em determinar as melhores dosagens na própria ETE Piloto. Para tanto, foi realizada uma simulação operacional, na qual se procurou relacionar as implicações da dosagem aplicada de lodo de ETA, concentração média de sólidos no lodo, taxa de aplicação de sólidos, taxa de aplicação hidráulica, retorno do Teor de Sólidos, (TS), concentração do teor de sólidos presentes no sobrenadante que retorna ao tanque

de aeração e o tempo em dias para ser absorvido o volume de um decantador da ETA. Os resultados estão registrados na Tabela 5.1, no capítulo dos resultados.

Tabela 4.7 – Parâmetros analisados e métodos analíticos empregados.

PARÂMETROS	MÉTODOS
pH	Eletrométrico
Oxigênio dissolvido, OD	Titulométrico / Oxímetro
Demanda química de oxigênio, DQO	Reator e espectrofotômetro
Demanda bioquímica de oxigênio, DBO	Oxítop / Titulométrico
Sólidos totais, ST (mg/L)	Gravimétrico
Sólidos fixos, SF (mg/L)	Gravimétrico
Sólidos voláteis, SV (mg/L)	Gravimétrico
Sólidos suspensos totais, SST (mg/L)	Gravimétrico
Sólidos suspensos fixos, SSF (mg/L)	Gravimétrico
Sólidos suspensos voláteis, SSV (mg/L)	Gravimétrico
Índice volumétrico de lodo, IVL	Gravimétrico
Nitrogênio total	Espectrofotometria
Fósforo total	Espectrofotometria
% de sólidos nos lodos do decantador, adensador e desidratado.	Gravimétrico
Determinação das dosagens do polímero catiônico.	Ensaio
Turbidez (NTU).	Eletrométrico

O critério para análise da simulação operacional foi baseado na NBR 12.209/92, conforme a Tabela 4.8, para o tipo de lodo utilizado: Lodo biológico (lodo ativado).

Baseado nos resultados obtidos na simulação operacional foi realizado o ensaio de aplicação em um aparelho de *Jar Test*, no qual se procurou reproduzir a aplicação das cinco dosagens, exceto a de 11.000 mg/L, a qual foi substituída por uma nova dosagem de 3.000 mg/L.

Tabela 4.8 – Valores máximos para adensamento por gravidade

Tipo de lodo	Máxima taxa de aplicação de sólidos (kg SS/m ² .d)	Máxima taxa de aplicação hidráulica (m ³ / m ² .d)	Máximo teor de sólidos em suspensão no lodo adensado (%)
Lodo primário bruto	150	30	8
Lodo primário estabilizado	120	50	8
Lodo biológico (lodo ativado)	30	8	3
Lodo biológico (filtro biológico)	50	8	6
Lodo misto (primário bruto + lodo ativado)	50	12	6
Lodo misto (primário bruto+ filtro biológico)	60	12	7

Fonte: NBR – 12.209/92

Antes da realização da desidratação do lodo com o emprego de centrífuga de laboratório, foi realizado um teste para determinar a melhor dosagem de polímero a ser empregada. Assim, por meio de uma alíquota do lodo extraída do adensador da ETE Piloto, que já estava em operação por vários dias e com produção de lodo, foi realizado o ensaio de dosagem de aplicação de polímero conforme procedimento que se segue:

- Preparação da solução de polímero a 0,05%, procedendo conforme orientação do fornecedor para garantir a formação plena da cadeia química, para tanto, após a preparação, a solução foi deixada em repouso por um período de uma hora.
- Determinação do percentual de sólidos no lodo bruto, pelo método gravimétrico.
- Separação de cinco amostras de 200 mL para receberem as dosagens de polímero conforme descrito na Tabela 4.9.

- A aplicação do polímero foi realizada com a utilização de uma seringa graduada e aplicação manual.
- Uma vez dosada a solução foi aplicada à técnica dos dois copos, a qual consiste na mudança da amostra, de um copo para o outro, por dez vezes consecutivas e dentro de um período de 10 segundos.
- Após a mistura descrita no passo anterior, imediatamente, aparece à água livre e o lodo fica na forma de grandes flocos. A água livre foi drenada através de uma peneira fina e posteriormente a massa lodosa homogeneizada e levada ao desaguamento.
- O desaguamento foi realizado em uma centrífuga de laboratório, por um período de 6 minutos a 1500 rpm.

Tabela 4.9 – Volume da solução de polímero a 0,05% (massa) x dosagem aplicada

Volume adicionado da solução a 0,05% de polímero (mL)	Dosagem aplicada (mg/L)
10	25
15	37,5
20	50
30	75
40	100

No teste para a determinação da melhor dosagem de aplicação de polímero, o polímero utilizado foi um polímero catiônico (Praestol 853 BC), o qual é o utilizado na ETE Limoeiro por ser o produto que apresentou melhores resultados. Este polímero, segundo Mendes (2001), é fornecido na forma granular, de carga catiônica, apresenta alta densidade de carga e de peso molecular médio. No

trabalho de Dissertação de Brinck (2003), o polímero com o qual se obteve o melhor desempenho foi também o polímero catiônico (Praestol 853 BC).

Após realização do teste para a determinação da melhor dosagem de polímero, passou-se ao ensaio do *Jar Test*. O aparelho de *Jar Test* utilizado foi o da marca Tubfloc do tipo com seis jarros e volume de dois litros cada.

Para evitar diferenças discrepantes no volume de lodo de ETA a ser testado, foram utilizadas duas soluções com concentrações diferentes, tais como: uma solução com Sólidos Totais – (ST), igual a 7.755 mg/L utilizada nos frascos 1 e 2 e a solução com (ST) de 36.060 mg/L utilizada nos frascos 3, 4 e 5. O frasco de nº 6 foi testado apenas com o lodo da ETE Piloto conforme mostra a Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Ensaio de jarros com lodo de ETA

Frasco	Dosagem mg/L	Volume do Lodo de ETA mL
1	100	26,0
2	500	129,0
3	3.000	166,0
4	5.000	277,0
5	10.000	555,0
6	Lodo ETE	-

O procedimento dos ensaios foi: de em primeiro lugar adicionar o lodo de ETA e completar o volume até a marca de 2 litros com o lodo da ETE Piloto. Em seguida, foi acionado o aparelho de ensaio de *Jar Test* durante um período de um minuto na rotação de 100 rpm (mistura rápida). Após esse período, o aparelho foi desligado e os jarros ficaram em repouso por quatro horas, sendo que esse período foi adotado como referência 1/3 do Tempo de Retenção Hidráulica no adensador.

Decorridas às quatro horas de repouso foram coletadas amostras para determinação da turbidez do sobrenadante, dos jarros 3, 4 e 5, sendo que os outros jarros não apresentaram decantação. Concluída essa fase, foram dosados 37,5

mg/L de polímero em todos os jarros e aplicada à técnica dos dois copos para a realização do desaguamento do lodo. As Figuras 4.11 e 4.12 mostram imagem do ensaio.

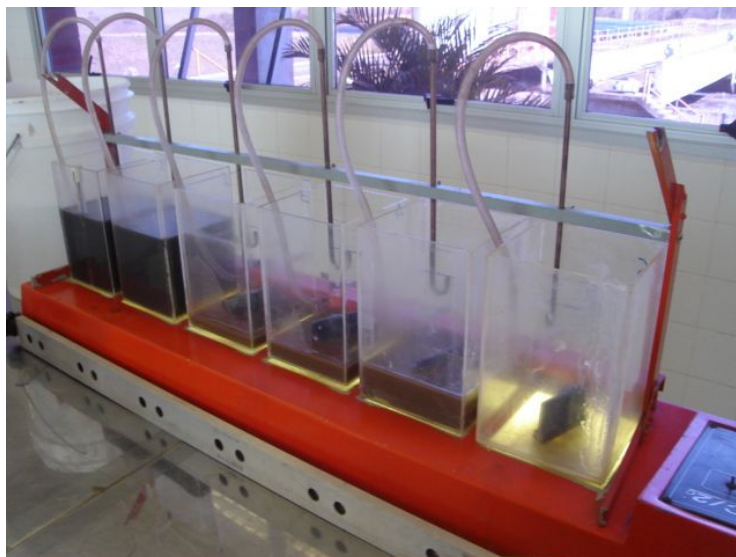


Figura 4.11 – Início da montagem do ensaio de *Jar-Test*.



Figura 4.12 – Final do ensaio de *Jar-Test*.

Em razão dos resultados das turbidez não atenderem as expectativa, pois se esperava valores mais expressivos, foi realizado um novo ensaio, no qual se procurou identificar a turbidez na faixa de dosagem de lodo de ETA compreendida entre 1.000 mg/L a 3.000 mg/L. O procedimento adotado neste ensaio foi o mesmo

utilizado nos ensaios anteriores. Os resultados obtidos estão registrados no capítulo 5 do presente trabalho.

4.5.3 – Segunda Etapa: Operação da ETE Piloto

A partida da ETE Piloto inicialmente foi realizada somente com água, com o objetivo de fazer ensaios hidrodinâmicos nos três componentes, tanque de aeração, decantador e adensador. Nesta etapa também foram calibradas as vazões das bombas dosadoras para atender os parâmetros de dimensionamento. Uma vez verificada a estanqueidade com água e o fluxo hidráulico foi adicionado o esgoto bruto, ficando em observação. O acompanhamento foi realizado em alguns dias para identificar problemas que pudessem interromper a operação e para não prejudicar as etapas de subsequência da pesquisa.

O esgoto bruto afluente a ETE Piloto era coletado em uma das câmaras do desarenador da ETE Limoeiro por meio de uma bomba do tipo submersível, a qual recalava o mesmo até o laboratório da ETE onde era utilizada a vazão estabelecida para a ETE Piloto e o excedente, descartado. A Figura 4.13 mostra a bomba instalada no desarenador para recalcar o esgoto bruto até a ETE Piloto.



Figura 4.13 – Bomba de captação do esgoto bruto

A partida efetiva com esgoto bruto se deu em 17/06/2008 e com a utilização de esgoto bruto coletado na caixa divisora de vazão existente na ETE Limoeiro, caixa esta utilizada para a mistura do lodo ativado de retorno com o esgoto bruto. Este procedimento acelerou o início do regime metabólico dos microrganismos no tanque de aeração, embora não se tenha medido, no entanto, tal afirmação baseia-se na observação da rápida formação de flocos no tanque de aeração e, depois de decorridos alguns dias, pode-se observar o início da formação de manta de lodo no decantador.

4.5.4 – Terceira Etapa - acompanhamento e monitoramento da ETE Piloto

O acompanhamento foi realizado com a definição da rotina a ser seguida, por meio da definição dos parâmetros, pontos de amostragens, Figura 4.14, e frequência das análises. Alguns parâmetros foram analisados diariamente, porém, a maioria foi analisada em períodos semanais. Em suma, ocorreram registros de análises em 109

dias ininterruptos, perfazendo 16 semanas. A Tabela 4.11 mostra os parâmetros selecionados, pontos de amostragem e frequência das análises.

Tabela 4.11 – Parâmetros, pontos de amostragem e frequência das análises.

Parâmetros	Unidade	Pontos de amostragem		Frequência das análises
Alcalinidade total	mg/L	1 e 3	5*	semanal
DBO	mg/L	1 e 3	5*	semanal
DBO – amostra filtrada	mg/L	3		semanal
DQO	mg/L	1 e 3	5*	semanal
DQO – amostra filtrada	mg/L	3		semanal
Fósforo – amostra filtrada	mg/L	1 e 3	5*	semanal
Fósforo total	mg/L	1 e 3	5*	semanal
IVL	ml/g	2		semanal
Nitrogênio total	mg/L	1 e 3	5*	semanal
OD	mg/L	1 e 3		diário
pH	pH	1 e 3		diário
Temperatura	°C	1 e 3		diário
Sólidos totais	mg/L	1, 2, 3 e 4	5*	semanal
Sólidos fixos	mg/L	1, 2, 3 e 4	5*	semanal
Sólidos voláteis	mg/L	1, 2, 3 e 4	5*	semanal
Sólidos suspensos totais	mg/L	1, 2, 3 e 4	5*	semanal
Sólidos suspensos fixos	mg/L	1, 2, 3 e 4	5*	semanal
Sólidos suspensos voláteis	mg/L	1, 2, 3 e 4	5*	semanal
Sólidos sedimentáveis	ml/L	1 e 3	5*	semanal
TL	ml/L	2		semanal
Turbidez	NTU		5*	diário

* Determinado após a adição de lodo de ETA

Pontos de amostragem:

1 – Esgoto Bruto

2 – Tanque de aeração

3 – Saída do decantador (efluente final)

4 – Recirculação do lodo

5 – Sobrenadante do adensador

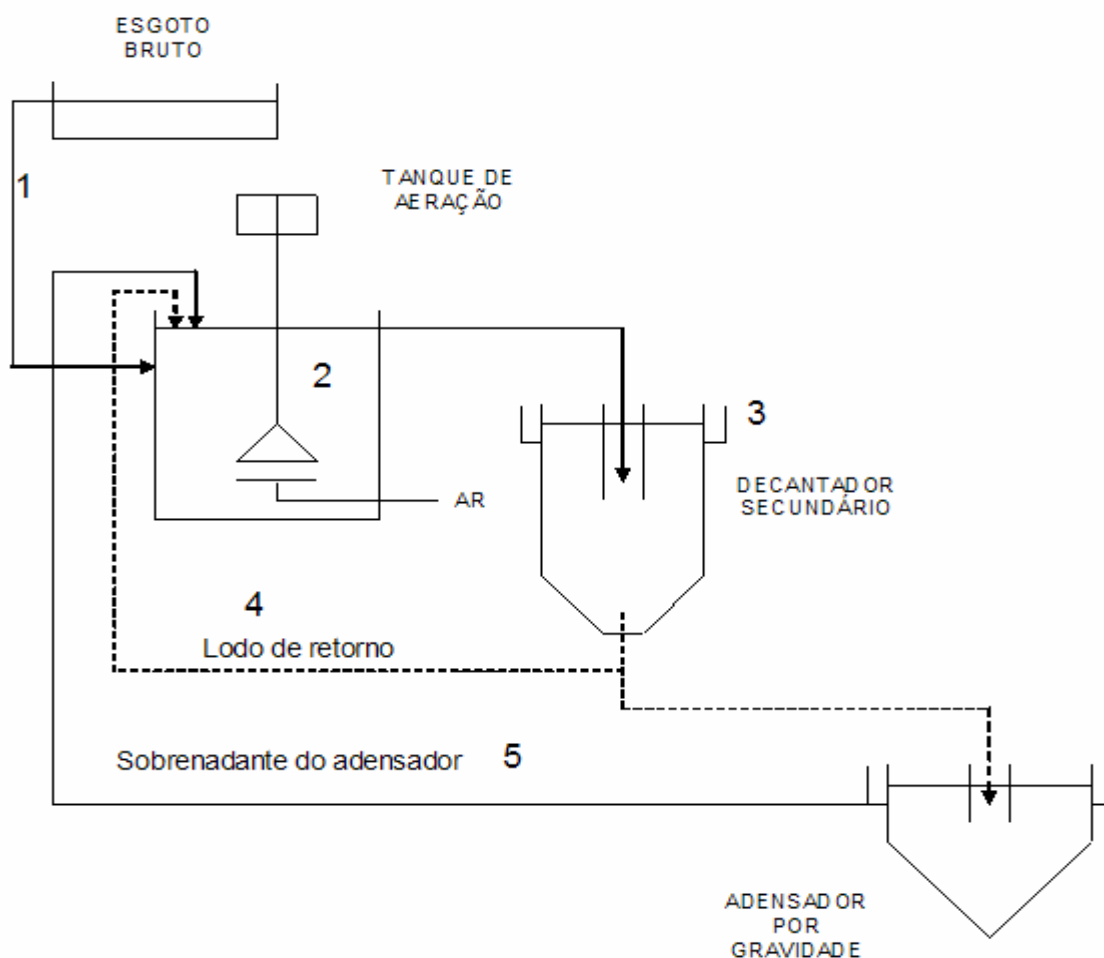


Figura 4.14 - Pontos de amostragens

Ao passo em que eram obtidos os dados, realizava-se a compilação, análise e a interpretação dos resultados. Os dados obtidos foram registrados em dois tipos de Tabelas, a saber: no primeiro tipo foram registradas as análises de periodicidade diária, conforme a Tabela 5.4 em Resultados. As análises realizadas semanalmente foram registradas em 16 Tabelas apresentadas no Apêndice A deste trabalho. .

No segundo tipo, os dados foram trabalhados na forma de planilha, como a utilizada na ETE Limoeiro, e com a qual se relacionou o controle operacional efetivo da ETE Piloto. Neste caso, também foram geradas 16 planilhas que estão apresentadas no Apêndice B deste trabalho. No Apêndice B também se encontram as tabelas do controle periódico das vazões.

4.5.4.1 – Definição dos parâmetros TL e IVL da Tabela 4.11

Segundo Silva (1977), o Índice Volumétrico de Lodo, IVL, é um parâmetro importante utilizado para quantificação das propriedades do lodo, particularmente sua sedimentabilidade. É definido como o volume em mililitros ocupado por 1 grama de lodo ativado depois de sedimentar durante 30 minutos. Dessa definição pode ser observado que, para mais baixos valores de IVL, melhores serão as condições de sedimentabilidade do lodo, ao passo que valores altos indicarão má qualidade de sedimentabilidade. Índices de lodo com valores compreendidos entre 90 e 110 mL/g geralmente indicam boa sedimentabilidade do lodo.

- Para análise de TL, o resultado é expresso em mL/L. Expressar em numero inteiro.
- Para análise de IVL, o resultado é expresso em mL/g. Expressar o resultado em numero inteiro, conforme a equação 4.2.

$$IVL = \frac{TL \times 1000}{SST_{(TA)}} \quad (4.2)$$

Onde:

IVL= Índice Volumétrico de Lodo

TL= Volume de lodo, em mL, que sedimenta numa proveta de 1000 mL (Teor de Lodo ou lodo decantado).

$SST_{(TA)}$ = Sólidos em suspensão no interior do tanque de aeração, em mg/L

1000 = fator de correção de mg para grama.

4.5.4.2 - Acompanhamento do desempenho com o emprego do lodo da ETA

A aplicação do lodo de ETA teve seu início em 31/08/2008, com uma dosagem inicial de 2000 mg/L e em 20/09/2008 a dosagem foi incrementada para 4000 mg/L. Estas dosagens tiveram como base os resultados obtidos nos ensaios de *Jar Test*.

O lodo de ETA utilizado, até por uma questão de programação das lavagens dos decantadores da ETA, teve sua idade variando na faixa de 1 a 15 dias. A aplicação do lodo de ETA foi realizada conforme procedimento:

- Inicialmente foi preparada uma solução de lodo de ETA com uma concentração de 7,5 g/L. Esta solução foi estocada em um tanque com volume útil de 30 litros, trabalhando com o nível da solução em torno da metade de seu volume, visando facilitar a sua homogeneização.
- A homogeneização contínua da solução de lodo de ETA dentro do tanque de estocagem foi garantida com a utilização de quatro bombas submersível do tipo que é utilizada em aquário ornamental.
- A dosagem do lodo no adensador foi realizada com a utilização de uma bomba dosadora eletromagnética de vazão nominal igual a 0,5 L/h. Na primeira fase, foram dosados 138 mL/h e na segunda fase, 300 mL/h, conforme as vazões médias da Tabela das vazões no Apêndice B. A figura 4.15 mostra o sistema utilizado para aplicar o lodo de ETA no adensador de lodo da ETE Piloto.



Figura 4.15 – Sistema para a aplicação do lodo de ETA

As coletas das amostras foram realizadas diariamente, sendo que o lodo foi coletado em uma saída localizada no fundo do adensador e as amostras do sobrenadante na sua parte superior.

Para a realização dos ensaios com o lodo e para as análises das amostras do líquido sobrenadante, foram adotados os seguintes procedimentos para a realização das amostragens:

- O lodo formado apenas por meio do processo biológico da ETE Piloto, o qual foi utilizado para a determinação da dosagem ideal de polímero e os ensaios de *Jar Test*, foram amostrados durante três dias consecutivos e coletados aproximadamente 4 litros por dia. Este lodo foi preservado em ambiente refrigerado até o quarto dia, momento em que se iniciou o teste e os ensaios.

- Depois de decorridos três dias do início da aplicação do lodo de ETA no adensador, iniciou-se a coleta diária do lodo produzido, o qual foi amostrado também durante três dias consecutivos e foram coletados 4 litros por dia.
- As coletas e amostragens do lodo produzido com a adição de uma maior aplicação de lodo de ETA foram realizadas adotando-se os mesmos procedimentos do item anterior.
- A coleta para a determinação da turbidez foi realizada diariamente e a mesma era realizada de forma aleatória, no período compreendido entre 08:00 h e 16:30 h. As análises de periodicidade semanal sempre eram coletadas nas quartas-feiras, para que a leitura do parâmetro da DBO_5 ocorresse na segunda-feira. Todas as amostragens foram pontuais e, portanto, nem uma composta.

5 - Resultados

5.1 – Considerações Gerais:

No presente capítulo os resultados são apresentados em três etapas. Na primeira etapa, inicialmente são apresentados os resultados obtidos no ensaio onde se determinou a melhor dosagem de polímero a ser empregada nos testes de desaguamento, com o emprego de uma centrífuga. Neste ensaio buscou-se o ponto em que ocorre a maior porcentagem de captura de sólidos e um menor consumo de polímero. Ressalta-se que neste ensaio, a relação consumo de polímero em g/kg(massa seca) foi em relação ao lodo adensado, portanto, 1,47%. Uma vez determinada a melhor dosagem de polímero, foi realizado o ensaio de *Jar Test*, com aplicação de lodo de ETA nas mesmas dosagens, exceto pela dosagem de 11000 mg/L a qual foi substituída pela dosagem de 3000 mg/L, utilizadas na Tabela 5.1 – Análise da simulação de aplicação de cinco dosagens de lodo de ETA nos adensadores da ETE Piloto e ETE Limoeiro. O resultado do ensaio de *Jar Test* demonstrou que quanto maior é a dosagem de lodo de ETA, menor é o valor da turbidez remanescente no sobrenadante do adensador. Em razão desta constatação, foi realizado um novo ensaio com o propósito de se conhecer o resultado da turbidez na faixa de 1000 mg/L a 3000 mg/L. O resultado deste último ensaio serviu para se determinar a primeira dosagem a ser aplicada na ETE Piloto, que foi de 2000 mg/L.

5.2 - Primeira etapa - Resultados do *Jar test*

O estudo na forma de simulação operacional foi realizado por meio da montagem da Tabela 5.1, onde foram analisadas cinco dosagens de lodo de ETA e, quanto à composição foi considerada uma proporcionalidade entre a ETE Piloto e a ETE Limoeiro, a saber:

ETE Piloto:

- Vazão de descarte para o adensador: 12 L/dia
- Porcentagem de sólidos no descarte: 1%
- Vazão afluyente a ETE: 200 L/dia
- Um adensador
- Área do adensador: $6,940 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
- Idade do lodo: 4 dias

ETE Limoeiro:

- Vazão de descarte para o adensador: $864 \text{ m}^3/\text{dia}$
- Porcentagem de sólidos no descarte: 1%
- Vazão afluyente a ETE: $25.920 \text{ m}^3/\text{dia}$
- Um adensador
- Área do adensador: $133,0 \text{ m}^2$
- Idade do lodo: 5,5 dias

5.2.1 – Análise da simulação de aplicação de dosagens de lodo de ETA

Tabela 5.1 – Análise da simulação de aplicação de cinco dosagens de lodo de ETA nos adensadores da ETE Piloto e ETE Limoeiro.

Dosagem de Lodo de ETA (mg/L)	Solução de Lodo de ETA c/ 31.100 mg/L, volume aplicado (L/dia)	Taxa de Aplicação de Sólidos Kg SS/ m ² x dia	Taxa de Aplicação Hidráulica m ³ /m ² x dia	Retorno do TS (mg) no sobrenadante adotado 85% de captura somente do lodo de ETA	Concentração do teor de Sólidos presentes no sobrenadante que retorna ao tanque de aeração (mg/L)	Tempo em dias para absorver o lodo de um decantador da ETA
100 ETE Piloto (*)	0,039	17,48	1,74	180	0,9	-
100 ETE Limoeiro (**)	2.778	65,61	6,5	$1,3 \times 10^7$	0,5	777
500 ETE Piloto	0,193	18,15	1,8	900	4,5	-
500 ETE Limoeiro	13.891	68,21	6,79	$6,48 \times 10^7$	2,5	155
5000 ETE Piloto	1,930	26	2,51	9.000	45	-
5000 ETE Limoeiro	138.906	97,44	9,45	$6,48 \times 10^8$	25	15,5
10000 ETE Piloto	3,858	34,6	3,3	18.000	90	-
10000 ETE Limoeiro	277.813	130	12,4	$1,3 \times 10^9$	50	7,7
11000 ETE Piloto	4,244	36,3	3,45	19.800	99	--
11000 ETE Limoeiro	305.594	136	13	$1,43 \times 10^9$	55	7,0

(*) Memória de cálculo I – ETE Piloto, no preenchimento da Tabela 5.1:

i) Cálculo do volume da solução de lodo de ETA a ser aplicado:

$$\text{mg/L} = \text{g/m}^3 \Rightarrow \text{g} = \text{mg/L} \times \text{m}^3$$

$$\text{g} = 100 \times 0,012 \Rightarrow \text{g} = 1,2$$

Onde: g = grama; e $0,012 \text{ m}^3$ = volume que alimenta o adensador em um dia.

Em 1 litro da solução de lodo de ETA tem-se 31.100 mg de sólidos. Portanto, 1200 mg estará contido em 0,039 L da solução de lodo de ETA.

ii) Cálculo da Taxa de Aplicação de Sólidos - (Kg SS/m² x dia).

Considerando:

- Sólidos no lodo de ETA = $1,2 \times 10^{-3}$ kg

- Sólidos no lodo biológico (descarte) = 0,12 kg

- Área superficial do adensador = $6,940 \times 10^{-3}$ m²

$$Tx(ss) = \frac{0,1212 \text{ kg}}{6,940 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \Rightarrow Tx(ss) = 17,46 \text{ Kg SS/m}^2 \times \text{dia}$$

iii) Cálculo da Taxa de Aplicação Hidráulica – (m³/m² x dia).

$$TAH = \frac{0,012 \text{ m}^3 + 0,039 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{6,940 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \Rightarrow TAH = 1,74 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$$

iiii) Cálculo do retorno do Teor de Sólidos (TS) em (mg) no sobrenadante, adotando 85% de captura somente do lodo de ETA.

$$TS = \frac{1200 \times 15}{100} \Rightarrow TS = 180 \text{ mg}$$

iiiii) Cálculo da concentração do TS em (mg/L) no sobrenadante que retorna ao tanque de aeração.

$$\text{mg/L} = \frac{180 \text{ mg}}{200 \text{ L}} \Rightarrow 0,9 \text{ mg/L}$$

() Memória de cálculo II – ETE Limoeiro, no preenchimento da Tabela 5.1:**

i) Cálculo do volume da solução de lodo de ETA a ser aplicado:

$$\text{mg/L} = \text{g/m}^3 \Rightarrow \text{g} = \text{mg/L} \times \text{m}^3$$

$$\text{g} = 100 \times 864 \Rightarrow \text{g} = 86.400$$

Onde: g = grama e 864 m³ = volume que alimenta o adensador em um dia.

Em 1 litro da solução de lodo de ETA tem-se 31.100 mg de sólidos. Portanto, 86.400 x 10³ mg estará contido em 2.778 L da solução de lodo de ETA.

ii) Cálculo da Taxa de Aplicação de Sólidos - (Kg SS/m² x dia).

Considerando:

- Sólidos no lodo de ETA = 86,4 kg

- Sólidos no lodo biológico (descarte) = 8.640 kg

- Área superficial do adensador = 133,0 m²

$$\text{Tx (ss)} = \frac{8.726,4 \text{ kg}}{133,0 \text{ m}^2} \Rightarrow \text{Tx (ss)} = 65,61 \text{ Kg SS/m}^2 \times \text{dia}$$

iii) Cálculo da Taxa de Aplicação Hidráulica – (m³/m² x dia).

$$\text{TAH} = \frac{2,778 \text{ m}^3 + 864 \text{ m}^3}{133,0 \text{ m}^2} \Rightarrow \text{TAH} = 6,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$$

iiii) Cálculo do retorno do Teor de Sólidos (TS) em (mg) no sobrenadante, adotando 85% de captura somente do lodo de ETA.

$$\text{TS} = \frac{86.400 \times 10^3 \times 15}{100} \Rightarrow \text{TS} = 1,3 \times 10^7 \text{ mg}$$

iiiii) Cálculo da concentração do TS em (mg/L) no sobrenadante que retorna ao tanque de aeração.

$$\text{mg/L} = \frac{1,3 \times 10^7 \text{ mg}}{25.920 \times 10^3 \text{ L}} \Rightarrow 0,5 \text{ mg/L}$$

iiiiii) Cálculo do tempo em dias para absorver o lodo de um decantador da ETA.

Onde:

- Volume de um decantador da ETA = 2160000 L

$$\text{Tempo} = \frac{2160000 \text{ L}}{2778 \text{ L/d}} \Rightarrow 777 \text{ d}$$

Na composição da Tabela 5.1 foi considerada a concentração média da solução de lodo de ETA encontrada na Tabela 4.3 – Registros da massa de sólidos e concentração do lodo, a qual é de 3,1%.

Na análise simulada a taxa de aplicação de sólidos no adensador, q_{SA}, tendo como referência a NBR 12209/92, indica que para a ETE Limoeiro já na dosagem de 100 mg/L é necessário mais um adensador; e para a ETE Piloto à partir da dosagem de 5000 mg/L. Quanto a Taxa de Aplicação Hidráulica no Adensador, TA_{HA}, a ETE Limoeiro necessitaria de outro adensador à partir da dosagem de 5000 mg/L; a ETE Piloto absorve todas as dosagens.

A análise simulada mostrou que a condição teórica do cálculo da concentração do teor de sólidos presentes no sobrenadante que retorna ao tanque de aeração, com base no trabalho de (MANSOCHI et al, 2006), limita na ETE Limoeiro a dosagem de lodo de ETA acima de 10000 mg/L e na ETE Piloto em dosagens superiores a 5000 mg/L. No entanto, contrariamente à condição teórica da Tabela 5.1, o teste prático feito através de ensaio de *Jar Test*, conforme resultados das Tabelas 5.3 e 5.4, mostrou que quanto maior for a dosagem de lodo de ETA, menor é a turbidez no sobrenadante, onde se deduz haver uma menor

concentração de sólidos no sobrenadante do adensador e, portanto, o teste prático comprova que dosagens acima de 5000 mg/L, em relação à concentração de sólidos, não é fator de limitação de dosagem.

Outro detalhe que a análise simulada mostra é que para uma boa absorção, do ponto de vista técnico e econômico, do lodo de ETA na ETE o tempo não poderá ser superior a 40 dias, pois para um tempo superior, será necessária a construção de reservatório de armazenamento de grande volume e um maior gasto em energia para manter o lodo de ETA em suspensão, condição necessária para a aplicação equalizada.

Na Tabela 5.2 são apresentados os resultados obtidos para a melhor dosagem de polímero com base na concentração de sólidos secos. A maioria dos fornecedores de polímeros orienta para que as dosagens aplicadas fiquem compreendidas na faixa de 2 a 6 g/kg (massa seca).

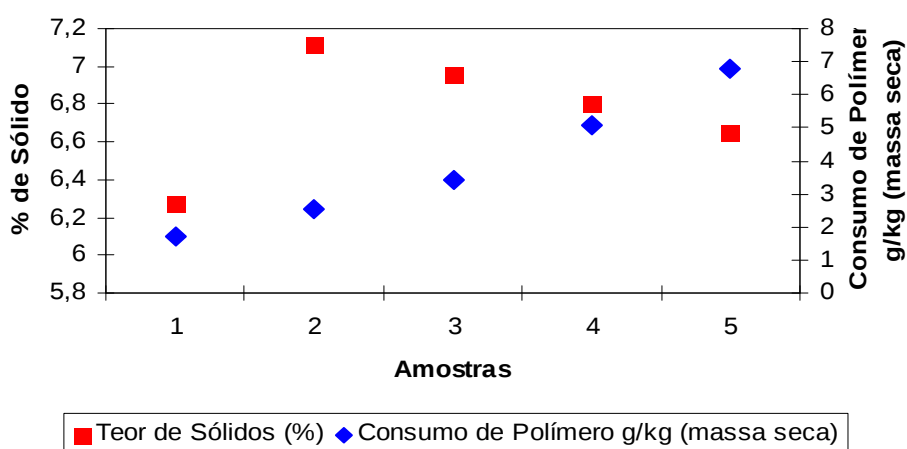
Na determinação da melhor dosagem de polímero, procurou-se trabalhar em torno da faixa recomendada pelos fornecedores. As dosagens utilizadas se situaram entre 1,70 g/kg (massa seca), até 6,80 g/kg (massa seca).

Tabela 5.2 – Determinação da melhor dosagem de polímero

AMOSTRA	DOSAGEM DE POLÍMERO – mg/L	TEOR DE SÓLIDOS FINAL %	CONSUMO DE POLÍMERO g/kg (massa seca)
1	25,0	6,27	1,70
2	37,5	7,11	2,55
3	50,0	6,96	3,40
4	75,0	6,80	5,10
5	100,0	6,65	6,80

% De Sólidos no Lodo Adensado 1,47 %
 Concentração da Solução de Polímero Catiônico 0,05% (em massa)
 Desaguamento em Centrífuga

Na Figura 5.1 são apresentados os resultados de teores de sólidos em relação ao consumo de polímero. A melhor dosagem foi 37,5 mg/L de polímero, a qual apresentou uma relação de 2,55 g/kg (massa seca). Esta dosagem em relação à recomendação de fornecedores de polímeros pode ser classificada como muito boa.

**Figura 5.1 – Teor de sólidos em relação ao consumo de polímero**

Na Tabela 5.3 são apresentados resultados de adensamento e desaguamento do lodo da ETE Piloto, com adição de lodo de ETA em ensaios de simulação em *Jar Test*.

Tabela 5.3 – Resultados dos ensaios de adensamento e desaguamento			
DOSAGEM DE LODO DE ETA – mg/L	TEOR DE SÓLIDOS FINAL % (*)	CONSUMO DE POLÍMERO g/kg (massa seca)	TURBIDEZ DO SOBRENADANTE NTU
100,0	8,65	2,55	Não sedimentou
500,0	9,09	2,55	Não sedimentou
3000,0	9,56	2,55	35,0
5000,0	10,63	2,55	20,0
10000,0	12,04	2,55	18,0
Somente lodo de ETE	7,25	2,55	Não sedimentou
% de Sólidos no Lodo Adensado		1,47 %	
Concentração da Solução de Polímero Catiônico		0,05% (em massa)	
(*) Teor de sólidos após desaguamento em Centrífuga			

O resultado do ensaio para se identificar a melhor dosagem de lodo de ETA mostrou que, embora se obtenha maior concentração de sólidos conforme se aumenta a dosagem de lodo de ETA, em contra partida diminui a turbidez presente no sobrenadante. E como um dos objetivos da pesquisa era observar a influencia do retorno de sólidos presentes no sobrenadante que vem do adensador para o aerador, foi realizado um novo ensaio onde se procurou identificar os resultados na faixa de dosagens de 1000 mg/L a 3000 mg/L. Esse novo ensaio é mostrado na Tabela 5.4.

Na Figura 5.2 é mostrada a relação da turbidez com o percentual de sólidos em função de dosagem de lodo de ETA no lodo do adensador da ETE Piloto.

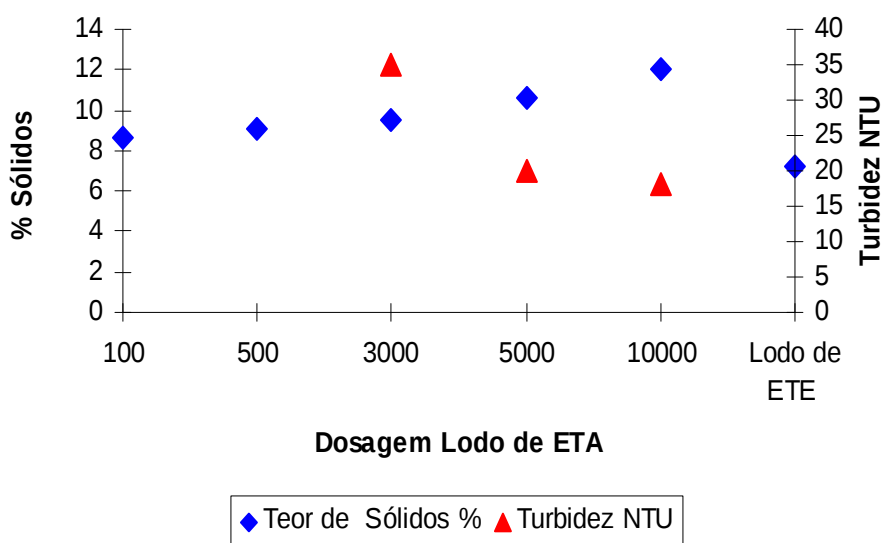


Figura 5.2 - Porcentagem de sólidos e turbidez em função da dosagem de lodo de ETA

A Tabela 5.4 mostra os resultados obtidos no ensaio de *Jar Test* onde foram adicionados 1000, 2000 e 3000 mg/L de lodo de ETA no lodo da ETE Piloto. Os resultados demonstram que das três dosagens utilizadas, a dosagem de 2000 mg/L, além de sofrer sedimentação, condição necessária para se obter sobrenadante, foi a que apresentou maior turbidez. Esses foram os critérios para escolha dessa dosagem como uma das duas a ser aplicada na ETE Piloto.

A Figura 5.3 mostra a relação da turbidez e percentual de sólidos em relação às dosagens de 1000 mg/L, 2000 mg/L e 3000 mg/L do lodo de ETA no lodo da ETE Piloto.

Tabela 5.4 – Ensaio com dosagens de lodo de ETA com 1000, 2000 e 3000 mg/L.

DOSAGEM DE LODO DE ETA – mg/L	TEOR DE SÓLIDOS FINAL % (*)	CONSUMO DE POLÍMERO g/kg (massa seca)	TURBIDEZ DO SOBRENADANTE NTU
1000,0	9,60	2,55	Não sedimentou
2000,0	10,0	2,55	55,0
3000,0	10,5	2,55	36,0

% de Sólidos no Lodo Adensado da ETE Piloto

1,47 %

Concentração da Solução de Polímero Catiônico

0,05% (em massa)

(*) Teor de sólidos após desaguamento em Centrífuga

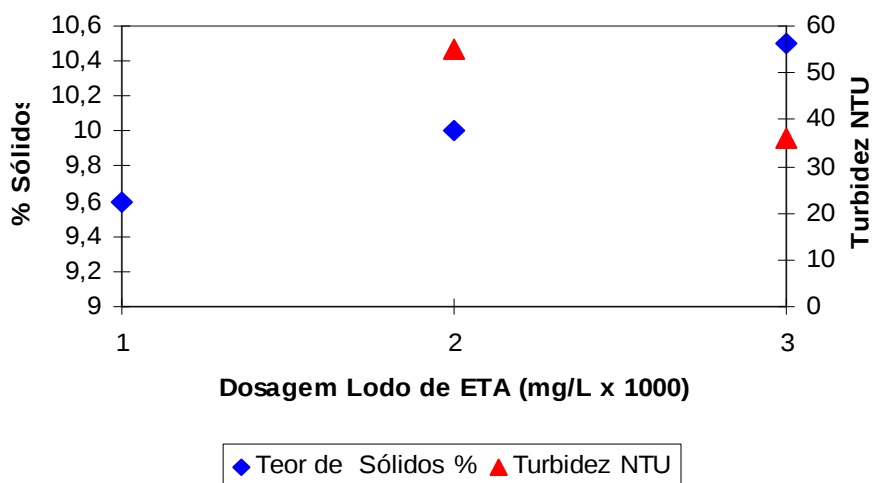


Figura 5.3 – Dosagens de lodo de ETA adicionado no lodo de ETE em ensaios de Jar Test

Nesta fase de operação foram identificados dois problemas: o primeiro provocado por excesso de pequenos fragmentos como: cabelos e fibras de panos, os quais contribuíam nos entupimentos das tubulações que transportavam o esgoto. O problema foi solucionado fazendo o esgoto bruto passar por uma peneira fina (Figura 5.4), antes de ser introduzido no sistema de tratamento Piloto. O segundo

problema, causado pela formação excessiva de algas, havia formação de lodo de coloração verde nas paredes do tanque de aeração e na parte superior do decantador secundário. Este problema foi solucionado envolvendo as partes externas comprometidas com um plástico de coloração escura, vedando a incidência de luz, como mostrado na Figura 5.5.



Figura 5.4 – Tubulação de chegada do esgoto bruto no laboratório.



Figura 5.5 – Tanque de aeração e decantador envolvidos por plástico escuro

5.3 - Segunda etapa - Resultados do acompanhamento operacional da ETE

Piloto.

Nessa etapa foram monitorados diariamente os parâmetros pH do afluente e do efluente, temperaturas do afluente e do efluente e OD do tanque de aeração e do efluente final. Os demais parâmetros foram monitorados semanalmente.

Os resultados obtidos estão apresentados nas Tabelas 5.6 a 5.7 e nas Figuras de 5.6 a 5.14, sendo diferenciadas as três situações operacionais adotadas, ou seja, sem a aplicação de lodo de ETA, com a aplicação de 2.000 mg/L e, por fim, a situação com a aplicação de 4.000 mg/L de lodo de ETA no adensador de lodo da ETE Piloto.

Na Tabela 5.5 são apresentados os resultados diários das análises

Tabela 5.5 – Registros das análises realizadas diariamente.

	DATA	pH		Temperatura(°C)		OD(mg/L)	
		Esgoto Bruto	Efluente Final	Esgoto Bruto	Efluente Final	Tanque de Aeração	Efluente Final
1ª Semana	17/jun	7,4	7,8	20,4	19,1	4,7	5
	18/jun	7,5	7,8	21,6	19,5	4,6	4,8
	19/jun	6,9	7,6	23,5	22,2	3,4	5
	20/jun	6,94	7,3	23,7	23,3	2	4,2
	21/jun	7,12	7,4	23,5	22,2	2,1	5
	Média	7,17	7,58	22,54	21,26	3,36	4,8
2ª Semana	22/jun	7,35	7,6	23,3	20,7	2,02	5,4
	23/jun	7,32	7,5	23,3	21,4	2,55	6
	24/jun	7,26	7,54	22,1	21,2	2,13	5,05
	25/jun	7,17	7,7	20,7	20,8	1,98	4,4
	26/jun	7,32	7,41	21,9	21	1,19	4
	27/jun	7,14	7,56	24,2	21,1	1,7	4,5
	28/jun	6,96	7,76	22,5	23,1	1,5	4,8
	Média	7,22	7,58	22,57	21,33	1,87	4,88
3ª Semana	29/jun	7,12	7,4	22,1	21	2,1	5
	30/jun	7	7,58	23,2	22,3	0,2	5
	1/jul	6,95	7,44	24,1	23,4	0,21	3
	2/jul	7,17	7,23	23,2	21,8	1,54	4
	3/jul	7,07	7,58	23,1	22,4	0,98	4
	4/jul	7,18	7,43	23,4	21,9	0,87	4,2
	5/jul	7,11	7,16	23,7	22,3	2,04	5,1
	Média	7,09	7,4	23,26	22,16	1,13	4,33

Continua Tabela 5.5

4ª Semana	6/jul	7,23	7,35	23,7	22,5	0,55	5,9
	7/jul	7,1	7,58	23,1	22,5	1,48	5,8
	8/jul	7,31	7,76	22,4	22,3	0,63	5,05
	9/jul	7,23	7,5	23,8	22,3	0,63	5,05
	10/jul	7,33	7,61	22,9	20,1	0,54	4,5
	11/jul	7,15	7,51	23	21,4	0,4	5
	12-jul	7,2	7,5	23,3	21,9	1,3	5,05
	Média	7,22	7,54	23,17	21,86	0,79	5,19
5ª Semana	13/jul	7,29	7,26	23,4	22,3	4,1	4,97
	14/jul	6,96	7,62	22	22,1	0,38	4,88
	15/jul	7,15	7,64	20,1	20,2	2,05	6,33
	16/jul	7,21	7,52	23,2	20,6	0,31	3,38
	17/jul	7,25	7,52	22,3	20,4	0,38	4,14
	18/jul	8,01	7,64	22,3	21,2	1,62	5,01
	19/jul	7,1	7,45	23,5	22,5	0,71	1,84
	Média	7,28	7,52	22,4	21,33	1,36	4,36
6ª Semana	20/jul	7,25	7,58	24	22,4	0,78	5,05
	21/jul	7,32	7,68	23,1	21,7	0,2	3,25
	22/jul	7,35	7,68	22,8	22,6	1,4	4,45
	23/jul	7,25	7,69	24	24,5	0,46	4
	24/jul	7,17	7,78	23,3	22,9	1,2	4,48
	25/jul	6,8	7,63	22,8	23,1	0,74	5,28
	26-jul	7,28	7,61	23,8	21,8	1,4	4,81
	Média	7,2	7,66	23,4	22,71	0,88	4,47
7ª Semana	27/jul	7,39	7,56	22,5	21,6	3,11	5,2
	28/jul	6,97	7,4	23	24	0,41	4,16
	29/jul	7,17	7,58	22,4	23,8	0,3	4,74
	30/jul	7,09	7,37	23,8	23,4	1,26	3,43
	31/jul	6,95	7,12	24,2	24,1	0,75	4,5
	1/ago	7,14	7,28	25,8	25,2	0,91	4,99
	2/ago	7,3	7,22	24,3	23,3	1,22	4,65
	Média	7,14	7,361429	23,71	23,63	1,14	4,52
8ª Semana	3/ago	7,26	7,52	24,1	22,5	2,1	4,08
	4/ago	7,13	7,61	23,2	21,7	1,12	3,98
	5/ago	7,01	7,7	25,1	26,4	0,58	2,8
	6/ago	7,1	7,63	24,7	24,5	0,45	3,5
	7/ago	7,3	7,61	23,6	24,3	1,38	4,65
	8/ago	7,14	7,5	23,2	23,2	0,4	3,61
	9/ago	7,1	7,56	24,1	23,8	0,53	4,23
	Média	7,15	7,59	24	23,77	0,94	3,84

Continua Tabela 5.5

9ª Semana	10/ago	7,22	7,4	23,1	23,8	2	4	Turbidez Sobrenadante
	11/ago	7,18	7,31	22,9	21,3	1,98	3,8	
	12/ago	7,3	7,43	23,1	24,2	0,39	4,84	
	13/ago	7,11	7,53	24,1	24,7	0,79	4,64	
	14/ago	7,02	7,61	23,7	23,4	0,67	3,18	
	15/ago	7,17	7,53	23,9	24,4	0,51	3,68	
	16/ago	7,07	7,55	25,1	24,8	0,23	3,15	
	Média	7,15	7,48	23,7	23,8	0,94	3,9	
10ª Semana	17/ago	7,58	7,4	24,4	24,4	1,7	3,5	
	18/ago	7,01	7,62	25,2	25	0,2	2,18	
	19/ago	7,1	7,29	23,9	24,3	0,7	2	
	20/ago	7	7,29	24,3	25,4	0,26	4,68	
	21/ago	7,22	7,42	24,1	24,6	0,16	1,8	
	22/ago	7,17	7,53	23,9	24,4	0,51	3,68	
	23/ago	7,25	7,56	24,2	24,7	2,35	3,1	
	Média	7,19	7,44	24,29	24,69	0,84	2,99	
11ª Semana	24/ago	7,13	7,69	25,8	25,3	0,49	3,85	
	25/ago	6,85	7,39	23,8	24,6	0,78	4,65	
	26/ago	6,66	7,81	24,8	24,8	0,23	3,46	
	27/ago	7,07	7,57	23,4	22,6	1,87	5,52	
	28/ago	7,19	7,66	24,1	23,4	0,45	5,08	
	29/ago	7,17	7,31	25,3	23,9	0,9	2,73	
	30/ago	7,77	7,1	21,6	23,1	0,87	5,8	
	Média	7,12	7,5	24,11	23,96	0,8	4,44	
12ª Semana	31/ago	7,22	7,46	24,5	22,4	0,74	5,61	
	1/set	6,85	7,56	25,2	26,1	0,45	4,56	
	2/set	6,73	7,44	25,1	26,3	0,31	4,25	
	3/set	6,97	7,65	24,4	25,4	0,19	4,19	
	4/set	7,1	7,51	23,9	24,3	0,23	3,85	
	5/set	7,29	7,52	25,3	24,8	1,15	4,98	
	6/set	7,12	7,39	24,1	23	0,8	4,52	
	Média	7,04	7,5	24,64	24,6	0,55	4,57	33,4
13ª Semana	7/set	7,07	7,26	23,3	20,1	1,5	4,5	25
	8/set	6,9	7,73	23,1	24,5	0,31	6,76	31
	9/set	6,98	7,53	23,8	23,6	0,43	5,59	29
	10/set	6,86	7,65	24,3	25,2	0,15	5,78	38
	11/set	6,73	7,38	25,2	26,1	0,11	0,81	42
	12/set	7,2	7,64	25,3	25,1	0,32	4,1	37
	13/set	7,12	7,54	24,7	24,2	1,85	3,95	40
	Média	6,98	7,53	24,2	24,1	0,67	4,5	34,6

Continua Tabela 5.5

14ª Semana	14/set	7,22	7,56	25,1	23,8	0,9	4,32	47,2
	15/set	6,99	7,81	23,8	23,1	0,33	6,34	39
	16/set	7,12	7,63	24,1	23,8	0,32	5,54	44,4
	17/set	7,05	7,55	24,7	24,6	1,42	1,9	32,2
	18/set	7,23	7,61	24,9	24,7	1,55	2,45	27,6
	19/set	7,04	7,49	23,8	24,1	1,01	4,28	32,4
	20/set	7,09	7,8	23,4	22	1,9	4,92	38
	Média	7,11	7,64	24,3	23,7	1,06	4,25	37,3
15ª Semana	21/set	7,26	7,5	24,4	21,8	1,44	5,5	23,4
	22/set	7,05	7,69	22,4	21,3	1,8	5,68	10
	23/set	7,1	7,59	21,9	21,2	1,61	5,47	28
	24/set	7,25	7,63	22,8	22,4	1,87	4,98	32,3
	25/set	6,81	7,51	23,5	24	1,51	4,95	27
	26/set	7,1	7,55	25,2	24,6	1,3	5,15	22,8
	27/set	7,25	7,69	24,8	23,4	0,77	4,05	42,4
	Média	7,12	7,59	23,6	22,7	1,47	5,11	26,6
16ª Semana	28/set	7,33	7,6	24,7	23,2	2,4	4,31	40
	29/set	7,09	7,6	24,1	23,3	2,1	4,43	38,4
	30/set	7,15	7,59	23,5	23,1	0,5	0,5	44,7
	1/out	7,06	7,61	24,5	24,1	0,25	0,14	46,8
	2/out	7,12	7,72	25,8	25,9	0,75	2,17	84,3
	3/out	7,18	7,49	25,1	24,4	0,17	0,27	78,4
	Média	7,16	7,6	24,6	24	1,03	1,97	55,4

A Figura 5.6 mostra a variação dos resultados de pH obtidos durante a pesquisa.

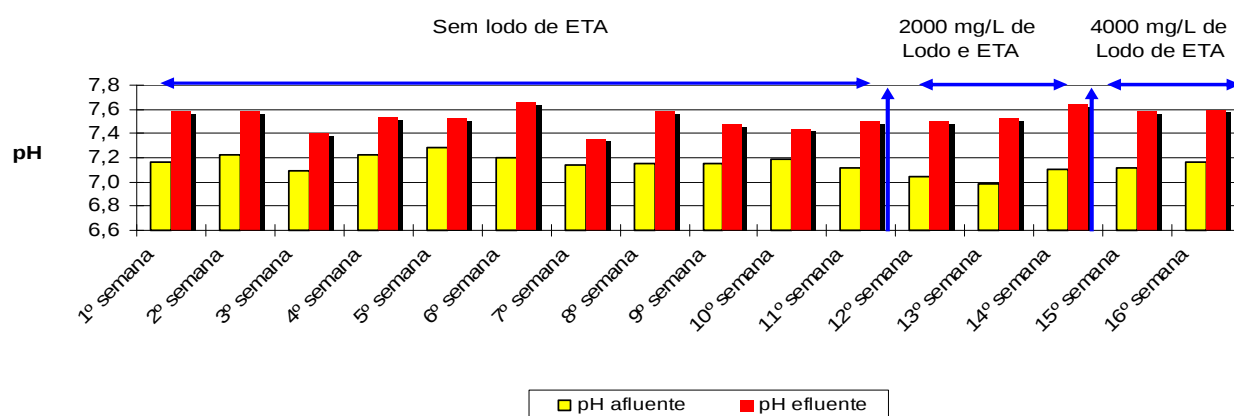


Figura 5.6 – Resultado do monitoramento do pH do afluente e do efluente da ETE Piloto.

O resultado do monitoramento do pH do afluente e do efluente demonstrou que não houve nenhum resultado fora da faixa considerada normal para o parâmetro, que é de 5 a 9, conforme padrão de lançamento para efluentes de qualquer natureza. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA (2005), São Paulo (1976).

Na Figura 5.7 é apresentada a variação da temperatura durante o período da realização da pesquisa.

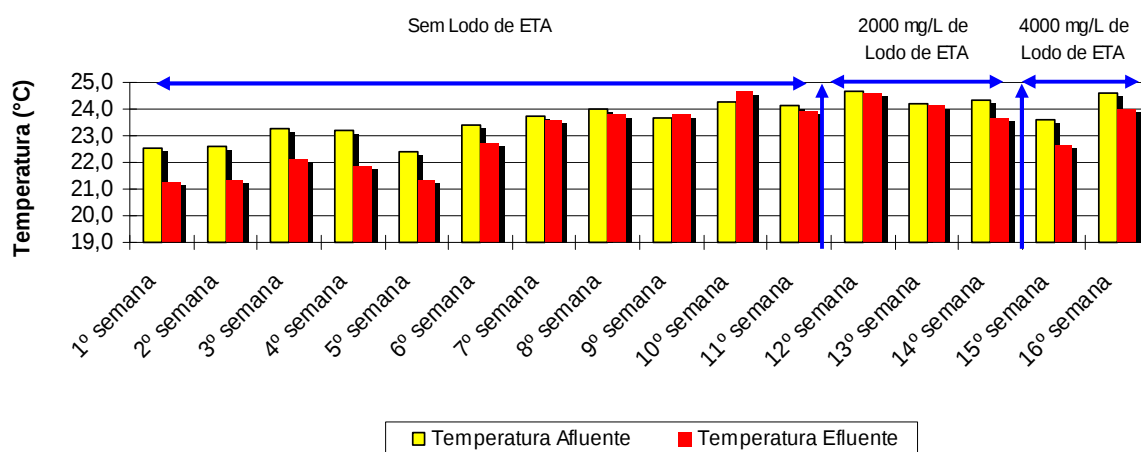


Figura 5.7 - Resultado do monitoramento das temperaturas do afluente e do efluente da ETE Piloto.

Os resultados do monitoramento das temperaturas do afluente e do efluente mostraram resultados condizentes com o período em que foi trabalhado com a ETE Piloto, inverno e começo da primavera. Portanto, observa-se que não há nenhuma anormalidade com esses parâmetros, tendo em vista que as variações entre as máximas e as mínimas temperaturas refletem a oscilação do clima, conforme é demonstrado pelo perfil apresentado na Figura 5.7.

Na Figura 5.8 pode-se ver que o parâmetro Oxigênio Dissolvido, OD, na fase sem lodo de ETA, nas duas primeiras semanas apresenta residual de OD no efluente final entre 2 e 3 mg/L, situação considerada normal tendo em vista o início

de operação da planta da ETE Piloto, momento em que o tratamento está em regime de estabilização.

Na fase com a aplicação de 2.000 mg/L de lodo de ETA, este parâmetro mostrou-se bastante estável, porém, na última fase, com a aplicação de 4.000 mg/L de lodo de ETA, tornou-se muito instável, tanto no residual encontrado no tanque de aeração como no efluente final. Indicando, portanto, uma forte perturbação no processo de tratamento. Fato que pode ser explicado pela acentuada queda que ocorreu nos parâmetros SST, SSV e idade do lodo, conforme pode ser visto nos Apêndices A e B deste trabalho.

A Figura 5.8 apresenta os resultados das análises de Oxigênio Dissolvido durante o desenvolvimento da pesquisa.

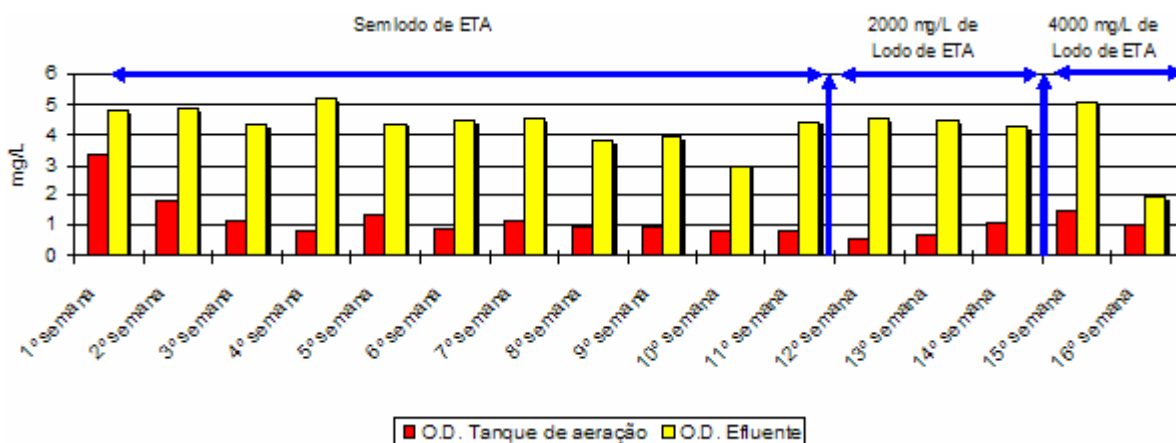


Figura 5.8 – Resultado do monitoramento do OD no tanque de aeração e no efluente final da ETE Piloto.

As Tabelas 5.6 e 5.7 destacam os resultados dos parâmetros alcalinidade, DBO, DQO e Fósforo total, Nitrogênio total e IVL, respectivamente.

Tabela 5.6 - Resultados de alcalinidade, DBO e DQO, e as respectivas eficiências de remoção da ETE Piloto.

Período	Alcalinidade Afluente (mg/L)	Alcalinidade Efluente (mg/L)	Eficiência de Remoção de Alcalinidade (%)	DBO Afluente (mg/L)	DBO Efluente (mg/L)	Eficiência de Remoção de DBO (%)	DQO Afluente (mg/L)	DQO Efluente (mg/L)	Eficiência de Remoção de DQO (%)
15 - 21/06	300	210	30,0	230	24	89,6	288	127	55,9
22 - 28/06	265	180	32,0	300	25	91,7	572	112	80,4
29/6 - 5/7	230	185	19,6	740	46	93,8	1035	86	91,7
06 - 12/07	275	230	16,3	320	10	96,9	358	54	84,9
13 - 19/07	280	210	25,0	260	7	97,3	937	54	94,2
20 - 26/07	350	215	38,6	580	42	92,8	1210	56	95,4
27/7 - 2/8	280	185	34,0	320	14	95,6	1115	116	89,6
03 - 09/08	260	168	35,0	290	22	92,1	461	87	81,1
10 - 16/08	220	180	18,2	180	18	90,0	466	90	80,7
17 - 23/08	245	225	8,2	420	28	93,3	667	96	85,6
24 - 30/08	260	210	19,2	410	27	93,4	746	70	90,6
Médias	270	200	25,1	368	24	93,3	714	86	84,5
31/8 - 6/9	280	190	32,1	400	23	94,3	826	48	94,2
07 - 13/09	246	208	15,5	300	45	85,0	482	123	74,5
14 - 20/09	265	185	30,2	270	12	95,5	1199	84	93,0
Médias	264	194	26,0	323	27	91,6	854	85	87,2
21 - 27/09	240	198	17,5	200	36	82,0	500	68	86,4
28/9 - 4/10	260	200	23,1	380	24	93,4	1122	158	85,9
Médias	250	199	20,3	290	30	87,7	811	113	86,1
M. Geral	261	198	23,8	327	27	90,9	793	95	85,9

Tabela 5.7 – Resultados de Fósforo total, Nitrogênio total e respectivas eficiências de remoção e IVL da ETE Piloto.

Período	Fósforo total Afluente (mg/L)	Fósforo total Efluente (mg/L)	Eficiência de Remoção de Fósforo (%)	Nitrogênio total Afluente (mg/L)	Nitrogênio total Efluente (mg/L)	Eficiência de Remoção de Nitrogênio total (%)	Índice Volumétrico de Lodo - IVL (mL/g)
15 - 21/06	12,05	6,58	45,4	52,0	28,4	45,4	445
22 -28/06	14,30	7,20	49,7	72,5	11,0	84,8	327
29/6 – 5/7	4,60	2,10	53,0	74,0	33,0	55,4	193
06 –12/07	19,20	5,96	69,0	43,0	66,0	-53,5	360
13 –19/07	10,00	3,60	64,0	65,0	39,0	40,0	346
20 -26/07	10,00	4,10	59,0	48,0	38,0	20,8	243
27/7 - 2/8	7,60	8,30	-9,2	93,0	10,0	89,2	78,8
03 -09/08	4,80	5,60	-16,7	44,0	30,0	31,8	132
10 -16/08	7,80	5,60	28,2	59,0	54,0	8,5	275
17 -23/08	10,00	5,30	47,0	56,0	29,0	48,2	224
24 -30/08	11,00	8,00	27,3	67,0	25,0	62,7	193
Média	10,10	5,66	38,1	61,0	33,0	39,4	256
31/8 - 6/9	12,00	6,70	44,2	77,0	22,0	71,4	162
07 -13/09	12,00	6,00	50,0	72,0	23,0	71,4	161
14 -20/09	9,00	5,30	41,1	57,0	29,0	49,1	178
Média	11,00	6,00	45,1	67,0	25,0	64,0	167
21- 27/09	10,50	9,00	14,3	58,0	27,0	53,4	102
28/9 -4/10	12,90	10,00	22,5	53,0	45,0	15,1	47
Média	11,70	9,50	25,5	55,5	36,0	34,2	74,5
M. Geral	10,90	7,05	36,2	61,2	31,3	45,9	166

A Tabela 5.6 apresenta de forma condensada os resultados das análises semanais dos parâmetros Alcalinidade, DBO e DQO com as respectivas porcentagens de remoção. O parâmetro alcalinidade nas três fases se mostrou bastante estável no tocante à redução. As variações deste parâmetro pode ser observado na Figura 5.9.

O parâmetro DBO nas três fases apresentou porcentagem de remoção acima dos 80%, portanto, atendendo plenamente à Legislação vigente. Mesmo na fase da aplicação de 4000 mg/L de lodo de ETA, fase que se mostrou perturbada, a eficiência na remoção foi de 87.7%. A Figura 5.10 demonstra a variação da DBO e a eficiência da remoção ao longo da pesquisa.

No parâmetro DQO a porcentagem de remoção, como no parâmetro alcalinidade, mostrou-se muito regular nas três fases, com média da eficiência de remoção igual a 85,9 %. A Figura 5.11 apresenta os resultados da variação e a eficiência de remoção ao longo do período de pesquisa.

Na Tabela 5.7 também foram condensados os resultados das análises semanais dos parâmetros Fósforo Total, Nitrogênio Total e Índice Volumétrico de Lodo. Na Tabela e nas Figuras 5.12 e 5.13 ficam claro que, embora a eficiência na remoção dos parâmetros Fósforo Total e Nitrogênio Total não tenham se mostrada significativas, ficou evidente que a fase onde houve maior eficiência na remoção foi durante a aplicação da dosagem de 2000 mg/L de lodo de ETA.

O parâmetro IVL, como mostra a Figura 5.14, na fase sem aplicação de lodo de ETA, no início da operação da ETE Piloto, mostrou estar em uma condição de baixa sedimentabilidade e conforme o tempo de operação da ETE Piloto foi aumentando com o transcorrer das semanas, passou a apresentar variações na sedimentabilidade. Nessa fase, a média obtida nas análises do IVL se mostrou estar

numa faixa considerada ruim. Na fase da aplicação da dosagem de 2.000 mg/L de lodo de ETA, o IVL pode ser classificado como de média sedimentabilidade e na fase final, quando da aplicação de 4.000 mg/L de lodo de ETA, o IVL atingiu a faixa considerada boa.

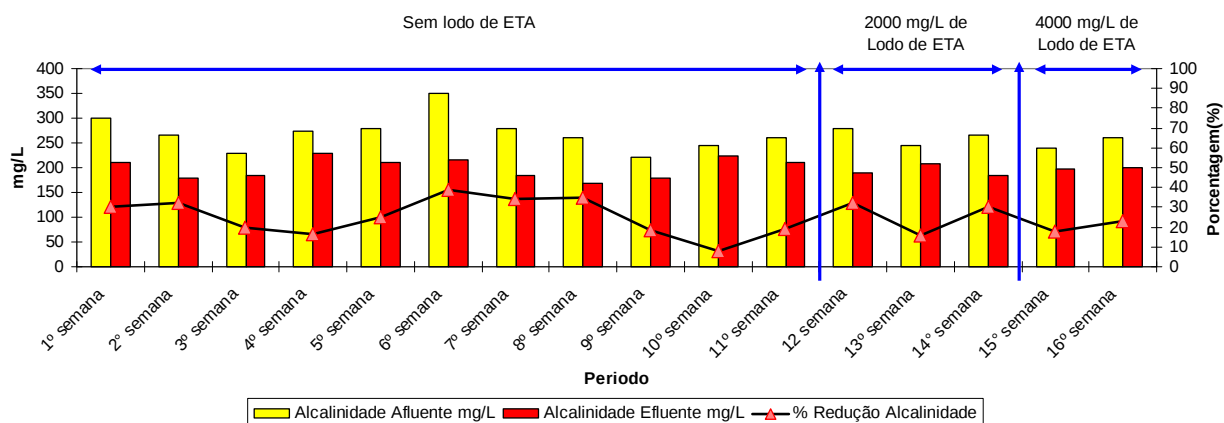


Figura 5.9 – Resultado do monitoramento da alcalinidade na ETE Piloto

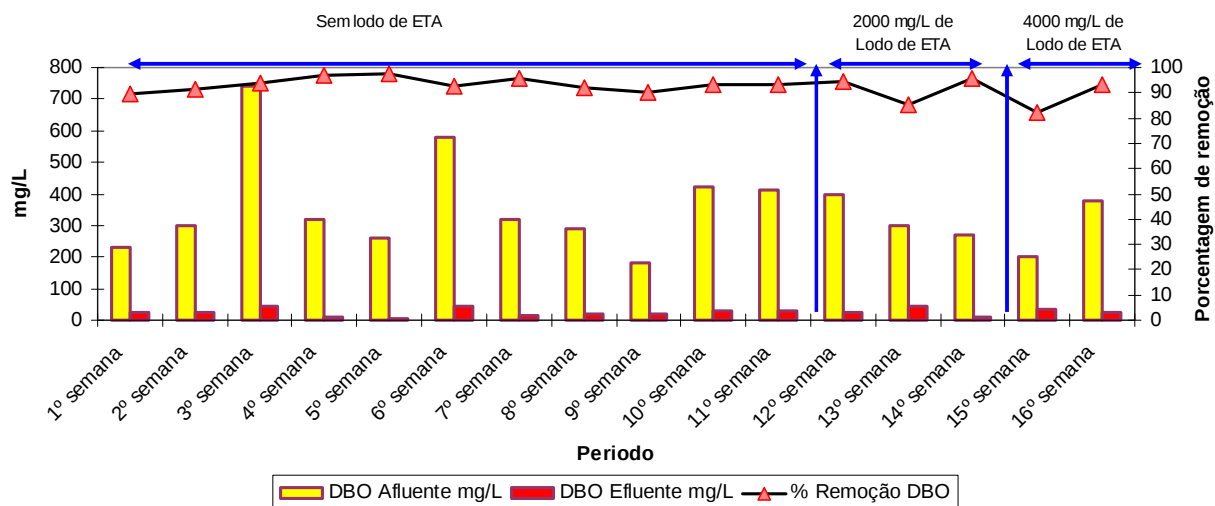


Figura 5.10 – Resultado do monitoramento da DBO na ETE Piloto

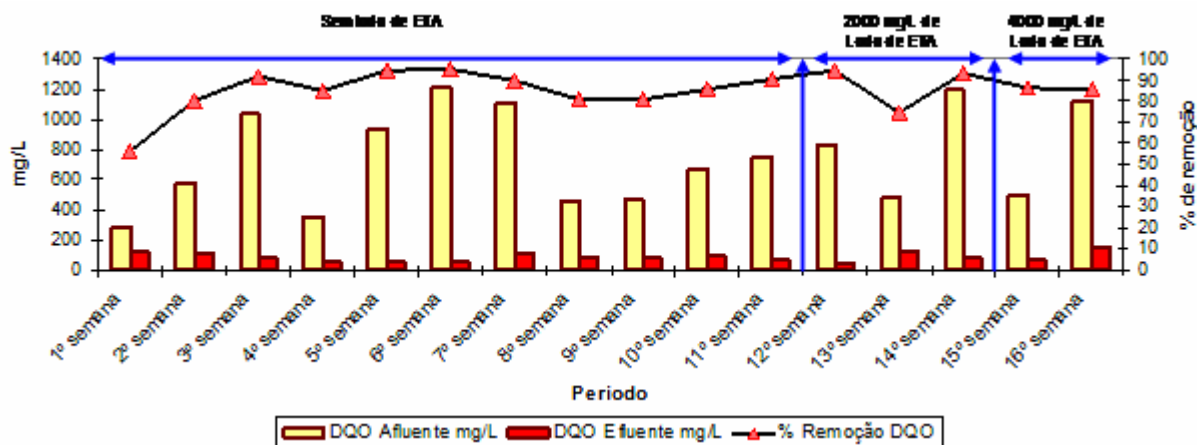


Figura 5.11 – Resultado do monitoramento da DQO na ETE Piloto.

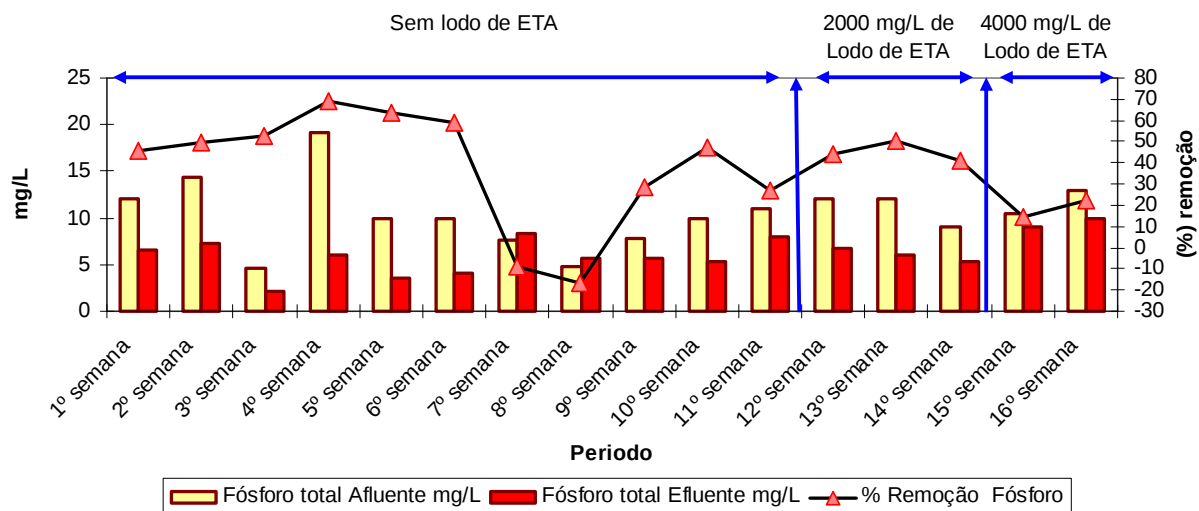


Figura 5.12 – Resultado do monitoramento do parâmetro Fósforo Total no afluente e no efluente da ETE Piloto

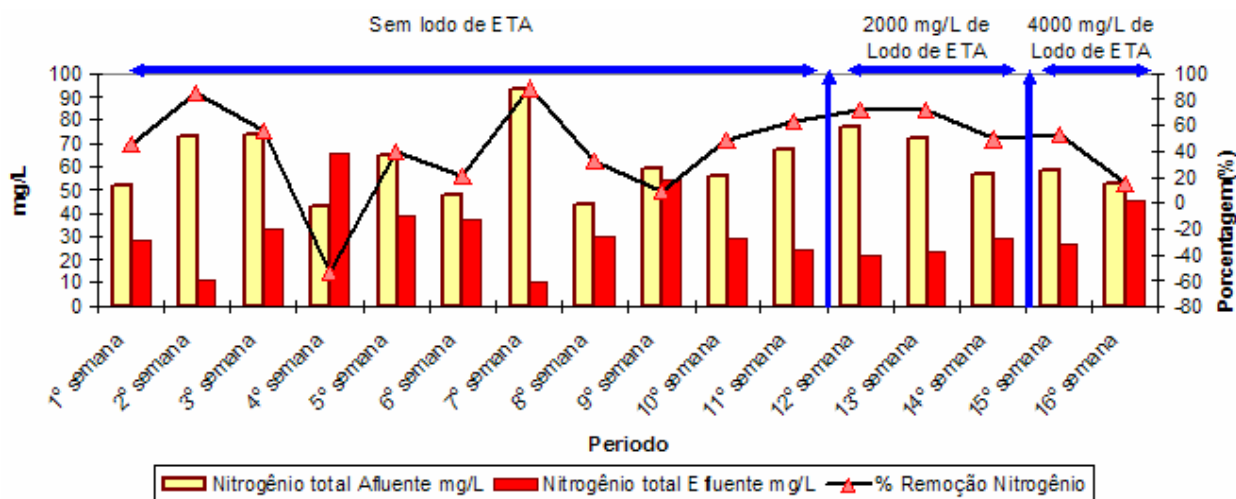


Figura 5.13 – Monitoramento do parâmetro Nitrogênio Total

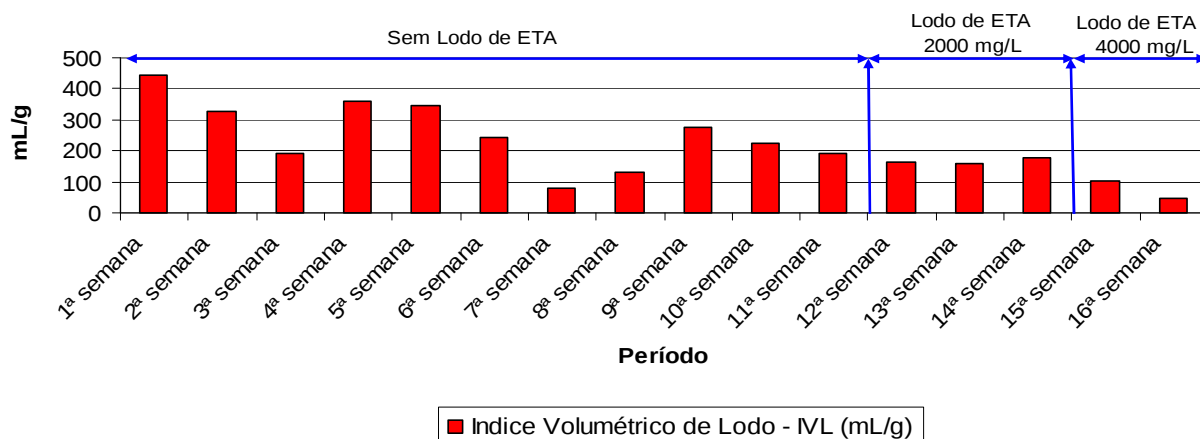


Figura 5.14 – Resultado do monitoramento do Índice Volumétrico de Lodo – IVL

5.4 - Terceira etapa - Resultados da aplicação do lodo de ETA no adensador da ETE Piloto

Como foi mencionada anteriormente, a escolha da dosagem do lodo de ETA foi baseada nos ensaios de *Jar Test* e o principal parâmetro para a determinação da dosagem de 2.000mg/L de lodo de ETA foi a turbidez apresentada pelo sobrenadante. A escolha da dosagem de 4.000mg/L foi visando buscar um valor maior e que fosse desconhecido, pois nos ensaios de *Jar Test* trabalhou-se com 3.000mg/L e 5.000mg/L, optou-se por uma dosagem intermediária.

Além de pesquisar o adensamento e o desaguamento com os três tipos de lodos, ou seja, lodo extraído do adensador com origem apenas do processo biológico, lodo extraído do adensador com a dosagem de 2.000 mg/L de lodo de ETA e lodo extraído do adensador com a dosagem de 4.000 mg/L de lodo de ETA. Concomitantemente a isto, também, foi realizada uma pesquisa sobre o Tempo de Sucção Capilar – CST, (resultado em segundos), em todas as três composições de lodos.

As medições do CST foram realizadas nos lodos adensados, chamados de CST inicial e, após a adição do polímero e antes do desaguamento, CST final, conforme registros na Tabela 5.8 e resultados da Figura 5.15.

Tabela 5.8 – Resultado dos ensaios de adensamento e desaguamento dos lodos

Parâmetros	Lodo		
	Lodo de ETE	Lodo de ETE com 2000 mg.L ⁻¹ de lodo de ETA	Lodo de ETE com 4000 mg.L ⁻¹ de lodo de ETA
Sólidos inicial (%)	1,47	2,08	1,69
Sólidos final (%)	7,25	11,13	10,63
Consumo de polímero g.kg ⁻¹ (m.s)	2,55	1,80	2,20
CST inicial (segundos)	24	28	26
CST final (segundos)	6	5	5

Desaguamento em Centrífuga

Em Todas as amostras foram dosados 37,5mg/L de Polímero, solução a 0,05%

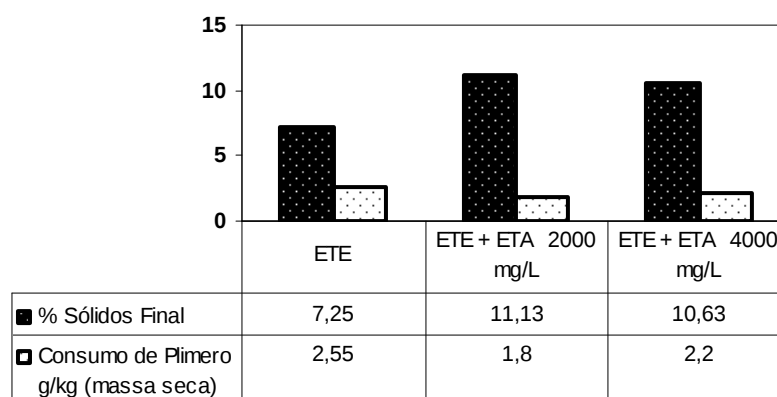


Figura 5.15 – Ponto em que a aplicação do polímero apresenta maior rendimento

5.4.1– Balanço de Massa no funcionamento da ETE Piloto

Com a finalidade de analisar o comportamento do lodo tanto no tanque de aeração como no adensador por gravidade, foi realizada uma série de balanço de massa considerando os períodos de 15/06/08 a 30/08/08, fase de operação da ETE Piloto sem a adição de lodo de ETA, 31/08/08 a 20/09/08, fase da aplicação de 2000 mg/L de lodo de ETA e 21/09/08 a 04/10/08, fase da aplicação de 4000 mg/L de lodo de ETA. Os cálculos de todos os balanços foram registrados e podem ser vistos no Apêndice C deste trabalho.

Os balanços foram realizados com base nas médias dos dados obtidos, os quais estão registrados nas Tabelas (A1 a A16) de periodicidade semanais, que compõem o Apêndice A do presente trabalho, bem como as tabelas de controle das vazões (B1 a B18), que se encontra no Apêndice B, também do presente trabalho.

Ressalta-se que o balanço de massa foi realizado após a conclusão da pesquisa e, portanto, não foi possível utilizar os resultados obtidos como indicador de quantitativo na produção de lodo durante o período de funcionamento da ETE Piloto. Em futuros trabalhos nessa mesma linha de pesquisa, aconselha-se, ao longo do desenvolvimento, realizar balanços de massa, pois os quais se constituem numa excelente ferramenta de avaliação do processo.

Visando uma melhor compreensão dos balanços foram selecionados e condensados, por períodos semanais conforme as Tabelas 5.9, 5.10 e 5.11, os principais dados extraídos das Tabelas do Apêndice A que foram utilizados na montagem dos mesmos.

Tabela 5.9 – Dados extraídos das Tabelas do Apêndice A, no período de 15/06/08 a 30/08/08.

SEMANA	EB		TQ		E F		RECIR		DBO	
	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	EB (mg/L)	EF (mg/L)
1 ^a	124	112	1034	794	30	28	1970	1795	230	24
2 ^a	595	595	2320	1990	26	26	4650	3925	300	25
3 ^a	1370	1035	1860	1475	28	24	4660	3765	740	46
4 ^a	1010	545	2500	1930	30	14	2655	2330	320	10
5 ^a	365	340	1155	1115	12	12	3960	3440	260	7
6 ^a	225	200	2260	1420	14	14	1385	1245	580	42
7 ^a	355	320	1650	1220	52	52	2850	2325	320	14
8 ^a	85	85	2810	2110	14	14	3430	2755	290	22
9 ^a	2755	970	1345	735	38	18	1720	1645	180	18
10 ^a	335	330	1160	1005	42	40	2380	1970	420	28
11 ^a	402	345	1043	752	21	18	1730	1470	410	27
Média	693	443	1740	1322	28	24	2854	2424	368	24

Onde:

EB = Esgoto Bruto

TQ = Taque de Aeração

EF = Efluente Final

RECIR = Lodo Recirculado

DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio

Tabela 5.10 – Dados extraídos das Tabelas do Apêndice A, no período de 31/08/08 a 20/09/08.

SEMANA	EB		TQ		E F		RECIR		DBO	
	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	EB (mg/L)	EF (mg/L)
12 ^a	475	360	925	425	2	2	1075	975	400	23
13 ^a	650	245	930	910	38	38	2155	2115	300	45
14 ^a	820	-	895	1096	50	-	3912	3732	270	12
Média	648	303	917	810	30	20	2381	2274	323	27

Tabela 5.11 – Dados extraídos das Tabelas do Apêndice A, no período de 21/09/08 a 04/10/08.

SEMANA	EB		TQ		E F		RECIR		DBO	
	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	EB (mg/L)	EF (mg/L)
15 ^a	795	410	3025	1345	24	24	2350	1710	200	36
16 ^a	435	430	855	845	20	20	1690	1445	380	24
Média	615	420	1940	1095	22	22	2020	1578	290	30

5.4.1.1– Balanço de massa na fase de operação da ETE Piloto sem a adição de lodo de ETA.

- No balanço de massa na fase biológica que ocorre no tanque de aeração e no decantador secundário, no período de 15/06/08 a 30/08/08, estão sendo considerados os sólidos presentes no reator ou tanque de aeração e o Teor de Sólidos, (TS), presentes no lodo recirculado ou de retorno.

Nessa fase foram realizados dois balanços, sendo um analisando o processo biológico conforme é mostrado na Figura 5.16 e outro analisando o comportamento do sólido no adensador por gravidade, que pode ser visto na Figura 5.17.

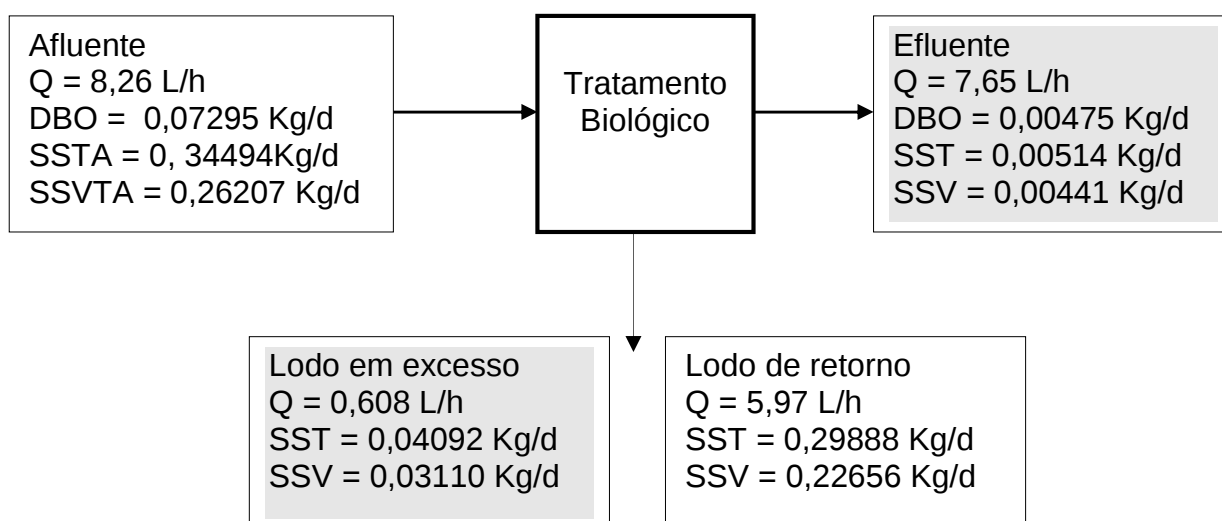


Figura 5.16 – Balanço de massa na fase biológica, sem o lodo de ETA

A concentração de sólidos no lodo recirculado ou de retorno, está relacionada às qualidades de decantabilidade, adensamento e vazão de saída no decantador secundário (VON SPERLING, 1997).

Portanto, o resultado obtido na análise deste parâmetro mostra condições de decantabilidade e adensamento bem abaixo do que normalmente se encontra neste tipo de processo, onde o parâmetro SST varia de 8000 mg/L a 12000 mg/L. Os resultados apresentados pelo balanço de massa para os parâmetros, SST e SSV, estão inferiores aos resultados obtidos através das análises de sólidos. O fato das coletas de amostras terem sido realizadas de forma pontual e, portanto, não compostas, pode ser a causa das diferenças.

No balanço de massa no adensador por gravidade, a coleta de amostra para os testes de adensamento e desaguamento se deu na proporção de 4 L/d. O resultado do balanço demonstra que a quantidade coletada está acima da produção e que, portanto, o lodo coletado estava em uma condição diluída.

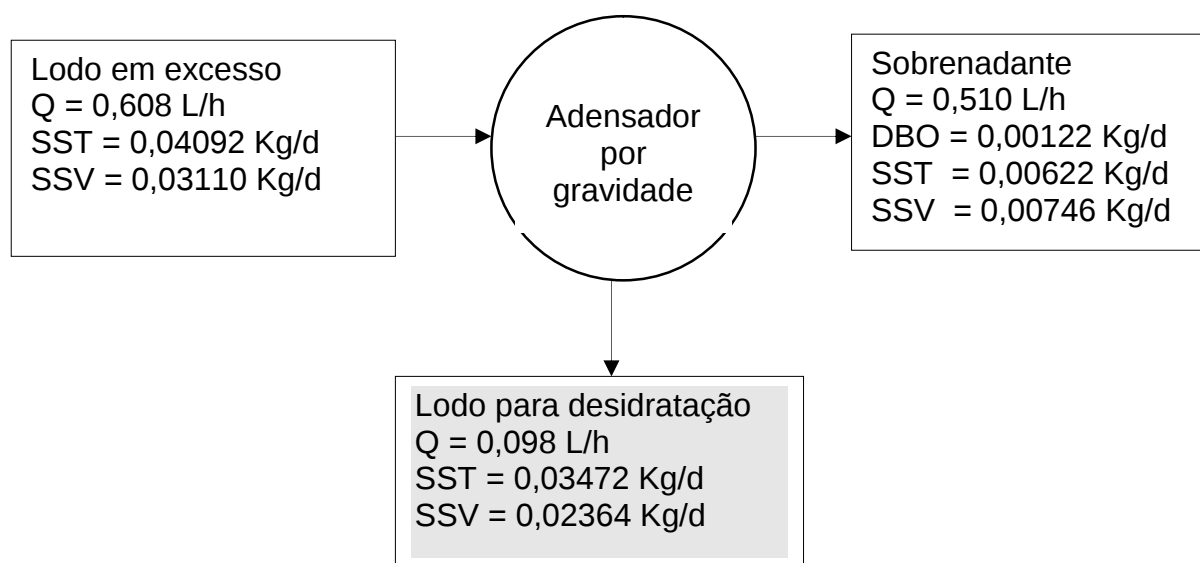


Figura 5.17 – Balanço de massa no adensador por gravidade, sem o lodo de ETA

5.4.1.2 – Balanço de massa na fase de operação da ETE Piloto com a adição de 2000 mg/L de lodo de ETA.

No balanço de massa na fase biológica que ocorre no tanque de aeração e no decantador secundário, no período de 31/08/08 a 20/09/08, além dos parâmetros do esgoto bruto, (EB), é considerado o retorno do sobrenadante ao tanque de aeração, (RS). Isto em razão do início da aplicação da primeira dosagem de lodo de ETA, que é de 2000 mg/L

Nessa fase também foi analisado o comportamento dos sólidos no processo biológico como é demonstrado na Figura 5.18 e no adensador por gravidade, conforme mostra a Figura 5.19.

Ocorreram diferenças entre algumas vazões da Tabela de vazões do Apêndice B e o balanço. Essas diferenças são atribuídas às tomadas pontuais de vazões no Piloto.

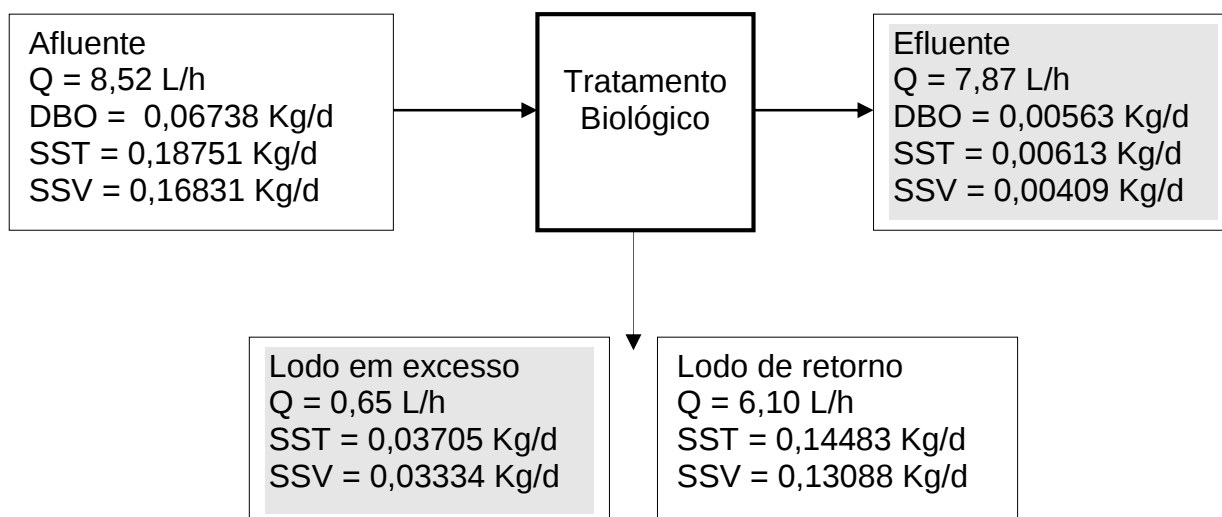


Figura 5.18 – Balanço de massa na fase biológica com a aplicação de 2000 mg/L de lodo de ETA

Nesta fase, o balanço de massa no tratamento biológico também apresenta diferença entre o resultado das análises registradas nas Tabelas do Apêndice A, no período de 31/08/08 a 20/09/08, e o resultado obtido no balanço nos parâmetros SST e SSV presentes no lodo de retorno. Essa diferença pode estar relacionada com a forma utilizada na coleta, ou seja, pontual. Como todas as amostragens ocorreram de forma pontual e as concentrações de sólidos passam por variações ao longo do processo, pode ser a causa das diferenças.

No balanço de massa no adensador por gravidade, no período de 31/08/08 a 20/09/08, está sendo considerada a aplicação de lodo de ETA, o qual é aplicado na forma de uma solução que, após análise, apresentou concentração de 7500 mg/L de SST e 1300 mg/L de SSV.

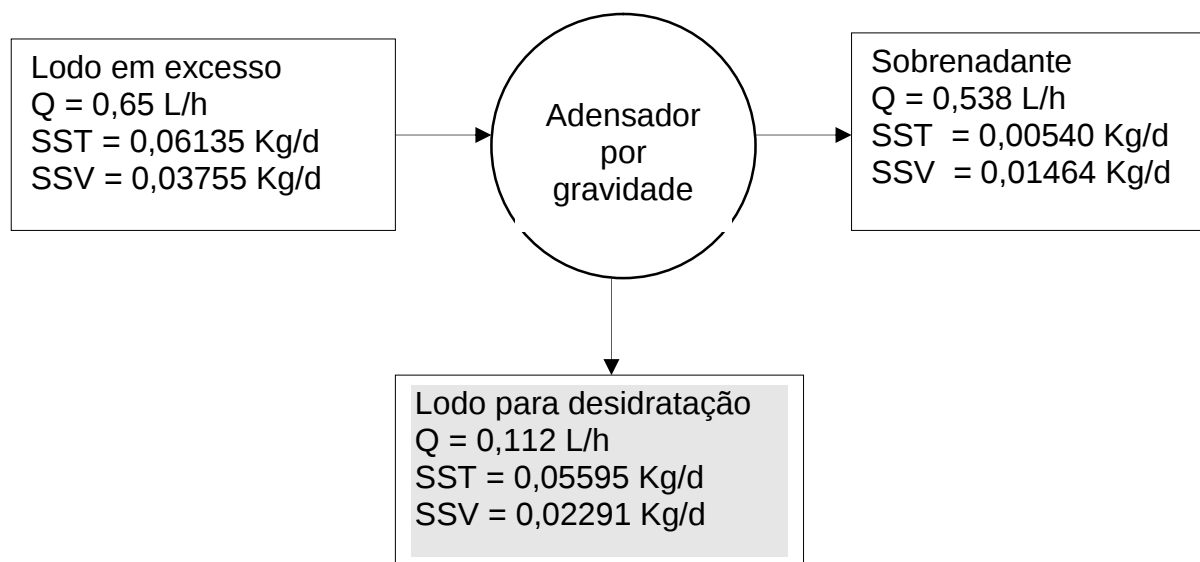


Figura 5.19 – Balanço de massa no adensador por gravidade com a aplicação de 2000 mg/L de lodo de ETA

O balanço nessa fase também apresenta diferenças entre os parâmetros analisados e o resultado do balanço, o que se atribui aos mesmos motivos relatados nos balanços anteriores. O resultado da produção de lodo no adensador indica que a coleta realizada para a realização dos testes de adensamento e desidratação, 4 L/d, foi acima da produção e que, portanto, o lodo coletado também se encontrava diluído.

5.4.1.3 – Balanço de massa na fase de operação da ETE Piloto com a adição de 4000 mg/L de lodo de ETA.

No balanço de massa na fase biológica que ocorre no tanque de aeração e no decantador secundário, no período de 21/09/08 a 04/10/08, como foi o período em que ocorreu a aplicação da dosagem de 4000 mg/L de lodo de ETA, como na fase anterior, também são considerados os parâmetros do esgoto bruto e do retorno do sobrenadante ao tanque de aeração. O resultado do balanço é demonstrado na Figura 5.20.

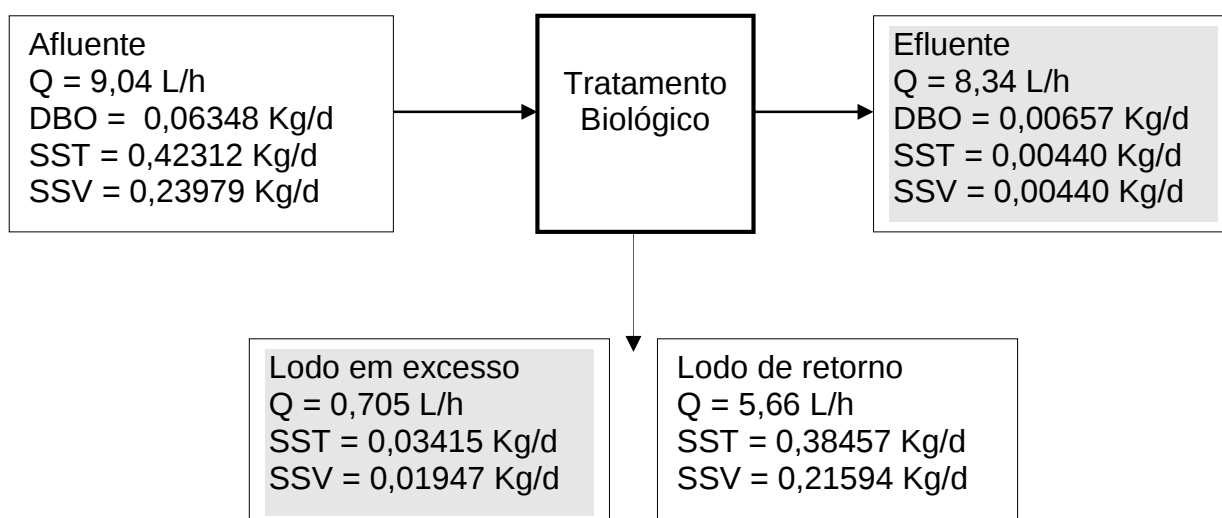


Figura 5.20 – Balanço de massa na fase biológica com a aplicação de 4000 mg/L de lodo de ETA

Este balanço já se mostrou mais coerente com os resultados obtidos nas análises dos sólidos e também com relação à produção de lodo em excesso. Esta coerência é atribuída ao fato de que as amostras coletadas, em número de duas, foram mais representativas nessa etapa.

No balanço de massa no adensador por gravidade, Figura 5.21, foi observado que o lodo adensado apresentou um aspecto bastante amorfo e nas paredes do adensador se percebia partes não homogênea, ou seja, o lodo de ETA se separava do lodo biológico.

Embora o volume de lodo coletado para os testes de adensamento e desaguamento ter correspondido ao resultado do balanço de massa, a sua concentração se mostrou inferior ao lodo produzido com a aplicação de 2000 mg/L de lodo de ETA, mesmo este último, conforme o resultado do balanço de massa, ter sido coletado numa situação diluída,.

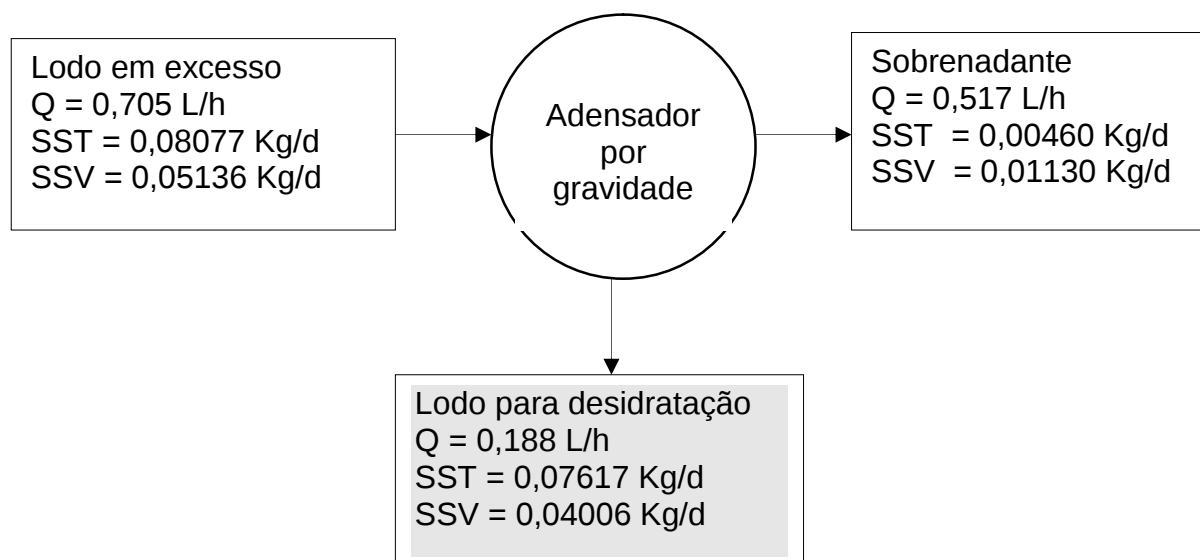


Figura 5.21 – Balanço de massa no adensador por gravidade com a aplicação de 4000 mg/L de lodo de ETA

6 – Conclusões e Recomendações

Neste capítulo são apresentadas as conclusões sobre os resultados obtidos na operação da ETE Piloto e as recomendações para futuras pesquisas nessa linha de trabalho e também para aplicação efetiva em plantas de tratamento de esgotos.

- Não houve alterações significativas nos resultados dos parâmetros de pH e Temperatura nas 03 modalidades de aplicação do lodo no adensador.
- Com dosagem de 4.000mg/L de lodo de ETA foram constatadas perturbações na concentração de OD tanto no tanque de aeração como do efluente final.
- A aplicação de lodo de ETA provocou perturbações nos parâmetros alcalinidade, DBO e DQO, mas sem comprometer a eficiência de tratamento.
- A aplicação de lodo de ETA perturbou a eficiência de remoção de fósforo total e nitrogênio total ocasionando variações significativas nos valores obtidos. No entanto, na fase da aplicação de 2000 mg/L de lodo de ETA houve maior eficiência na remoção.

- A aplicação de lodo de ETA no adensador de lodo da ETE Piloto, contribuiu para melhoria do IVL na medida em que era aumentada a dosagem do mesmo.
- A economia de polímero pode ser estimada em até 0,75kg de Polímero / 1.000kg de material seco.
- Como conclusão final pode-se constatar que a aplicação de 2.000mg/L de lodo de ETA não perturbou significativamente o processo de tratamento da ETE Piloto e também não comprometeu a eficiência do tratamento.

6.1 - Recomendações

- Recomenda-se a realização de ensaios de longa duração para averiguar o grau de perturbação que esta aplicação pode provocar no processo de tratamento de esgoto.
- Recomenda-se a quantificação do lodo produzido pelo sistema e estudar técnicas de descarte dos mesmos.
- Recomenda-se um estudo de viabilização técnica de aplicação do lodo de ETA, em escala real, em adensador de lodo de ETE.
- Recomenda-se para futuros trabalhos introduzir ao longo do desenvolvimento à técnica do balanço de massa.

- Quanto à dosagem de 4.000 mg/L, recomenda-se, antes que a mesma seja descartada, realizar novas pesquisas para uma melhor avaliação.
- Recomenda-se uma análise de custos para verificar a viabilidade econômica da aplicação de lodo de ETA em ETE.

7 – Referências

ALEM SOBRINHO, P. et al. Tratamento de esgoto e geração de lodo. In: BETTIOL. W; CAMARGO.A.O (Cord.): **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**: Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.11-24.

AMERICAN PUBLIC HELT ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIROMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18th ed. Washington: APHA, 1992. 1100p.

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. **Education commitee of american water works association and united states environmental protection agency**. Las Vegas: AWWA, 1973. 58p.

ANDREOLI, C.V. et al. **Aproveitamento do lodo gerado em estações de tratamento de água e esgotos sanitários, inclusive com a utilização de técnicas consorciadas com resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro. RiMa / ABES, 2001. 282 p. (Projeto PROSAB).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 12209**: projeto de estação de tratamento de esgoto sanitário: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 12 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº. 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 375**, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerado em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

_____. Lei 9605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Atos do Poder Legislativo. Diário Oficial da União, 13 de fevereiro de 1998**.

_____. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos**: tabela 3, 2004. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 29 dez. 2006.

_____. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

BRINCK, N. C. P. **Desaguamento mecânico de lodos de estação de tratamento de esgoto em conjunto com lodos de estação de tratamento de água.** 2003.171f. Dissertação (Mestrado)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BUENO, R. C. R. et al. Estudo em escala real da operação da ETE Franca com recebimento de lodo da ETA norte (Franca). In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, 17, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Ed. Aesabesp, 2006. 28.p.

COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DAS ÁGUAS - CETESB. **Operação e manutenção de e.t.a.** São Paulo. CETESB, 1973. v 2.

CORDEIRO, J.S. **Disposição, tratabilidade e reuso de lodos de estações de tratamento de água.** 1981. 155f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1981.

_____. **O problema dos lodos gerados em decantadores de estações de tratamento de água.** 1993. 343f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

_____. A importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs. In: REALI, M. A. P. (Coord.). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES, 1999. p.5-7. (Projeto PROSAB.).

DACACH, N.G. **Sistemas urbanos de água.** 2.ed. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1979. 490p.

DEGRÉMONT. **Manual técnico del água.** 4.ed. Bilbao: Grijelmo,1979. p.427 – 534.

DI BERNARDO L. et al. Disposição de resíduos líquidos de ETAs em ETEs. In: REALI, M. A. P. (Coord.). **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água.** Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES,1999. p.169-202. (Projeto PROSAB).

EDUCATION COMMITTEE OF AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION and UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Minimizing and recycling water plant sludge.** New York: American Water Works Association, 1973. 157p..

FERNADES, A.N. **Balanço de massa e produção de lodo de estação de tratamento de água Alto da Boa Vista - SABESP,** 2002. 203f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Sanitária)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FONTANA, A.O.; CORDEIRO,J.S. **Soluções ambientais para lodos de estações de tratamento.** (S. I : s..n., 2005?): Disponível em:

<http://books.Boxnet.com.br/impressao.aspx?ID_CLIP=5231667&ID_MESA=6>.
Acesso em: 29 dez. 2006.

FREITAS, J.G.; FILHO, S.S.F.; PIVELI, R.P. Viabilidade técnica e econômica da regeneração de coagulantes a partir de lodos de estações de tratamento de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES**, Rio de Janeiro. v.10, n.2, p.132– 140, 2005.

IMHOFF, K.R. **Manual de tratamento de águas residuárias**. 26.ed. São Paulo: Ed. Blücher, 1996. 301 p.

MANZOCHI, L.B. et al. Simulação em escala piloto da ETE Barueri recebendo lodos das ETAS da Região Metropolitana de São Paulo. In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, 17, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Ed. Aesabesp, 2006. 39.p.

MENDES, R.L. **Adensamento e desaguamento mecânicos de lodos gerados em estações de tratamento de água**. 2001.124f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering treatment disposal and reuse**. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1991. 1334p.

PESSÔA, C.A.; JORDÃO E.P. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4.ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES, 2005. 932 p.

REALI, M.A.P.(Coord.). Principais características quantitativas e qualitativas do lodo de ETAs. In _____: **Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES, 1999. p.21-39. (Projeto PROSAB).

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 102p.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 8468, 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente. **Diário oficial do Estado, 9 de setembro de 1976**.

SCALIZE, P.S. **Disposição de resíduos gerados em estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto**. 2003. 141f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SENGUPTA, A.K. et al. **Selective Alum Recovery From Water Treatment Residuals**. Denver: AWWA Research Foundation and American Water Works Association, 1997. 140.p.

SHAMMAS, K.N. et al. **Handbook of engineering: biosolids treatment processes**. Totowa, New Jersey: The Humana Press, 2007. v.6, p 45 – 69.

SILVA, M.O. **Análises físico-químicas para controle de estações de tratamento de esgoto**: guia de coleta e preservação de amostras. : CETESB, 1977. 225.p.

SPERLING, V. M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p.

_____. **Lodos ativados**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-Universidade Federal de Minas Gerais, 1997. 416p.

SPERLING, V.M. et al. **Lodos de esgotos**: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 484p.

TEIXEIRA, L.C. **Adensamento por gravidade de lodos produzidos em estações de tratamento de água**. 1999.190f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

TEIXEIRA, S.R. et al. Avaliação mensal da composição granulométrica de lodo de ETA para fins de aproveitamento em massa cerâmica para tijolos. In: SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8., 2006, Fortaleza. **Anais.....** Fortaleza: Ed. ABES, 2006. 7.p.

TSUTIYA, M.T. et al. Transporte de lodos de ETAs em coletores de esgoto: estudo de caso da cidade de Franca. In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, 17, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Ed. Aesabesp, 2006. 20.p.

VANDERMEYDEN, C.; CORNWELL, D.A. **Nonmechanical dewatering of water plant residuals**: environmental engineering & technology, Inc. Denver: AWWA Research Foundation and American Water Works Association, 1998. 181p

VAN HAANDEL, A.; MARAIS, G. **O Comportamento do sistema de lodo ativado**: teoria e aplicação para projetos e operação. Campina Grande: Epigraf, 1999. 488p.

APÊNDICES

APÊNDICE - A

Tabela - A1

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO – 15/06/08 a 21/06/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS			
		1	2	3	4
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	300		210	
DBO	mg/L	230		24,0	
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			20,0	
DQO	mg/L	288		127	
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			100,0	
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	11,4		6,58	
FOSFORO TOTAL	mg/L	12,05		8,33	
IVL	ml/g		445		
NITROGENIO TOTAL	mg/L	52		28,4	
OD	mg/L		4,6	4,6	
SOL. TOTAIS	mg/L	574	1296	402	2240
SOL. FIXOS	mg/L	398	498	294	594
SOL. VOLATEIS	mg/L	176	798	108	1646
SOL. SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	124	1034	30	1970
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	12	240	2	175
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	112	794	28	1795
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	2,5		0,0	
TL	ml/L		460		

Tabela – A2

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO – 22/06/08 a 28/06/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS			
		1	2	3	4
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	265		180	
DBO	mg/L	300		25,0	
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			20,0	
DQO	mg/L	1235		133	
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			112,0	
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	9,4		5,8	
FOSFORO TOTAL	mg/L	14,3		7,2	
IVL	ml/g		327		
NITROGENIO TOTAL	mg/L	66		28,0	
OD	mg/L		4,6	4,6	
SOL. TOTAIS	mg/L	1270	2174	560	4622
SOL. FIXOS	mg/L	316	196	220	1112
SOL. VOLATEIS	mg/L	954	1978	340	3510
SOL. SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	595	2320	26	4650
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	0	330	0	725
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	595	1990	26	3925
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	2,5		0,0	
TL	ml/L		760		

Tabela – A3

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO – 29/06/08 a 05/07/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS			
		1	2	3	4
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	230		185	
DBO	mg/L	740		46	
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			28	
DQO	mg/L	1035		86	
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			70	
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	3,7		1,9	
FOSFORO TOTAL	mg/L	4,6		2,1	
IVL	ml/g		193		
NITROGENIO TOTAL	mg/L	74		33,0	
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	1370	1860	28	4660
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	335	385	4	895
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	1035	1475	24	3765
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	9,5		0,3	
TL	ml/L		360		

Tabela – A4

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO – 06/07/08 a 12/07/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS			
		1	2	3	4
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	275		230	
DBO	mg/L	320		10,0	
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-	
DQO	mg/L	358		54	
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			48	
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	9,51		5,15	
FOSFORO TOTAL	mg/L	19,2		5,96	
IVL	ml/g		360		
NITROGENIO TOTAL	mg/L	43		66,0	
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	1010	2500	30	2655
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	465	570	16	325
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	545	1930	14	2330
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	10,5		0,5	
TL	ml/L		900		

Tabela – A5

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO – 13/07/08 a 19/07/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS			
		1	2	3	4
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	280		210	
DBO	mg/L	260		7,0	
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L				
DQO	mg/L	937		54	
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			10,0	
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	7,8		2,7	
FOSFORO TOTAL	mg/L	10		3,6	
IVL	ml/g		346		
NITROGENIO TOTAL	mg/L	65		39,0	
SOLIDOS TOTAIS	mg/L	758	1534	462	2188
SOLIDOS FIXOS	mg/L	354	590	384,0	612,0
SOLIDOS VOLATEIS	mg/L	404	944	78	1576
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	365	1155	12	3960
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	25	40	0	520
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	340	1115	12	3440
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	8,5		0,1	
TL	ml/L		400		

Tabela – A6

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO – 20/07/08 a 26/07/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS			
		1	2	3	4
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	350		215	
DBO	mg/L	580		42	
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-	
DQO	mg/L	1210		56	
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			32,0	
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	6,5		4,1	
FOSFORO TOTAL	mg/L	10		4,1	
IVL	ml/g		243		
NITROGENIO TOTAL	mg/L	38		21,0	
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	225	2260	14	1385
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	25	840	0	140
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	200	1420	14	1245
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	10,5		0,2	
TL	ml/L		550		

Tabela – A7

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO – 27/07/08 a 02/08/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS			
		1	2	3	4
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	280		185	
DBO	mg/L	320		14,0	
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-	
DQO	mg/L	1115		116	
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			86,0	
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	6,9		3,8	
FOSFORO TOTAL	mg/L	7,6		8,3	
IVL	ml/g		78,8		
NITROGENIO TOTAL	mg/L	93		10,0	
SOLIDOS TOTAIS	mg/L	904	1994	542	3240
SOLIDOS FIXOS	mg/L	448	742	422	854
SOLIDOS VOLATEIS	mg/L	456	1252	120	2386
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	355	1650	52	2850
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	35	430	0	525
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	320	1220	52	2325
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	8,2		0,1	
TL	ml/L		130		

Tabela – A8

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO - 03/08/08 a 09/08/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS			
		1	2	3	4
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	260		168	
DBO	mg/L	290		22,0	
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-	
DQO	mg/L	461		87	
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-	
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	-		-	
FOSFORO TOTAL	mg/L	4,8		5,6	
IVL	ml/g		132		
NITROGENIO TOTAL	mg/L	44		30,0	
SOLIDOS TOTAIS	mg/L	488	2470	408	5126
SOLIDOS FIXOS	mg/L	346	580	362	1030
SOLIDOS VOLATEIS	mg/L	142	1890	46	4096
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	85	2810	14	3430
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	0	700	0	675
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	85	2110	14	2755
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	5,5		0,1	
TL	ml/L		370		

Tabela – A9

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO - 10/08/08 a 16/08/08

PONTOS

1 ESGOTO BRUTO

2 TANQUE DE AERAÇÃO

3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)

4 RECIRCULAÇÃO

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS			
		1	2	3	4
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	220		180	
DBO	mg/L	180		18,0	
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-	
DQO	mg/L	466		90	
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-	
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	-		-	
FOSFORO TOTAL	mg/L	4,8		5,6	
IVL	ml/g		275		
NITROGENIO TOTAL	mg/L	59		54,0	
SOLIDOS TOTAIS	mg/L	-	1342	452	5038
SOLIDOS FIXOS	mg/L	-	614	224	402
SOLIDOS VOLATEIS	mg/L	-	728	228	4636
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	2755	1345	38	1720
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	1785	610	20	75
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	970	735	18	1645
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	5		0,1	
TL	ml/L		370		

Tabela – A10

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO - 17/08/08 a 23/08/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS			
		1	2	3	4
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	245		225	
DBO	mg/L	420		28,0	
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			28,0	
DQO	mg/L	667		96	
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			90,0	
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	9,3		5,3	
FOSFORO TOTAL	mg/L	10		5,3	
IVL	ml/g		224		
NITROGENIO TOTAL	mg/L	56		29,0	
SOLIDOS TOTAIS	mg/L	720	1358	466	2702
SOLIDOS FIXOS	mg/L	24	506	232	664
SOLIDOS VOLATEIS	mg/L	696	852	234	2038
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	335	1160	42	2380
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	5	155	2	410
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	330	1005	40	1970
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	5		0,1	
TL	ml/L		260		

Tabela – A11

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO - 24/08/08 a 30/08/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS			
		1	2	3	4
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	260		210	
DBO	mg/L	410		27,0	
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			25,0	
DQO	mg/L	74,6		70	
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			65,0	
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	8,1		5,4	
FOSFORO TOTAL	mg/L	11		6	
IVL	ml/g		193		
NITROGENIO TOTAL	mg/L	67		25,0	
SOLIDOS TOTAIS	mg/L	775	1331	459	2070
SOLIDOS FIXOS	mg/L	250	519	290	580
SOLIDOS VOLATEIS	mg/L	560	813	170	1498
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	405	1043	21	1730
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	65	328	1	255
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	345	752	18	1470
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	6		0,0	
TL	ml/L		201		

Tabela – A12

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO - 31/08/08 a 06/09/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO
- 5 SOBRENADANTE

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS				
		1	2	3	4	5
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	280		190		-
DBO	mg/L	400		23,0		60,0
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-		-
DQO	mg/L	826		48		420,0
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-		-
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	7		5,5		3,2
FOSFORO TOTAL	mg/L	12		6,7		3,9
IVL	ml/g		162			
NITROGENIO TOTAL	mg/L	77		22,0		36,0
SOLIDOS TOTAIS	mg/L	830	1304	452	1438	510
SOLIDOS FIXOS	mg/L	408	532	348	498	20
SOLIDOS VOLATEIS	mg/L	422	772	104	940	490
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	475	925	2	1075	215
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	115	500	0	100	35
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	360	425	2	975	180
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	6,5		0,0		0,3
TL	ml/L		150			

Tabela – A13

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO – 07/09/08 a 13/09/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO
- 5 SOBRENADANTE

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS				
		1	2	3	4	5
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	246		208		223,0
DBO	mg/L	300		45,0		145,0
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-		-
DQO	mg/L	482		123		335,0
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-		-
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	10		5,6		12,0
FOSFORO TOTAL	mg/L	12		6		12,0
IVL	ml/g		161			
NITROGENIO TOTAL	mg/L	72		23,0		-
SOLIDOS TOTAIS	mg/L	654	1372	558	2540	634
SOLIDOS FIXOS	mg/L	410	708	442	536	418
SOLIDOS VOLATEIS	mg/L	244	664	116	2004	216
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	650	930	38	2155	165
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	405	20	0	40	0
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	245	910	38	2115	165
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	6		0,2		0,5
TL	ml/L		150			

Tabela – A14

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO - 14/09/08 a 20/09/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO
- 5 SOBRENADANTE

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS				
		1	2	3	4	5
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	265		185		170,0
DBO	mg/L	270		12,0		50,0
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-		-
DQO	mg/L	1199		84		87,0
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-		-
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	7,5		6		6,0
FOSFORO TOTAL	mg/L	9		5,3		7,5
IVL	ml/g		178			
NITROGENIO TOTAL	mg/L	57		29,0		22,0
SOLIDOS TOTAIS	mg/L	1434	1414	530	3912	534
SOLIDOS FIXOS	mg/L	592	318	158	180	0
SOLIDOS VOLATEIS	mg/L	842	1096	372	3732	534
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	820	895	50	440	155
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	-	-	-	-	-
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	-	1096	-	-	-
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	8		0,1		0,3
TL	ml/L		160			

Tabela – A15

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO - 21/09/08 a 27/09/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO
- 5 SOBRENADANTE

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS				
		1	2	3	4	5
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	240		198		238,0
DBO	mg/L	200		36,0		36,0
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-		-
DQO	mg/L	500		68		132,0
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-		-
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	10,3		8,2		14,0
FOSFORO TOTAL	mg/L	10,5		9		12,0
IVL	ml/g		102			
NITROGENIO TOTAL	mg/L	44		12,0		8,0
SOLIDOS TOTAIS	mg/L	762	1746	478	2822	604
SOLIDOS FIXOS	mg/L	548	944	380	1010	0
SOLIDOS VOLATEIS	mg/L	214	802	98	1812	604
SOL. SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	795	3025	24	2350	90
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	385	1680	0	640	0
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	410	1345	24	1710	90
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	5		0,1		0,2
TL	ml/L		310			

Tabela – A16

ETE EXPERIMENTAL

PERÍODO - 28/09/08 a 04/10/08

PONTOS

- 1 ESGOTO BRUTO
- 2 TANQUE DE AERAÇÃO
- 3 SAÍDA DO DECANTADOR (FINAL)
- 4 RECIRCULAÇÃO
- 5 SOBRENADANTE

PARÂMETROS	UNIDADE DE MEDIDA	PONTOS ANALISADOS				
		1	2	3	4	5
ALCALINIDADE TOTAL	mg/L	260		200		195,0
DBO	mg/L	380		24,0		56,0
DBO - AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-		-
DQO	mg/L	1122		158		198,0
DQO- AMOSTRA FILTRADA	mg/L			-		-
FOSFORO- AMOSTRA FILTR.	mg/L	13		10		13,0
FOSFORO TOTAL	mg/L	12,9		10		11,0
IVL	ml/g		46,8			
NITROGENIO TOTAL	mg/L	53		45,0		33,0
SOLIDOS TOTAIS	mg/L	1056	1294	664	3374	770
SOLIDOS FIXOS	mg/L	344	498	418	984	324
SOLIDOS VOLATEIS	mg/L	712	796	246	2390	446
SOL.SUSPENSOS TOTAIS	mg/L	435	855	20	1690	140
SOL. SUSPENSOS FIXOS	mg/L	5	10	0	245	0
SOL. SUSPENSOS VOLATEIS	mg/L	430	845	20	1445	140
SÓLIDOS SEDIMENTAVEIS	ml/L	7,5		0,2		0,5
TL	ml/L		40			

APÊNDICE - B

Tabela – B1

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **15/06/08 a 21/06/08**

Vazão da E.T.E.

0,212 m3/dia

DBO Média

230,00 mg/L**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 Un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

1.034,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

794,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,154 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,01 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

1.970,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

1.795,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

72,64 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

4,40 Dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,47 DiasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,010994** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,62 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,05 kg DBONecessidade de O₂ do sistema aplicando **1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,08** kg O₂/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do soprador

0,25 (massa de O₂ transferida./ massa de O₂ fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,05 m³ / hora**TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

11,25 horas

Taxa

0,46 m³/m².dia

No decantador secundário

2,39 horas

Taxa de decantação

12,66 m³/m².dia

No adensador

15,16 horas

Taxa de adensamento

1,44 m³/m².dia

Tabela – B2

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **22/06/08 a 28/06/08**

Vazão da E.T.E.

0,197 m3/dia

DBO Média

300,00 mg/l**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

2.320,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.(1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

1.990,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,167 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,01 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

4.650,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

3.925,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

84,77 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

5,04 dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,50 diasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,012601** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,30 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,06 kg DBONecessidade de O₂ do sistema aplicando **1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,10** kg O₂/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do

soprador

0,25 (massa de O₂ transferida./ massa de O₂ fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,06 m3 / hora**TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

12,11 horas

Taxa

0,43 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,57 horas

Taxa de decantação

11,77 m3/m2.dia

No adensador

15,16 horas

Taxa de adensamento

1,44 m3/m2.dia

Tabela – B3

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **29/06/08 a 05/07/08**

Vazão da E.T.E.

0,193 m3/dia

DBO Média

740,00 mg/L**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 Un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

1.880,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

1.475,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,126 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,01 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

4.660,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

3.765,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

65,28 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

3,89 dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,52 diasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,009737** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,97 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,14 kg DBONecessidade de O2 do sistema aplicando **1,8** kg O2 / kg DBO removida**0,24** kg O2/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do

soprador

0,25 (massa de O2 transferida./ massa de O2 fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,15 m3 / hora**TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

12,36 horas

Taxa

0,42 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,62 horas

Taxa de decantação

11,53 m3/m2.dia

No adensador

15,16 horas

Taxa de adensamento

1,44 m3/m2.dia

Tabela – B4

E.T.E. Piloto - Presidente Prudente

Planilha de Controle Operacional

Período: **06/07/08 a 12/07/08**

Vazão da E.T.E.

0,188 m3/dia

DBO Média

320,00 mg/l**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 un

Solidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/l)

2.500,00 mg/l

Solidos em Suspensão Volateis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/l)

1.930,00 mg/l**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,138 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,01 m3/dia

Solidos em Suspensão Total - S.S.T.

2.655,00 mg/l

Solidos em Suspensão Volateis - S.S.V.

2.330,00 mg/l**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

73,40 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

8,23 dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,53 diasVazão de Descarte necessaria para
manter**4** dias de Idade de Lodo**0,020587** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,31 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,06 kg DBONecessidade de O₂ do sistemaaplicando **O₂** =**1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,10** kg O₂/diaEficiencia de Oxigenio transferido do
soprador**0,25** (massa de O₂ transf./ massa de O₂ fornecido)

Demanda Teorica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,06 m3 / hora**TEMPO DE RETEN. HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMEN. SUP.**

No tanque de aeração

12,69 horas

Taxa

0,41 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,69 horas

Taxa de decantação

11,23 m3/m2.dia

No adensador

15,16 horas

Taxa de adensamento

1,44 m3/m2.dia

Tabela – B5

E.T.E. Piloto - Presidente Prudente

Planilha de Controle Operacional

Período: **13/07/08 a 19/07/08**

Vazão da E.T.E.

0,199 m3/dia

DBO Média

260,00 mg/l**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 un

Solidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/l)

1.155,00 mg/l

Solidos em Suspensão Volateis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/l)

1.115,00 mg/l**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,142 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,01 m3/dia

Solidos em Suspensão Total - S.S.T.

3.960,00 mg/l

Solidos em Suspensão Volateis - S.S.V.

3.440,00 mg/l**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

71,36 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

3,22 dias

Tempo de detenção hidraulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,50 diasVazão de Descarte necessaria para
manter**4** dias de Idade de Lodo**0,008056** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,47 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,05 kg DBO

Necessidade de O2 do sistema

aplicando **O2** =**1,8** kg O2 / kg DBO removida**0,09** kg O2/diaEficiencia de Oxigenio transferido do
soprador**0,25** (massa de O2 transf./ massa de O2 fornecido)

Demanda Teorica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,05 m3 / hora**TEMPO DE RETEN. HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMEN. SUP.**

No tanque de aeração

11,99 horas

Taxa

0,43 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,54 horas

Taxa de decantação

11,89 m3/m2.dia

No adensador

15,16 horas

Taxa de adensamento

1,44 m3/m2.dia

Tabela – B6

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **20/07/08 a 26/07/08**

Vazão da E.T.E.

0,200 m3/dia

DBO Média

580,00 mg/L**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

2.260,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

1.420,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,132 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,01 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

1.385,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

1.245,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

66,00 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

11,34 dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,50 diasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,028348** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,82 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,11 kg DBONecessidade de O₂ do sistema aplicando **1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,20** kg O₂/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do soprador

0,25 (massa de O₂ transferida./ massa de O₂ fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,12 m3 / hora**TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

11,93 horas

Taxa

0,43 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,532 horas

Taxa de decantação

11,95 m3/m2.dia

No adensador

15,16 horas

Taxa de adensamento

1,44 m3/m2.dia

Tabela – B7

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **27/07/08 a 02/08/08**

Vazão da E.T.E.

0,202 m3/dia

DBO Média

320,00 mg/l**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

1.650,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

1.220,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,129 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,01 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

2.850,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

2.325,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

63,86 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

5,22 dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,49 diasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,013042** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,53 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,06 kg DBONecessidade de O₂ do sistema aplicando**1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,11** kg O₂/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do

soprador

0,25 (massa de O₂ transferida./ massa de O₂ fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,07 m3 / hora**TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

11,81 horas

Taxa

0,44 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,51 horas

Taxa de decantação

12,07 m3/m2.dia

No adensador

15,16 horas

Taxa de adensamento

1,44 m3/m2.dia

Tabela – B8

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **03/08/08 a 09/08/08**

Vazão da E.T.E.

0,214 m3/dia

DBO Média

290,00 mg/L**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 Un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

2.810,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

2.110,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,171 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,012 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

3.430,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

2.755,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

79,91 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

6,35 Dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,46 DiasVazão de Descarte necessária para
manter**4** dias de Idade de Lodo**0,019035** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,30 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,06 kg DBONecessidade de O₂ do sistema aplicando **1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,11** kg O₂/diaEficiência de Oxigênio transferido do
soprador**0,25** (massa de O₂ transferida./ massa de O₂ fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,06 m3 / hora**TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

11,15 horas

Taxa

0,46 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,37 horas

Taxa de decantação

12,78 m3/m2.dia

No adensador

12,63 horas

Taxa de adensamento

1,73 m3/m2.dia

Tabela – B9

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **10/08/08 a 16/08/08**

Vazão da E.T.E.

0,224 m3/dia

DBO Média

180,00 mg/L**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 Un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

1.345,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

735,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,150 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,010 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

1.720,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

1.645,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

66,96 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

4,44 Dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,44 DiasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,011105** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,55 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,04 kg DBONecessidade de O₂ do sistema aplicando **1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,07** kg O₂/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do

soprador

0,25 (massa de O₂ transferida./ massa de O₂ fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,04 m3 / hora**TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

10,65 horas

Taxa

0,48 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,26 horas

Taxa de decantação

13,38 m3/m2.dia

No adensador

15,16 horas

Taxa de adensamento

1,44 m3/m2.dia

Tabela – B10

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **17/08/08 a 23/08/08**

Vazão da E.T.E.

0,221 m3/dia

DBO Média

420,00 mg/L**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Número de tanques em Operação

1,00 Un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

1.160,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

1.005,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,162 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,01 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

2.380,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

1.970,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

73,30 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

5,07 Dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,45 DiasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,012679** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,93 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,09 kg DBONecessidade de O₂ do sistema aplicando **1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,16** kg O₂/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do

soprador **0,25** (massa de O₂ transferida./ massa de O₂ fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,09 m3 / hora**TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

10,80 horas

Taxa

0,48 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,29 horas

Taxa de decantação

13,20 m3/m2.dia

No adensador

15,16 horas

Taxa de adensamento

1,44 m3/m2.dia

Tabela – B11

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **24/08/08 a 30/08/08**

Vazão da E.T.E.

0,209 m3/dia

DBO Média

410,00 mg/L**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

1.043,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

752,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,146 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,01 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

1.730,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

1.470,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

69,86 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

5,09 dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,48 diasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,012714** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

1,15 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,08 kg DBONecessidade de O₂ do sistema aplicando **1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,15** kg O₂/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do

soprador

0,25 (massa de O₂ transferida./ massa de O₂ fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,09 m3 / hora**TEMPO DE RETEN. HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMEN. SUP.**

No tanque de aeração

11,42 horas

Taxa

0,45 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,42 horas

Taxa de decantação

12,49 m3/m2.dia

No adensador

15,16 horas

Taxa de adensamento

1,44 m3/m2.dia

Tabela – B12

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **31/08/08 a 06/09/08**

Vazão da E.T.E.

0,205 m3/dia

DBO Média

400,00 mg/L**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

925,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

425,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,134 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,015384 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

1.075,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

975,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

65,37 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

2,82 dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,48 diasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,010834** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

1,94 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,08 kg DBONecessidade de O₂ do sistema aplicando **1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,14** kg O₂/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do

soprador

0,25 (massa de O₂ transferida./ massa de O₂ fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,08 m3 / hora**TEMPO DE RETENÇÃO. HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

11,64 horas

Taxa

0,44 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,47 horas

Taxa de decantação

12,25 m3/m2.dia

No adensador

9,85 horas

Taxa de adensamento

2,22 m3/m2.dia

Tabela – B13

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **07/09/08 a 13/09/08**

Vazão da E.T.E.

0,206 m3/dia

DBO Média

300,00 mg/L**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Número de tanques em Operação

1,00 un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

930,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

910,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,164 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,015408 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

2.155,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

2.115,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

79,61 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

2,78 dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,48 diasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,010694** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,68 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,06 kg DBONecessidade de O₂ do sistema aplicando **1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,11** kg O₂/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do

soprador

0,25 (massa de O₂ transferida./ massa de O₂ fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,06 m³ / hora**TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

11,58 horas

Taxa

0,45 m³/m².dia

No decantador secundário

2,46 horas

Taxa de decantação

12,31 m³/m².dia

No adensador

9,84 horas

Taxa de adensamento

2,22 m³/m².dia

Tabela – B14

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **14/09/08 a 20/09/08**

Vazão da E.T.E.

0,203 m3/dia

DBO Média

270,00 mg/L**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

1.414,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

1.096,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,140 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,01625 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

3.912,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

3.732,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

68,97 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

1,80 dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,49 diasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,007299** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,50 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,05 kg DBONecessidade de O₂ do sistema aplicando **1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,09** kg O₂/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do soprador

0,25 (massa de O₂ transferida/ massa de O₂ fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,06 m3 / hora**TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

11,75 horas

Taxa

0,44 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,49 horas

Taxa de decantação

12,13 m3/m2.dia

No adensador

9,33 horas

Taxa de adensamento

2,34 m3/m2.dia

Tabela – B15

E.T.E. Piloto
Planilha de Controle Operacional

Período: **21/09/08 a 27/09/08**

Vazão da E.T.E.

0,226 m3/dia

DBO Média

200,00 mg/L**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

3.025,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

1.345,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,124 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,019993 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

2.350,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

1.710,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

54,87 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

3,91 dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,44 diasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,019549** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,34 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,04 kg DBONecessidade de O2 do sistema aplicando **1,8** kg O2 / kg DBO removida**0,08** kg O2/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do

soprador

0,25 (massa de O2 transferida./ massa de O2 fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,05 m3 / hora**TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

10,56 horas

Taxa

0,49 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,24 horas

Taxa de decantação

13,50 m3/m2.dia

No adensador

7,58 horas

Taxa de adensamento

2,88 m3/m2.dia

Tabela – B16

E.T.E. Piloto

Planilha de Controle Operacional

Período: **28/09/08 a 04/10/08**

Vazão da E.T.E.

0,207 m3/dia

DBO Média

380,00 mg/L**TANQUE DE AERAÇÃO**

Volume do Tanque de Aeração

0,09942 m3

Numero de tanques em Operação

1,00 un

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T. (1.500 a 4.000 mg/L)

855,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V. (1.500 a 3.500 ou 2.500 a 4.000 mg/L)

845,00 mg/L**RECIRCULAÇÃO E DESCARTE**

Vazão de Recirculação

0,149 m3/dia

Vazão de Descarte na Recirculação

0,0194160 m3/dia

Sólidos em Suspensão Total - S.S.T.

2.390,00 mg/L

Sólidos em Suspensão Voláteis - S.S.V.

1.445,00 mg/L**CÁLCULO DA IDADE DO LODO**

Taxa de Recirculação (70 a 120 %)

71,98 %

Idade do Lodo (4 a 10 ou 18 a 30 dias)

2,99 dias

Tempo de detenção hidráulica (0,25 a 0,33 ou 0,66 a 1 dia)

0,48 diasVazão de Descarte necessária para manter **4** dias de Idade de Lodo**0,014534** m3/dia

Relação A/M (0,3 a 0,8 convencional; 0,08 a 0,15 aeração prolongada)

0,94 dia -1

Carga de DBO removida por dia

0,07 kg DBONecessidade de O₂ do sistema aplicando **1,8** kg O₂ / kg DBO removida**0,13** kg O₂/dia

Eficiência de Oxigênio transferido do soprador

0,25 (massa de O₂ transferida./ massa de O₂ fornecida)

Demanda Teórica de Ar dos sopradores para suprir os reatores

0,08 m3 / hora**TEMPO DE RETENÇÃO HIDRÁULICA EM HORAS E TAXA DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

No tanque de aeração

11,53 horas

Taxa

0,45 m3/m2.dia

No decantador secundário

2,45 horas

Taxa de decantação

12,37 m3/m2.dia

No adensador

7,81 horas

Taxa de adensamento

2,80 m3/m2.dia

Tabela – B17

CONTROLE DAS VAZÕES				
DATA	SD (L/h)	BEB (L/h)	BRL(L/h)	% RECIRCULAÇÃO
SEMAMA 15/06 A 21/06				
15/06/2008	7,20	8,8	6,02	
17/06/2008	5,28	8,88	6,77	
MÉDIA	6,24	8,84	6,40	72,34
SEMANA 22/06 A 28/06				
22/06/2008	7,20	8,04	7,97	
23/06/2008	7,32	8,16	6,77	
24/06/2008	7,20	8,40	6,16	
MÉDIA	7,24	8,20	6,97	84,96
SEMANA 29/06 A 05/07				
01/07/2008	9,00	8,88	4,25	
05/07/2008	7,70	7,20	6,29	
MÉDIA	8,35	8,04	5,27	65,55
SEMANA 06/07 A 12/07				
06/07/2008	5,10	8,04	6,16	
09/07/2008	6,84	7,68	5,32	
12/07/2008	6,84	7,80	5,80	
MÉDIA	6,26	7,84	5,76	73,47
SEMANA 13/07 A 19/07				
13/07/2008	6,70	7,80	6,41	
14/07/2008	9,00	9,00	5,21	
15/07/2008	9,00	8,40	5,45	
19/07/2008	7,68	8,04	6,57	
MÉDIA	8,10	8,31	5,91	71,12
SEMANA 20/07 A 26/07				
20/07/2008	9,24	8,16	5,68	
23/07/2008	6,00	8,64	4,62	
24/07/2008	6,24	8,40	5,45	
25/07/2008	8,00	8,52	6,77	
26/07/08/08	7,68	8,04	4,97	
MÉDIA	7,43	8,35	5,50	65,83
MÉDIA GERAL NO PERÍODO				
MG	7,27	8,26	5,97	72,28

SD - saída do decantador (efluente final)

BEB - bomba esgoto bruto

BRL - bomba retorno de lodo

MG - média geral

Contínua Tabela - 17

DATA	SD (L/h)	CONTROLE DAS VAZÕES		% RECIRCULAÇÃO	
		BEB (L/h)	BRL(L/h)		
SEMAMA 27/07 A 02/08					
27/07/2008	6,92	8,16	6,12	63,94	
29/07/2008	7,44	8,88	5,04		
31/07/2008	8,16	8,40	5,40		
02/08/2008	5,40	8,28	5,00		
MÉDIA	6,98	8,43	5,39		
SEMANA 03/08 A 09/08					
03/08/2008	6,42	8,26	7,79	79,94	
07/08/2008	7,23	8,62	6,77		
09/08/2008	7,08	9,84	6,80		
MÉDIA	6,91	8,91	7,12		
SEMANA 10/08 A 16/08					
15/08/2008	8,89	9,44	6,25	67,04	
16/08/2008	10,20	9,25	6,28		
MÉDIA	9,55	9,35	6,27		
SEMANA 17/08 A 23/08					
17/08/2008	9,00	9,12	7,56		73,37
19/08/2008	10,44	9,68	6,89		
23/08/2008	9,84	8,80	5,80		
MÉDIA	9,76	9,20	6,75		
SEMANA 24/08 A 30/08					
24/08/2008	9,84	10,20	6,00	70,17	
25/08/2008	9,00	9,00	6,21		
28/08/2008	9,00	8,40	6,45		
30/08/2008	6,30	7,20	5,76		
MÉDIA	8,54	8,70	6,11		
MÉDIA GERAL NO PERÍODO					
MG	8,35	8,92	6,33	70,96	
MÉDIA SOMENTE BIOLÓGICO					
MG	7,81	8,60	6,15	71,62	

SD - saída do decantador (efluente final)

BEB - bomba esgoto bruto

BRL - bomba retorno de lodo

MG - média geral

Tabela – B18

CONTROLE DAS VAZÕES							
DATA	SD (L/h)	BEB (L/h)	BRL (L/h)	BLE (L/h)	BDL (L/h)	BRS (L/h)	% NA RECIRCULAÇÃO
SEMAMA 31/08 A 06/09							
31/08/2008	6,92	8,16	6,12	0,136	0,490	0,63	
06/09/2008	7,44	8,88	5,04	0,145	0,510	0,65	
MÉDIA	7,18	8,52	5,58	0,141	0,500	0,64	65,49
SEMANA 07/09 A 13/09							
07/09/2008	6,00	8,50	6,00	0,136	0,480	0,63	
09/09/2008	6,00	8,40	6,48	0,150	0,480	0,61	
10/09/2008	5,40	8,14	9,00	0,125	0,480	0,63	
12/09/2008	6,60	9,60	6,00	0,136	0,552	0,70	
13/09/2008	6,50	8,28	6,80	0,108	0,565	0,58	
MÉDIA	6,10	8,58	6,86	0,131	0,511	0,63	79,87
SEMANA 14/09 A 20/09							
14/09/2008	8,04	8,16	5,88	0,134	0,530	0,72	
16/09/2008	7,41	8,28	5,70	0,117	0,564	0,69	
20/09/2008	6,00	8,85	4,80	0,150	0,570	0,73	
MÉDIA	6,89	8,47	5,81	0,133	0,544	0,69	68,60
MÉDIA COM 2000 MG/L LODO E ETA							
MG	6,72	8,52	6,08	0,135	0,518	0,65	71,32
SEMANA 21/09 A 27/09							
21/09/2008	7,20	7,80	3,60	0,262	0,450	0,66	
24/09/2008	7,50	8,04	5,84	0,216	0,682	0,85	
27/09/2008	13,10	12,48	6,00	0,290	0,600	0,90	
MÉDIA	9,27	9,44	5,15	0,256	0,577	0,80	54,52
SEMANA 28/09 A 04/10							
28/09/2008	9,84	8,40	6,00	0,249	0,561	0,70	
30/09/2008	9,45	8,69	6,89	0,256	0,510	0,75	
02/10/2008	9,84	8,80	5,80	0,280	0,570	0,81	
MÉDIA	9,71	8,63	6,23	0,262	0,547	0,75	72,19
MÉDIA COM 4000 MG/L LODO DE ETA							
MG	9,49	9,04	6,69	0,259	0,562	0,78	63,35

SD - saída do decantador (efluente final)

BEB - bomba esgoto bruto

BRL - bomba retorno de lodo

BLE - bomba lodo de ETA

BDL - bomba descarte de lodo

BRS - bomba retorno do sobrenadante

MG - média geral

APÊNDICE - C

– Cálculos utilizados na composição dos balanços de massa

I – Balanço de massa na fase de operação da ETE Piloto sem a adição de lodo de ETA.

- O balanço de massa na fase biológica que ocorre no tanque de aeração e no decantador secundário, no período de 15/06/08 a 30/08/08.

- Afluente à fase biológica:

$$Q = 8,60/h$$

$$DBO = (8,60/h \times 368 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow DBO = 0,07295 \text{ Kg/d } (S_o)$$

$$SSTA = (8,60/h \times 1740 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow SSTA = 0,34494 \text{ Kg/d}$$

$$SSVTA = (8,60/h \times 1322 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow SSVTA = 0,26207 \text{ Kg/d}$$

$$DBO_{\text{Removida}} = 93,48\% (S_c)$$

$$y_{\text{obs}} \text{ (coeficiente de produção observado)} = 0,60 \text{ (estimado)}$$

$$TS = 0,28\%$$

$$SSVTA/SSTA = 0,76$$

- Cálculos

- Lodo em excesso (SST)

$$SST = y_{\text{obs}} \cdot (S_o - S_c) \Rightarrow SST = 0,60 \cdot (0,9348 \cdot 0,07295) = 0,04092 \text{ Kg/d}$$

- SSV no lodo em excesso

$$SSV = 0,76 \cdot 0,04092 \Rightarrow SSV = 0,03110 \text{ Kg/d}$$

- Vazão do lodo em excesso

$$V = \frac{M}{TS \cdot \rho \cdot \gamma} = \frac{M}{[(TS / 100) \cdot \rho \cdot 1000]} = \frac{M}{10 \cdot TS}$$

Onde:

V = volume do lodo, em m³

M = massa de sólidos secos, em kg

ρ = densidade do lodo, em torno de 1,01

γ = massa específica da água = 1000 kg/m³

TS = Teor de Sólidos no lodo, em (%)

Portanto:

$$V = \frac{0,04092}{10 \cdot 0,28} \Rightarrow V = 1,46E-2 \text{ m}^3/\text{d} = 14,60 \text{ L/d} = 0,608 \text{ L/h}$$

$$\text{DBO efluente} = 0,0652 \times 0,07295 = 0,00475 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SST efluente} = 0,34494 - (0,04092 + 0,29888) = 0,00514 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV efluente} = 0,26207 - (0,03110 + 0,22656) = 0,00441 \text{ Kg/d}$$

$$\text{Vazão efluente} = 8,26 \text{ L/h} - 0,608 \text{ L/h} = 7,65 \text{ L/h}$$

- O balanço de massa no adensador por gravidade, no período de 15/06/08 a 30/08/08.

- Lodo em excesso.

$$Q = 0,608 \text{ L/h}$$

$$\text{SST} = 0,04092 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV} = 0,03110 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV/SST} = 0,76$$

A captura de sólidos, como não foi medida no período, adotado 85%.

$$\text{Teor de sólidos no lodo adensado} = 1,47\%$$

$$\text{DBO}_{\text{Sobrenadante}} = 100 \text{ mg/L (adotado)}$$

- Cálculos

- Lodo adensado que vai para a desidratação.

$$\text{SST} = 0,85 \cdot 0,04092 = 0,03472 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV} = 0,76 \cdot 0,03110 = 0,02364 \text{ Kg/d}$$

- Vazão do lodo adensado.

$$Q = \frac{M}{10 \cdot TS} \Rightarrow Q = \frac{0,03472}{10 \cdot 1,47} \Rightarrow Q = 2,36E-3 \text{ m}^3/\text{d} = 2,36 \text{ L/d} = 0,098 \text{ L/h}$$

- Sobrenadante.

$$SST = 0,04092 - 0,03472 = 0,00622 \text{ Kg/d}$$

$$SSV = 0,03110 - 0,02364 = 0,00746 \text{ Kg/d}$$

$$\text{Vazão} = 14,60 \text{ L/d} - 2,36 \text{ L/d} = 12,24 \text{ L/d}$$

$$DBO = 12,24 \text{ L} \cdot 100 \text{ mg/L} \cdot E-6 = 0,00122 \text{ Kg/d}$$

II – Balanço de massa na fase de operação da ETE Piloto com a adição de 2000 mg/L de lodo de ETA.

- O balanço de massa na fase biológica que ocorre no tanque de aeração e no decantador secundário, no período de 31/08/08 a 20/09/08.

- Afluente à fase biológica:

$$Q_{EB} = 8,52 \text{ L/h}$$

$$Q_{RS} = 0,65 \text{ L/h}$$

$$DBO_{EB} = (8,52 \text{ L/h} \times 323 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow DBO = 0,06605 \text{ Kg/d}$$

$$DBO_{RS} = (0,65 \text{ L/h} \times 85 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow DBO = 0,00133 \text{ Kg/d}$$

$$SSTA = (8,52 \text{ L/h} \times 917 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow SST = 0,18751 \text{ Kg/d}$$

$$SST_{RS} = (0,65 \text{ L/h} \times 178 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow SST = 0,00278 \text{ Kg/d}$$

$$SSVTA = (8,52 \text{ L/h} \times 810 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow SSV = 0,16563 \text{ Kg/d}$$

$$SSV_{RS} = (0,65 \text{ L/h} \times 172 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow SSV = 0,00268 \text{ Kg/d}$$

$$DBO_{Removida} = 91,64\%$$

$$y_{obs} \text{ (coeficiente de produção observado)} = 0,60 \text{ (estimado)}$$

$$TS = 0,238\%$$

$$SSV/SST = 0,90$$

- Cálculos

- Lodo em excesso (SST)

$$SST = y \cdot (S_0 - S_c) \Rightarrow SST = 0,60 \cdot (0,9164 \cdot (0,06605 + 0,00133)) = 0,03705 \text{ Kg/d}$$

- SSV no lodo em excesso

$$SSV = 0,90 \cdot 0,03705 \Rightarrow SSV = 0,03334 \text{ Kg/d}$$

- Vazão do lodo em excesso

$$Q = \frac{M}{10 \cdot TS} \Rightarrow Q = \frac{0,03705}{10 \cdot 0,238} \Rightarrow Q = 1,55E-2 \text{ m}^3/\text{d} = 15,5 \text{ L/d} = 0,65 \text{ L/h}$$

$$\text{DBO efluente} = 0,0836 \times 0,06738 = 0,00563 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SST efluente} = 0,18751 - (0,03705 + 0,14483) = 0,00613 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV efluente} = 0,16831 - (0,03334 + 0,13088) = 0,04712 \text{ Kg/d}$$

$$\text{Vazão efluente} = 8,52 \text{ L/h} - 0,65 \text{ L/h} = 7,87 \text{ L/h}$$

- Balanço de massa no adensador por gravidade, no período de 31/08/08 a 20/09/08.

No presente balanço é considerada a aplicação de lodo de ETA, o qual é aplicado na forma de uma solução que, após análise, apresentou concentração de 7500 mg/L de SST e 1300 mg/L de SSV.

- Lodo em excesso.

$$Q = 0,65 \text{ L/h}$$

$$\text{SST} = 0,03705 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV} = 0,03334 \text{ Kg/d}$$

- Sólidos no lodo de ETA

$$\text{SST} = 7500 \text{ mg/L} \Rightarrow \text{SST} = (7500 \times 0,135 \text{ L/h} \times 24) / 10^6 = 0,02430 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV} = 1300 \text{ mg/L} \Rightarrow \text{SSV} = (1300 \times 0,135 \text{ L/h} \times 24) / 10^6 = 0,00421 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SST}_{\text{Total}} = 0,06135 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV}_{\text{Total}} = 0,03755 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV/SST} = 0,61$$

$$\text{A captura de sólidos} = 91,2\%$$

$$\text{Teor de sólidos no lodo adensado} = 2,08\%$$

$$\text{DBO}_{\text{Sobrenadante}} = 85 \text{ mg/L}$$

- Cálculos

- Lodo adensado que vai para a desidratação.

$$\text{SST} = 0,912 \cdot 0,06135 = 0,05595 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV} = 0,61 \cdot 0,03755 = 0,02291 \text{ Kg/d}$$

- Vazão do lodo adensado.

$$Q = \frac{M}{10 \cdot TS} \Rightarrow Q = \frac{0,05595}{10 \cdot 2,08} \Rightarrow Q = 2,69E-3 \text{ m}^3/\text{d} = 2,69 \text{ L/d} = 0,112 \text{ L/h}$$

- Sobrenadante.

$$SST = 0,06135 - 0,05595 = 0,00540 \text{ Kg/d}$$

$$SSV = 0,03755 - 0,02291 = 0,01464 \text{ Kg/d}$$

$$\text{Vazão} = 15,60 \text{ L/d} - 2,69 \text{ L/d} = 12,91 \text{ L/d}$$

III – Balanço de massa na fase de operação da ETE Piloto com a adição de 4000 mg/L de lodo de ETA.

- O balanço de massa na fase biológica que ocorre no tanque de aeração e no decantador secundário, no período de 21/09/08 a 04/10/08.

- Afluente à fase biológica:

$$Q_{EB} = 9,04 \text{ L/h}$$

$$Q_{RS} = 0,78 \text{ L/h}$$

$$DBO_{EB} = (9,04 \text{ L/h} \times 290 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow DBO = 0,06292 \text{ Kg/d}$$

$$DBO_{RS} = (0,78 \text{ L/h} \times 30 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow DBO = 0,00056 \text{ Kg/d}$$

$$SSTA = (9,04 \text{ L/h} \times 1940 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow SST = 0,42090 \text{ Kg/d}$$

$$SST_{RS} = (0,78 \text{ L/h} \times 115 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow SST = 0,00222 \text{ Kg/d}$$

$$SSVTA = (9,04 \text{ L/h} \times 1095 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow SSV = 0,23757 \text{ Kg/d}$$

$$SSV_{RS} = (0,78 \text{ L/h} \times 115 \text{ mg/L} \times 24) / 10^6 \Rightarrow SSV = 0,00222 \text{ Kg/d}$$

$$DBO_{Removida} = 89,65\%$$

$$y_{obs} \text{ (coeficiente de produção observado)} = 0,60 \text{ (estimado)}$$

$$TS = 0,202\%$$

$$SSV/SST = 0,57$$

- Cálculos

- Lodo em excesso (SST)

$$SST = y \cdot (S_0 - S_c) \Rightarrow SST = 0,60 \cdot (0,8965 \cdot (0,06292 + 0,00056)) = 0,03415 \text{ Kg/d}$$

- SSV no lodo em excesso

$$SSV = 0,57 \cdot 0,03415 \Rightarrow SSV = 0,01947 \text{ Kg/d}$$

- Vazão do lodo em excesso

$$Q = \frac{M}{10 \cdot TS} \Rightarrow Q = \frac{0,03415}{10 \cdot 0,202} \Rightarrow Q = 1,69E-2 \text{ m}^3/\text{d} = 16,91 \text{ L/d} = 0,705 \text{ L/h}$$

$$DBO_{efluente} = 0,1035 \times 0,06348 = 0,00657 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SST efluente} = 0,42312 - (0,03415 + 0,38457) = 0,00440 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV efluente} = 0,23979 - (0,01947 + 0,21592) = 0,00440 \text{ Kg/d}$$

$$\text{Vazão efluente} = 9,04 \text{ L/h} - 0,705 \text{ L/h} = 8,34 \text{ L/h}$$

- **Balanço de massa no adensador por gravidade, no período de 21/09/08 a 04/10/08.**

- Lodo em excesso.

$$Q = 0,705 \text{ L/h}$$

$$\text{SST} = 0,03415 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV} = 0,02015 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV/SST} = 0,78$$

$$\text{A captura de sólidos} = 94,3\%.$$

$$\text{Teor de sólidos no lodo adensado} = 1,69\%$$

$$\text{DBO}_{\text{Sobrenadante}} = 46 \text{ mg/L}$$

- Sólidos no lodo de ETA

$$\text{SST} = 7500 \text{ mg/L} \Rightarrow \text{SST} = (7500 \times 0,259 \text{ L/h} \times 24) / 10^6 = 0,04662 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV} = 1300 \text{ mg/L} \Rightarrow \text{SSV} = (1300 \times 0,259 \text{ L/h} \times 24) / 10^6 = 0,03121 \text{ Kg/d}$$

- Cálculos

- Lodo adensado que vai para a desidratação.

$$\text{SST} = 0,943 \cdot 0,08077 = 0,07617 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV} = 0,78 \cdot 0,05136 = 0,04006 \text{ Kg/d}$$

- Vazão do lodo adensado.

$$Q = \frac{M}{10 \cdot \text{TS}} \Rightarrow Q = \frac{0,07617}{10 \cdot 1,69} \Rightarrow Q = 4,51 \text{E-}3 \text{ m}^3/\text{d} = 4,51 \text{ L/d} = 0,188 \text{ L/h}$$

- Sobrenadante.

$$\text{SST} = 0,08077 - 0,07617 = 0,00460 \text{ Kg/d}$$

$$\text{SSV} = 0,05136 - 0,04006 = 0,0113 \text{ Kg/d}$$

$$\text{Vazão} = 16,92 \text{ L/d} - 4,51 \text{ L/d} = 12,41 \text{ L/d}$$