

IV- Oliveira-Brasil-1

EFEITOS DO RECEBIMENTO DE LODO GERADO EM ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO EM SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO POR LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Alexandre Alves de Oliveira ⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia Mauá, Pós-graduado em Saneamento Ambiental pela Faculdade de Saúde Pública –USP. Mestre em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública –USP. Doutorando em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.



Maria Aparecida Faustino Pires.

Doutora em Química Analítica pelo Instituto de Química da USP e Mestre em Tecnologia Nuclear, pelo IPEN. Especialista em química ambiental. Gerente do Centro de Química e Meio Ambiente do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

Roque Passos Piveli.

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos -USP. Mestre em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola de Engenharia de São Carlos. Doutor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Sidney Seckler Ferreira Filho.

Engenheiro Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Doutor em Engenharia Hidráulica e Sanitária pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Silvana Audrá Cutolo.

Bióloga da Faculdade de Saúde Pública da USP. Departamento de Saúde Ambiental

Endereço: Rua Roque Giangrande Filho, 130 apto 74 C – Jd Marajoara - São Paulo - S.P. Brasil – Tel (011) 5541-0162 - Cel (11) 9656-0011 – E-mail: engalex@usp.br ; rppiveli@usp.br

RESUMO

A disposição de resíduos de ETA em corpos d'água pode causar uma série de problemas ao ambiente aquático. Como alternativa, esses resíduos gerados podem ser dispostos em Estações de Tratamento de Esgotos, sendo transportados em caminhões ou lançados nas redes coletoras. O presente trabalho avalia o impacto do lançamento desses resíduos na Estação de Tratamento de Esgoto do município de São Lourenço da Serra (SP). Foram avaliadas as variáveis físico-químicas e bacteriológicas do esgoto bruto e do efluente das lagoas anaeróbia e facultativa, antes e após o lançamento desses resíduos. Durante as duas fases do monitoramento, a análise dos resultados

permitiu verificar o excelente desempenho na remoção de material orgânico, com eficiências de remoção de $DBO_{5,20}$, de 90,5% na 1ª fase e 88,8% na 2ª. A eficiência de remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) apresentou-se dentro dos parâmetros de projeto. Apesar dos altos resultados de remoção de patógenos observados na 1ª fase e na 2ª fase, o efluente final não atendeu os valores exigidos pelo decreto 8468/76 e CONAMA 357/05. Considerando os resultados experimentais, pode-se verificar que o lançamento dos resíduos gerados na ETA não alterou as características físico-químicas e biológicas do esgoto bruto e não interferiu nos processos biológicos verificados neste tipo de tratamento, mantendo o desempenho da estação dentro dos valores estimados na fase de dimensionamento. Após ensaios batimétricos na lagoa anaeróbia, observou-se que tanto na 1ª quanto na 2ª fase do projeto, a média da taxa de acumulação anual de lodo se manteve próxima a 10,0 e 18 cm/ano, respectivamente, valores bem próximos aos encontrados pelo método empírico utilizando-se o método proposto por Saqqar & Pescod (14,6 cm/ano e 16,3 cm/ano, respectivamente)

PALAVRAS CHAVE: Lagoas de Estabilização; Avaliação de desempenho; Avaliação de ETE; Lodo de Estação de Tratamento de esgoto.

INTRODUÇÃO

O crescimento dos grandes centros urbanos, juntamente com a necessidade de se alcançar níveis crescentes de qualidade da água a ser distribuída para população, somando-se ainda, a baixa qualidade dos mananciais, tem exigido cada vez mais dos responsáveis da ETA, a aplicação de quantidades consideráveis de produtos químicos no seu tratamento. Como conseqüência, há um significativo aumento de resíduos ou lodo, provenientes do tratamento, os quais são gerados principalmente nos decantadores.

No Brasil, praticamente as totalidades das estações de tratamento de água (ETA's) para abastecimento lançam as águas de lavagem de filtros e os lodos de decantadores diretamente nas águas naturais. Ainda que constituídos em grande parte de sólidos inertes, esses lodos provocam elevação da turbidez e cor aparente das águas imediatamente após o lançamento. Em seguida, essas partículas sedimentam-se, provocando assoreamento. Alguns prejuízos ecológicos podem decorrer, em função da redução na penetração de luz para a biota em suspensão e da alteração na composição do lodo de fundo, com conseqüências sobre os organismos bentônicos. Além disso, a presença de matéria orgânica biodegradável e a conseqüente demanda de oxigênio das águas do corpo receptor podem ocorrer, em intensidade dependente da qualidade da água bruta utilizada para o abastecimento.

Outros problemas também podem ser considerados, como a elevação da concentração de alumínio ou ferro e suas possíveis conseqüências sobre a saúde e o meio ambiente. Ainda que esses metais não sejam considerados perigosos, a disposição desse material em corpos receptores é proibida pela legislação brasileira e a solução mais imediata é a implantação de estrutura para a desidratação destes lodos na própria ETA, havendo necessidade posterior de disposição ou utilização adequada do lodo desaguado. Em muitas cidades pequenas, porém, as condições econômicas e operacionais das companhias de saneamento são tais que não se prevê, a curto prazo, a instalação de tais facilidades. Como nestas cidades, os processos de tratamento de esgotos mais utilizados são lagoas de estabilização, existe a possibilidade de lançamento dos lodos das ETA's na rede coletora de esgotos, desde que as condições hidráulicas sejam favoráveis, sendo recebidos pelo sistema de lagoas.

OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é avaliar, em uma situação em escala real para um município provido de sistema de abastecimento de água e de esgotamento sanitário para cerca de 10.000 habitantes, os efeitos do lançamento dos lodos produzidos na estação de tratamento de água sobre o sistema de tratamento por lagoas de estabilização. Pretende-se determinar por balanço de massa e por batimetria o aumento na taxa de acúmulo de lodo na lagoa anaeróbia devido à introdução do lodo da estação de tratamento de água e, por meio de análises e exames físicos, químicos e biológicos, os efeitos sobre a qualidade do efluente final do sistema.

METODOLOGIA

Caracterização da Área de Estudo.

São Lourenço da Serra, localiza-se na bacia do Ribeira do Iguape, sul do Estado de São Paulo (Latitude: S 23° 51' 12.5" - Longitude: W 046° 56' 36.2") e, segundo dados do censo 2003, a cidade conta com uma população total de 12.185 habitantes distribuídos da seguinte maneira: aproximadamente 10.767 habitantes (88,36%) concentram-se na área urbana e 1.418 habitantes (11,64%) concentram-se na área rural. As principais atividades econômicas do local são: agricultura, pesca, indústria alimentícia e mineração.

Estação de Tratamento de Água

A água bruta que abastece a ETA de São Lourenço da Serra é proveniente do Rio São Lourenço, localizado a poucos metros da estação. O sistema de tratamento de água utiliza como coagulante o sulfato de alumínio $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O]$ e é constituído por: floculador (36 células), 02 decantadores (com módulos tubulares) e 04 filtros. Em 2004, segundo dados de operação (Anexo A SABESP), a vazão média mensal de água tratada foi de 34.207 m³/mês (1.123,05 m³/d), sendo 1.390 m³/mês utilizados no processo de lavagem dos filtros e, 400 m³/mês empregados para lavagem dos decantadores, representando respectivamente 4,06% e 1,17% do volume total aduzido.

As limpezas dos filtros são realizadas em dias alternados utilizando um volume de água total de 34,5 m³ por filtro. Os decantadores são limpos simultaneamente a cada quinze dias, através de registros localizados no fundo e, superficialmente com auxílio de mangueira de pressão. Neste procedimento são consumidos aproximadamente 200 m³ de água. Todo resíduo gerado, assim como, as águas utilizadas no processo de lavagem dos filtros e decantadores são encaminhadas para um tanque de equalização de aproximadamente 13.000 litros, sendo então transferidos posteriormente para a rede coletora de esgoto e encaminhados a ETE.

Estação de Tratamento de Esgoto

O processo de tratamento resume-se em tratamento preliminar (grades médias, 2 caixas de areia com 4,50m x 0,35 m cada uma e calha Parshall W= 3") seguido por tratamento através de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa. No final do processo, antes do lançamento no corpo receptor, o efluente é conduzido a um tanque de cloração para desinfecção e, os resíduos gerados nas caixas de desarenação são condicionados em valas impermeabilizadas.

Pontos de amostragem e características físico-químicas e bacteriológicas

Para a avaliação do sistema e caracterização das águas residuárias, as coletas das amostras do esgoto bruto e do efluente da lagoa facultativa foram feitas quinzenalmente na fase um (16/08/2004 a 11/04/2005; $Q = 7,98$ l/s) e, semanalmente na fase dois (24/04/2005 a 01/08/2005; $Q = 8,5$ l/s), antes e após descarga do lodo da estação de tratamento de água na rede de esgoto. Nos pontos de amostragem foram medidos os parâmetros: temperatura e pH do líquido da lagoa e, foi verificada também a temperatura do ar. Foram determinadas as concentrações de: $DBO_{5,20}$, DQO, Nitrogênio Total Kjeldahl e Nitrogênio Amoniacoal, Fósforo Total, Sólidos Totais, em Suspensão e Dissolvidos, Fixos e Voláteis, as densidades de Coliformes Totais e Termotolerantes.

Foram realizadas medições da espessura da camada de lodo em nove seções batimétricas e, calculou-se a taxa de acúmulo desse material gerado na lagoa anaeróbia, sem a interferência dos resíduos da ETA e, posteriormente com a influência do lodo da ETA. Para demarcação das seções batimétricas, foram utilizados 12 piquetes chumbados na borda da lagoa anaeróbia (figura 1). Cordas foram esticadas de um lado a outro de cada divisão e do ponto de encontro das linhas transversais com as linhas longitudinais foram retiradas amostras e medida a espessura da camada de lodo, situada imediatamente abaixo dos mesmos. As seções foram percorridas com barco e, para determinação da altura de camada de lodo, foram utilizados 03 tubos de PVC de diâmetro de 1" com 1,50 m de comprimento cada, toalhas brancas envolvidas no tubo e trena metálica de 5,0 m. Para coleta do lodo foi empregado tubo translúcido de 1".

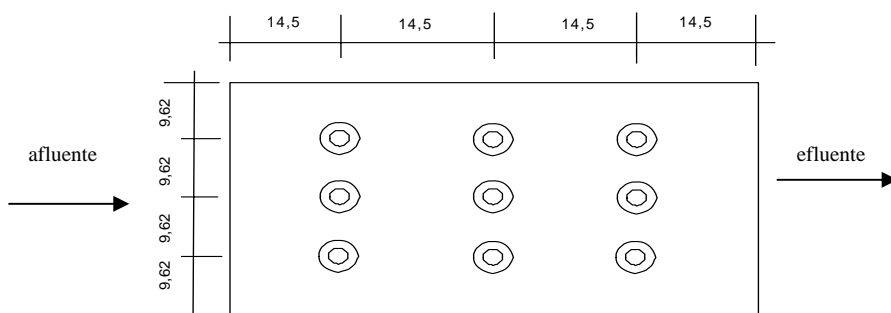


Figura 1: Pontos de amostragem do lodo e seções batimétricas na lagoa anaeróbia.

Estimativa através do modelo de SAQQAR & PESCOD

No modelo desenvolvido por SAQQAR e PESCOD (1995), o objetivo principal é estimar o acúmulo de lodo em lagoas anaeróbias (figura 2). A taxa de acumulação (F_L) de lodos é definida pelo balanço de massa que considera a carga de sólidos suspensos na entrada, a carga de sólidos na saída e a produção de sólidos por ação biológica na lagoa, segundo equação 1.

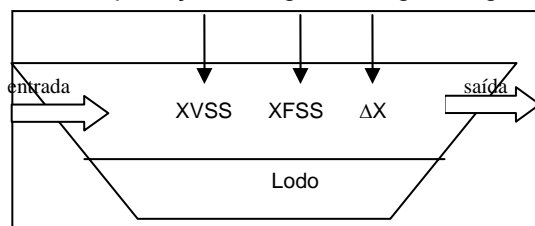


Figura 2: Esquema do modelo previsto por SAQQAR e PESCOD

$$FL = (F_{XSS,0} - F_{XSS,1}) + DF_x \text{ equação(1)}$$

FL = taxa de acumulação de lodo na lagoa; $F_{XSS,0}$ = carga de sólidos suspensos na entrada da lagoa (kg/d); $F_{XSS,1}$ = carga de sólidos suspensos na saída da lagoa (kg/d); DF_x = taxa de produção de sólidos por ação biológica (kg/d).

SAQQAR e PESCOD (1995) alegam que, a degradação dos sólidos na camada de lodos de uma lagoa ocorre durante períodos muito longos (>5 anos), permitindo a decomposição do material orgânico muito lentamente biodegradável. Sendo assim, o volume lodo acumulado diariamente na lagoa pode ser estimado através da equação (2) abaixo:

$$V_{AS} = K_{AS} * \frac{(1,7 * F_{XVSS,0}) + 4,5*(F_{XFSS,0}) + 1,0 * (F_{CDBO,0})}{1000} \text{ m}^3/\text{d equação (2)}$$

K_{AS} = coeficiente de acumulação de lodo

Conhecendo-se as características médias do esgoto a ser tratado ($F_{XVSS,0}$, $F_{XFSS,0}$, $F_{CDBO,0}$), o cálculo do valor V_{AS} torna-se mais simples. Valores altos de K_{AS} indicam que o lodo acumulado encontra-se pouco digerido, enquanto que para valores pequenos, o lodo está bem digerido. Para lagoas em operação a menos de 1 ano, os valores adotados para K_{AS} podem ser superiores a 1,0 (GONÇALVES 1999).

Balanco de massa e avaliação da produção de lodo na ETA.

Uma vez que a produção de lodo gerado em uma ETA é função da concentração de sólidos em suspensão total presentes na água bruta, do tipo de coagulante e dosagem aplicada e, com o intuito de obter elementos que auxiliem na avaliação da disponibilidade de disposição do lodo da ETA do município de São Lourenço da Serra na ETE, foram levantadas as produções médias mensais de lodo da referida ETA no período de janeiro a dezembro de 2004, conforme figura 3.

Ao assumir, segundo FERREIRA FILHO (1996), que o residual de alumínio na água seja desprezível, a produção de sólidos, utilizando-se sais de alumínio, pode ser estimada segundo a expressão 3. No cálculo considerou-se também a relação SS/turbidez igual a 1.

$$P_L = Q*(4,89*D_{Al} + SS + CAP + OA)*10^{-3} \text{ equação (3)}$$

P_L = produção de sólidos seco em kg/dia ($M T^{-1}$),

Q = vazão de água bruta em m^3/dia ($L^3 T^{-1}$),

D_{Al} = dosagem de sais de alumínio, expresso como Al em mg/L, ($M.L^{-3}$),

SS = concentração de sólidos em suspensão totais na água bruta em mg/L ($M.L^{-3}$),

CAP = concentração de carvão ativado em pó em mg/L ($M.L^{-3}$),

OA = outros aditivos em mg/L (sílica ativada, polímeros, etc...) ($M.L^{-3}$).

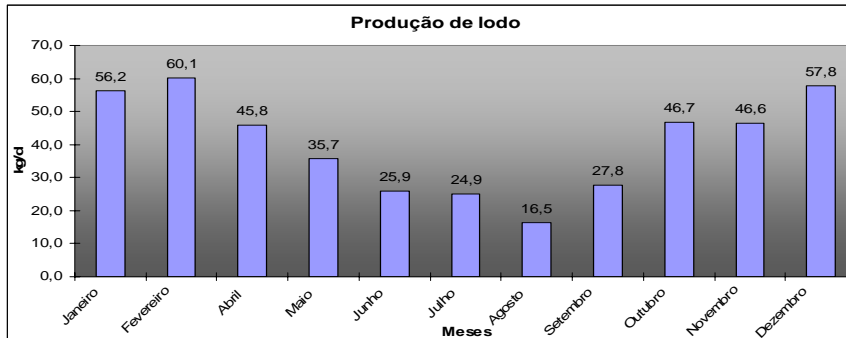


Figura 3: Produção mensal de lodo da ETA

Com o objetivo de fixar parâmetros para execução do balanço de massa da ETA (figura 4) e, considerando como crítico os meses de Dezembro a Fevereiro, os cálculos foram direcionados para situação do mês mais desfavorável, consequentemente com maior produção de lodo (fevereiro de 2004), apresentados na figura 3.

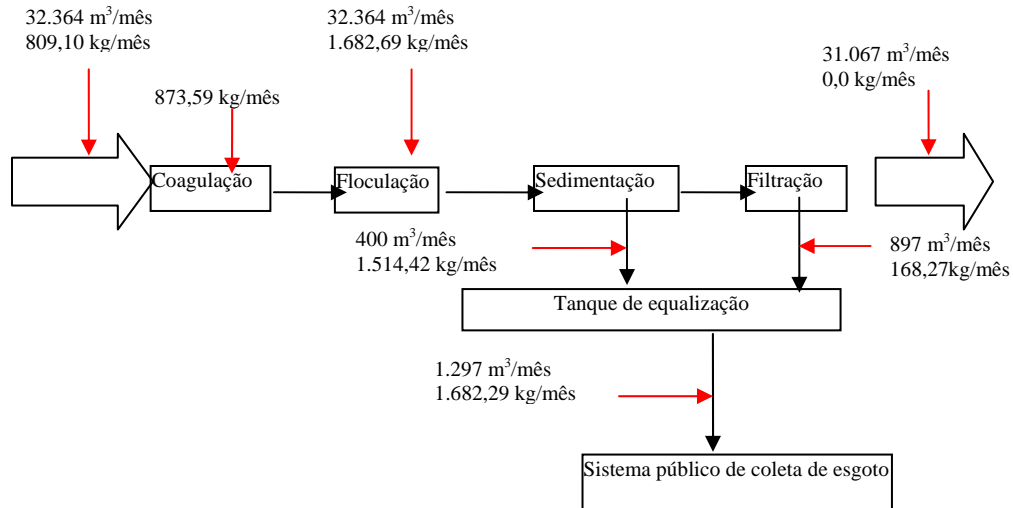


Figura 4: Balanço de massa da ETA (São Lourenço da Serra).

RESULTADOS OBTIDOS e DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros analisados do esgoto bruto e do efluente final do sistema, obtidos durante o monitoramento da ETE (fase 1 e fase 2).

Pontos	antes lançamento do lodo da ETA						após lançamento do lodo da ETA					
	afluente lagoa anaeróbia			efluente lagoa facultativa			afluente lagoa anaeróbia			efluente lagoa facultativa		
	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo
pH	5,5	6,1	7,0	6,0	7,0	8,5	6,0	6,5	7,0	6,5	6,9	7,5
Temp. ar (o C)	17	22	26	17	22	26	15	19	23	15	19	23
Temp. água (o C)	17	22	24	17	22	26	17	20	24	16	19	23
DBO ₅ (mg/L)	180	289	570	12	51	117	189	308	391	23	34	44
DBO ₅ filtrada (mg/L)	111	146	186	8	25	58	70	138	193	5	9	14
DQO (mg/L)	325	590	1000	100	189	331	350	517	820	91	172	528
DQO filtrada (mg/L)	79	248	345	36	108	289	155	251	528	23	64	170
Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)	25,5	48,5	70,7	12,6	28,0	52,2	36,4	55,2	113,4	14,0	36,5	81,2
Nitrogênio Amoniaco (mg/L)	14,8	26,9	37,2	8,2	17,8	33,4	15,7	36,1	51,5	8,4	22,6	42,6
Fósforo Total (mg/L)	2,7	5,8	10,0	1,8	4,1	7,6	4,1	6,4	9,0	2,3	3,3	6,8
Ortofosfato (mg/L)	2,1	4,1	6,1	1,2	2,4	4,7	3,4	4,5	6,0	1,2	2,1	4,0
ST (mg/L)	393	812	1221	225	323	508	421	644	1114	308	349	411
SF (mg/L)	201	318	538	29	156	256	245	339	538	96	175	240
SV (mg/L)	169	494	683	73	167	252	176	305	576	136	174	315
SST (mg/L)	106	227	320	20	65	127	79	247	621	56	85	165
SSF (mg/L)	30	87	234	0	12	65	27	83	253	1	12	35
SSV (mg/L)	72	140	208	18	53	110	52	164	368	51	73	130
Sólidos sedimentáveis	1,0	3,3	8,0	1,5	1,5	1,5	1,5	4,4	15,0	<0,1	<0,1	<0,1
Coliformes totais (NMP/100mL)	1,40E+07	4,47E+07	3,00E+08	1,70E+04	9,56E+04	1,70E+06	1,70E+07	5,29E+07	1,30E+08	2,30E+04	2,09E+05	7,00E+05
Coliformes termotolerantes	1,10E+06	5,64E+06	1,70E+07	5,00E+03	3,05E+04	2,30E+06	5,00E+06	1,29E+07	3,00E+07	1,30E+04	5,80E+04	2,20E+05

Tabela 1: Valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros analisados durante monitoramento da ETE.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Durante todo o período de monitoramento, as concentrações médias de $DBO_{5,20}$ no esgoto bruto e no efluente final da fase 1 (289 mg/L e 30 mg/L, respectivamente), não apresentaram variações significativas quando comparadas a fase 2 (308mg/L e 34 mg/L) (figura 5) O afluente da lagoa anaeróbia apresentou uma variabilidade nos resultados de DQO (325 a 1000 mg/L) com um valor médio de 590 mg/L na 1ª parte do experimento. Na fase 2, a DQO do esgoto bruto apresentou valor médio de 517 mg/L com valores mínimos e máximos de 350 e 820 mg/L, respectivamente. O efluente da lagoa facultativa apresentou concentrações médias de 172 mg/L. A eficiência do sistema se manteve próxima à apresentada na 1ª fase com valores de remoção da ordem de 55,7%.

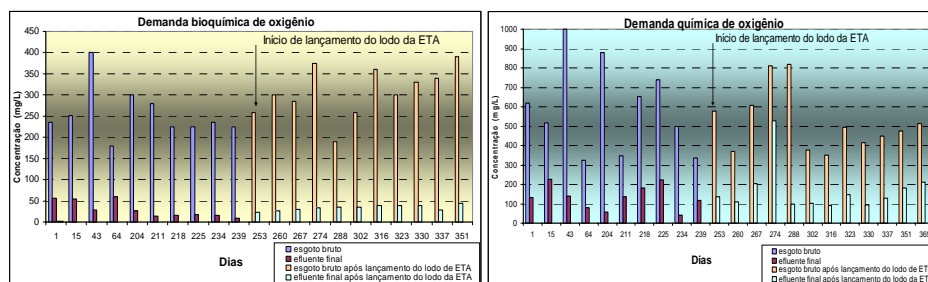


Figura 5: Concentração de DBO e DQO do esgoto bruto e à saída da lagoa facultativa.

Fósforo Total

Nos esgotos, o fósforo é composto por fósforo orgânico e fosfato, sendo que os últimos representam sua maioria. Em lagoas de estabilização, os mecanismos de remoção desses nutrientes podem ocorrer de várias formas: retirada de fósforo orgânico contido nas algas e bactérias através da saída do efluente final e precipitação de fosfatos em condições de elevado pH (VON SPERLING 1996).

Durante a 1ª fase foi constatada uma eficiência média de remoção de fósforo de 46,7%, com concentração de fósforo no esgoto bruto e efluente final de 5,8 mgP/L e 3,5 mgP/L, respectivamente. Já na 2ª fase as concentrações de fósforo tanto no esgoto bruto quanto no efluente final apresentaram os seguintes valores: 6,4 mgP/L e 3,7mg/L com eficiência de remoção de 47,6%, bem próximo ao observado na 1ª fase (figura 6).

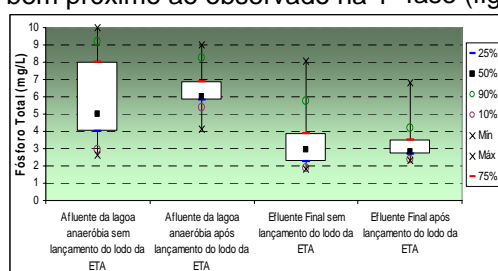
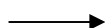


Figura 6: Diagrama tipo boxplot da concentração de fósforo total do esgoto bruto e à saída da lagoa facultativa

Nitrogênio Amoniacal e Nitrogênio Total Kjeldhal

Os principais mecanismos de remoção de nitrogênio em lagoas, segundo ARCEIVALA (1981) *apud* VON SPERLING (1996), são: volatilização da amônia, assimilação da amônia pelas algas, assimilação dos nitratos pelas algas, nitrificação-desnitrificação e sedimentação do nitrogênio orgânico particulado. Dentre todos os mecanismos, o mais importante é o da volatilização da amônia, segundo a reação abaixo:





Quanto ao nitrogênio, foram observadas eficiências de remoção de 40,5% para NKT e 34,8% para nitrogênio amoniacal na 1ª fase e, 36,2% para NKT e 35,5% para nitrogênio amoniacal na 2ª fase. As concentrações médias de NKT e nitrogênio amoniacal, respectivamente, do esgoto bruto (48,5mg/L; 26,9mg/L), e do efluente final (28,2mg/L; 17,5mg/L) da 1ª fase se mantiveram próximas às verificadas na 2ª fase, com os seguintes resultados: no esgoto bruto (55,2mg/L; 35,1mg/L) e no efluente final (36,5mg/L; 22,6mg/L) (figura 7).

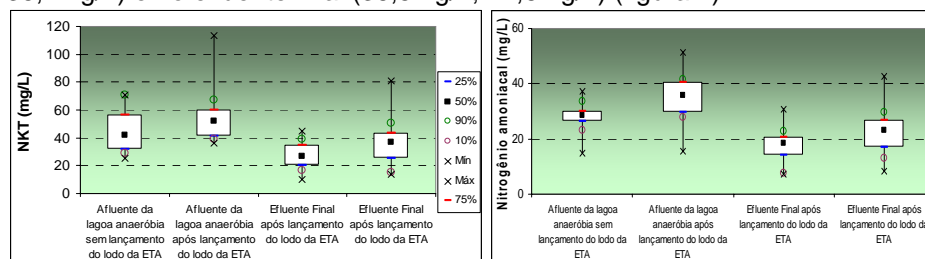


Figura 7: Diagrama tipo boxplot da concentração de NKT e nitrogênio amoniacal do esgoto bruto e à saída da lagoa facultativa

Sólidos em suspensão

Como pode ser observado na Tabela 1, assim como na primeira fase, nesta etapa do projeto a relação SSV/SS apresentou um resultado de 0,66, enquanto a relação SV/ST encontrada foi de 0,55. Quanto à eficiência de remoção de SS, não foram encontradas variações significativas entre as duas fases do projeto. Os resultados demonstraram não haver diferenças significativas entre as concentrações médias da série de sólidos, tanto do esgoto bruto quanto do efluente final das fases 1 e 2 (figura 8).

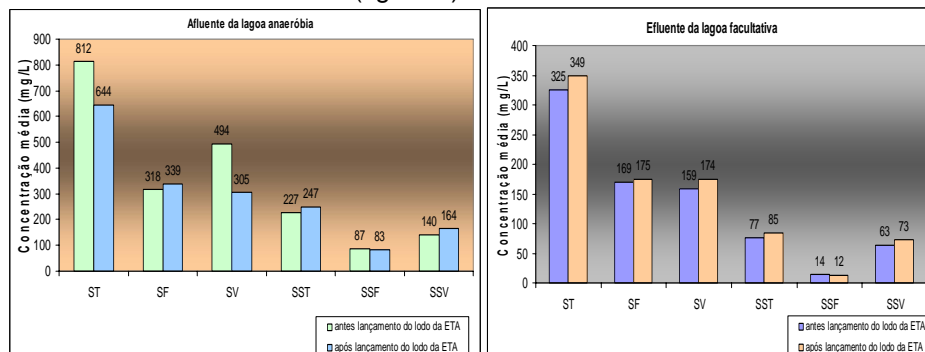


Figura 8: Concentração média da série de sólidos (afluente da lagoa anaeróbia e efluente da lagoa facultativa)

Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes

No presente trabalho, a densidade de coliformes totais, observadas na fase 1, do esgoto bruto situou-se entre $1,4 \times 10^7$ NMP/100mL e $3,00 \times 10^8$ NMP/100mL, apresentando média geométrica de $4,47 \times 10^7$ NMP/100mL. No efluente final houve uma variação de $5,0 \times 10^2$ NMP/100 mL a $2,20 \times 10^5$ NMP/100mL, com média geométrica de $1,54 \times 10^4$ NMP/100 mL. Quanto aos coliformes termotolerantes, foram observados valores médios de $5,64 \times 10^6$ NMP/100mL no esgoto bruto e $5,33 \times 10^3$ NMP/100mL no efluente final. Na 2ª fase do projeto, o esgoto bruto apresentou uma densidade média de $5,29 \times 10^7$ NMP/100ml de coliformes totais e $1,29 \times 10^7$ NMP/100 ml de coliformes termotolerantes. O sistema produziu um efluente final com densidade média de $2,09 \times 10^5$ NMP/100ml para coliformes totais e $5,80 \times 10^4$ NMP/100ml para coliformes termotolerantes (figura 9).

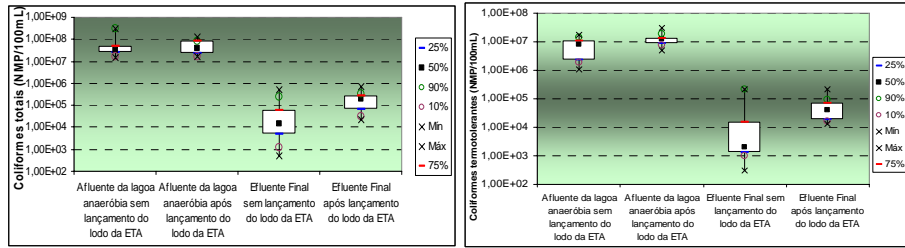


Figura 9: Diagramas tipo “boxplot” da densidade de coliformes totais e termotolerantes do esgoto bruto e do efluente final.

Estimativa da produção de lodo da ETE.

Estimativa do volume de lodo acumulado através do modelo proposto por SAQQAR & PESCOD.

A partir dos dados **1ª fase**: Vazão = 7,98 L/s, Concentração média (DBO_{5,20})=289 mg/L, SSV= 140 mg/L, SSF = 87 mg/L, Área do fundo da lagoa = 945 m², K_{AS} = 0,6 foram obtidos os seguintes resultados:

$F_{xvss} = 140 \cdot 689,5 \cdot 0,001 = 96,53 \text{ kg/d}$; $F_{xfss} = 87 \cdot 689,5 \cdot 0,001 = 59,98 \text{ kg/d}$;
 $F_{CBOD,0} = 199 \text{ kg/d}$
 $V_{AS} = 0,38 \text{ m}^3/\text{d}$ \Rightarrow taxa de acumulação de lodo = 14,6 cm/ano

Na **2ª fase**: vazão = 8,5 L/s; Concentração média (DBO_{5,20}) = 308 mg/L, SSV=164 mg/L, SSF= 83 mg/L, K_{AS} = 0,6 foram obtidos os seguintes resultados:

$F_{xvss} = 164 \cdot 734,4 \cdot 0,001 = 120,44 \text{ kg/d}$; $F_{xfss} = 83 \cdot 734,4 \cdot 0,001 = 60,92 \text{ kg/d}$;
 $F_{CBOD,0} = 226 \text{ kg/d}$
 $V_{AS} = 0,42 \text{ m}^3/\text{d}$ \Rightarrow taxa de acumulação de lodo= 16,3 cm/ano

Resultados de testes batimétricos na lagoa anaeróbia

Após testes batimétricos na lagoa anaeróbia, foi observado que a taxa acumulação média de lodo anual se manteve próximo a 10,0 e 18 cm/ano (respectivamente antes e após lançamento do lodo da ETA) (Conforme Tabela 2 e figura 10).

Distância da borda (entrada da lagoa) (m)	Seção		Espessura da camada de lodo (cm)	
			Fase1	Fase 2
14,5	S1A	1	49	53
14,5	S2A	2	53	57
14,5	S3A	3	46	51
29,0	S1B	4	39	45
29,0	S2B	5	42	48
29,0	S3B	6	37	41
43,5	S1C	7	29	34
43,5	S2C	8	35	43
43,5	S3C	9	36	40
		Média	40	46

Tabela 2: Espessura da camada de lodo na lagoa anaeróbia (1ª e 2ª fase, respectivamente)

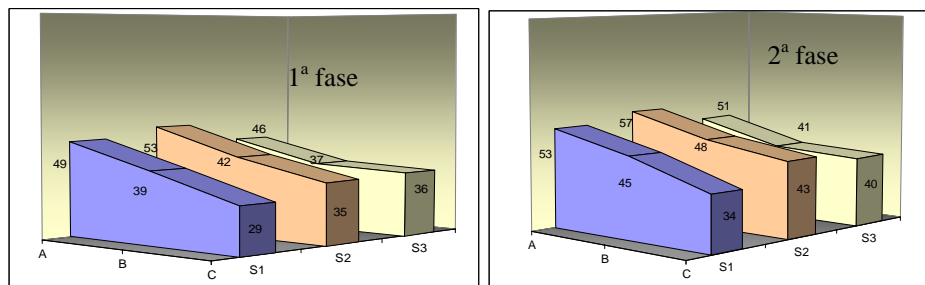


Figura 10: Espessura da camada de lodo na lagoa anaeróbia (1ª e 2ª fase)

CONCLUSÃO

Durante as duas fases do monitoramento, a análise dos resultados permitiu verificar o excelente desempenho na remoção de material orgânico. O sistema apresentou eficiências de remoção de $DBO_{5,20}$, de 90,5% na 1ª fase e 88,8% na 2ª. Tais resultados se enquadram aos previstos no projeto (70-90%) e o efluente final atendeu os valores exigidos pelo Decreto 8468/76. Quanto à remoção de DQO, os resultados demonstraram que a aplicação do lodo da ETA na ETE não interferiu na eficiência do sistema, onde os resultados da segunda fase (67,9%) se mantiveram próximos aos da primeira fase (74,7%).

A eficiência de remoção de nutrientes apresentou-se dentro dos parâmetros de projeto, tanto para os compostos nitrogenados (30 a 50%), quanto para o fósforo (20 a 60%). Durante a 1ª fase do projeto foi constatada uma eficiência média de remoção de fósforo de 46,7%, enquanto que na 2ª fase, a eficiência média de remoção encontrada foi de 47,6%. Quanto ao nitrogênio, foram observadas eficiências de remoção de 40,5% para NKT e 34,8% para nitrogênio amoniacal na 1ª fase e, 36,2% para NKT e 35,5% para nitrogênio amoniacal na 2ª fase.

Apesar dos altos resultados de remoção de patógenos encontrados para coliformes totais e termotolerantes na 1ª fase (99,9% e 99,9%) respectivamente, na 2ª fase (99,60% e 99,5%) e, embora o lodo da ETA não tenha interferido na eficiência de remoção desses patógenos, o efluente final não atendeu os valores exigidos pelo decreto 8468/76 e CONAMA 357/05. Para o perfeito enquadramento da legislação o efluente final precisa passar por um processo de desinfecção antes do lançamento no corpo receptor.

Ao se comparar os resultados obtidos nas duas fases do projeto, utilizando o modelo proposto por SAQQAR e PESCOD, chegou-se a uma taxa de acumulação de 14,6 cm/ano na fase um e 16,3 cm/ano na 2ª fase. Após ensaios batimétricos observou-se que tanto na 1ª quanto na 2ª fase do projeto, a média da taxa de acumulação anual de lodo se manteve próxima a 10,0 e 18 cm/ano, respectivamente, valores bem próximos aos encontrados pelo método empírico, não apresentando variação significativa no volume total acumulado. Isto posto, pode ser dito que a disposição do lodo da estação de tratamento de água em sistema de tratamento de esgoto por lagoa de estabilização é uma alternativa viável, devendo resultar em vantagens técnicas e econômicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ferreira Filho SS, Lage Filho. Comportamento químico do alumínio e do ferro em meio aquoso e implicações no tratamento de água. **Rev Sanare** 1996; 6:50-58.
2. Ferreira Filho SS. Determinação dos mecanismos de coagulação para águas com baixa turbidez: estudo experimental. In: **17º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**; 1993 Set 19-23; Natal, Brasil. Rio de Janeiro: ABES; 1993. p.588-612.
3. Gonçalves RF. Introdução ao gerenciamento do lodo de lagoas de estabilização In: **Prosab. Gerenciamento do lodo de lagoas de estabilização não mecanizadas**. Rio de Janeiro: ABES; 1999 p. 1-5.
4. Grandin SR. **Desidratação dos lodos produzidos nas estações de tratamento de água**. São Paulo; 1992. [Dissertação de mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo]
5. Metcalf & Eddy. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4th ed. New York: Mc Graw Hill; 2003.

6. Saqqar ,M.M., Pescod, M.B. **Modeling sludge accumulation in anaerobic wastewater stabilization ponds**. Wat. Sci. tech., Vol 31, pp. 185-190, 1995.
7. Von Sperling M. **Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª ed. Belo Horizonte : DESA-UFMG; 1996 v 1.
8. Von Sperling M. **Lagoas de Estabilização**. 2ª ed Belo Horizonte: DESA-UFMG; 1996 v 3.