

Avaliação da modificação de um sistema composto por tanque séptico e filtro anaeróbio por um modelo de aeração compartimentada.

Evaluation of the modification of a system consisting of septic tank and anaerobic filter for a model of compartmentalized aeration

Josué Tadeu Leite França* | Ronaldo Stefanutti | Bruno Coraucci Filho
Luccas Erickson Marinho | Gentil Tereziano Rodrigues

Data de entrada: 23/10/2013 | Data de aprovação: 23/04/2014

DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.127>

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a modificação de um sistema de tratamento composto por dois tanques sépticos com operação em paralelo por um modelo de aeração compartimentada. Tal proposta visa atender à obtenção da Licença de Operação (L.O) e ao padrão de lançamento. Após as adequações, foi feita a comparação dos resultados obtidos com resultados da situação inicial. A remoção de carga orgânica passou de 59% para 95%, com a DBO efluente em torno de 30 mg/L⁻¹. A média com relação ao residual de oxigênio dissolvido no efluente foi de 1,90 ± 1,2 mg/L⁻¹, a densidade de potência 30 W/m³, o consumo de energia foi de 37 kWh.hab⁻¹ e o custo da modificação per capita foi de R\$ 140,00.

Palavras-chave: Tanque séptico, Filtro anaeróbio, Modificação e Aeração.

Abstract

This work aimed to evaluate the modification of a treatment system comprising two septic tanks and two anaerobic filters with parallel operation for a model of compartmentalized aeration. This proposal aims to meet to obtain an Operating License (LO) and the discharge parameters. After the adjustments, it was compared the results obtained and the results of the initial situation. The removal of organic matter increased from 59% to 95%, with an average BOD of the effluent around 30 mg/L⁻¹. The average of residual dissolved oxygen in the effluent was 1,90 ± 1.1 mg/L⁻¹, the power density of 30 W.m⁻³, the energy consumption was 37 kWh.inh⁻¹ and the cost of modification per capita was US\$ 63,00.

Key-words: Septic tank, Anaerobic filter, Modification and Aeration.

*Curriculum dos autores - ver página 55

1. Introdução

O emprego do processo biológico anaeróbio por meio de tanque séptico seguido de filtro anaeróbio apresenta várias vantagens quando comparado ao processo biológico aeróbio, entre os quais, menor consumo de energia, menor produção de lodo e menor área para implantação. Apresentam, no entanto desvantagens como: baixa eficiência de remoção com relação à carga orgânica (<70%); pouca eficiência na remoção de nutrientes (N e P); eventual desequilíbrio no processo exalam fortes odores que causam transtornos junto a população, cor no efluente, além de obstrução periódica do material filtrante; produz metano que se não queimado para aproveitamento energético e liberado para o ambiente é 21 vezes mais prejudicial que o CO₂ em se tratando do efeito estufa (IPCC, 2001).

“Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma alternativa para adequação de sistema constituído por tanque séptico e filtro anaeróbio, tendo em vista tratar-se de sistema amplamente utilizado para pequenas comunidades no Brasil, que venha atender à legislação vigente e às seguintes premissas: facilidade operacional, baixo custo de implantação e manutenção, menor agressão ao ambiente e atendimento às demandas de sustentabilidade.

Os tratamentos biológicos aeróbios mais utilizados são os sistemas de lodos ativados, valo de oxidação, lagoas de estabilização e suas variantes aeradas. Esses sistemas apresentam vantagens, como alta eficiência na remoção de cargas orgânica e de nutrientes, não liberam metano para o ambiente, entretanto, como desvantagens, apresentam consumo de energia, custo elevado de operação e manutenção e produzem mais lodo seco por Kg de DBO removida, se comparado com os processos anaeróbios.

2. Objetivo

Este estudo tem como objetivo promover a modificação de um sistema anaeróbio de tratamento

de esgoto para um sistema aeróbio.

3. Materiais e métodos

A avaliação da modificação do processo de tratamento foi realizada em três etapas distintas, onde variou-se a densidade de potência aplicada nos tanques de aeração.

3.1 Local do experimento e histórico

A estação de tratamento de esgoto, base da condução do estudo, localiza-se no Distrito de Bom Retiro, município de Angatuba, região sudoeste do Estado de São Paulo. De acordo com os dados da CEPAGRI no ano de 2012 a temperatura média para o município foi de 20,9°C e o índice de pluviosidade médio foi de 1.282,2 mm para aquele ano.

O sistema de tratamento, era constituído por dois conjuntos paralelos de tanques séptico seguido de filtro anaeróbio. Foi projetado para atender 300 ligações, sendo que iniciou operação em 1994 com 366 ligações. Na Tabela 01 estão apresentadas as dimensões das unidades projetadas.

Nessas condições, aliada à limitação inerente ao processo, mesmo sendo operado adequadamente, o sistema apresentava uma baixa eficiência na remoção de carga orgânica.

Em 2010, com 556 ligações de esgoto, além da baixa eficiência na remoção de carga orgânica, apresentava fuga excessiva de lodo para o corpo receptor, comprometendo ainda mais a qualidade do efluente.

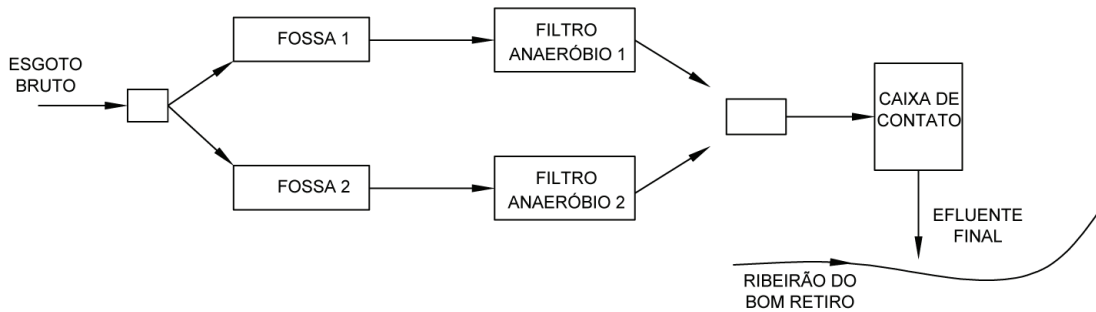
Após estudos técnicos preliminares, levando em conta o volume para aeração e para sedimentação, o tempo de detenção hidráulico recomendado, a necessidade de oxigênio e a carga volumétrica aplicada nos tanques facultativo e de polimento, foi elaborada a concepção de um sistema aeróbio, utilizando todas as estruturas existentes na estação de tratamento de esgoto. A Figura 1 apresenta o croqui do modelo inicial e do modelo aeróbio proposto.

Unidades	Comprimento	Largura (m)	Profundidade Útil (m)	Volume (m ³) por unidade
Tanque séptico I e II	9,90	3,50	3,60	98,58
Filtro anaeróbio 1 e 2	13,85	5,80	2,05	164,67

Fonte: Sabesp, 2010

Tabela 1 – Medidas das unidades antes da adequação da ETE Bom Retiro

SISTEMA IMPLANTADO NO ANO DE 1994



MODIFICAÇÃO REALIZADA NO ANO DE 2010

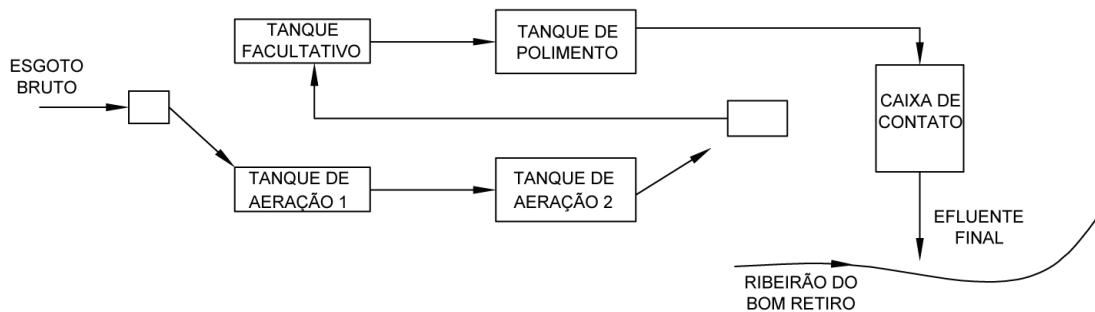


Figura 1 – Croqui do sistema de tratamento de esgoto antes e após a modificação.

3.2 Planejamento do estudo na ETE do Distrito Bom Retiro

Foi avaliado nas três etapas o sistema de aeração nos tanques de aeração (TA I e TA II). A submersão e a inclinação dos aeradores para todas as etapas foram de 0,90 m e 0° com a horizontal, respectivamente. A Tabela 2 mostra o nº de aeradores e a potência aplicada em cada etapa do estudo. As Figuras 2, 3, 4 e 5 mostram as unidades já modificadas e em operação.

5. Resultados e discussão

Baseado nos resultados obtidos de uma série histórica referente ao período de 2002 a 2008 efetuou-se o cálculo da eficiência do Tanque Séptico seguido de Filtro Anaeróbico da ETE Bom Retiro em relação à remoção da DBO. Os resultados são pontuais e estão na Tabela 3. De acordo com os dados encontrados, a eficiência média do sistema era de 61,18% de remoção de DBO, valores esses dentro do esperado de acordo com Hartmann *et al.* (2009)

	T.A I	T.A II	Período
Volume (m ³)	98,58	164,67	
Etapa I			
Aerador 5 CV	2 unidades	2 unidades	Jan. à Jul. 2011
Potência (CV)	10	10	
D.P (W/m ³)	74	45	
Etapa II			
Aerador (3 CV)	3 unidades	-	Ago.2011 à Jan. 2012
Aerador (2 CV)	-	3 unidade	
Potência (CV)	9	6	
D.P (W/m ³)	67	27	
Etapa III			
Aerador (5 CV)	1 unidade	1 unidade	Fev. à Ago. 2012
Potência (CV)	5	5	
D.P (W/m ³)	37	22	

Tabela 2 – Etapas do experimento



Figura 2 – Tanques de aeração I e II



Figura 3 – Tanque Facultativo



Figura 4 – Modificação concluída



Figura 5 – Monitoramento do efluente

Data	DBO Afluente (mg O ₂ L ⁻¹)	DBO Efluente (mg O ₂ L ⁻¹)
04.12.2002	730	247
16.09.2003	708	323
20.09.2005	744	250
08.03.2006	794	345
27.03.2007	742	395
31.07.2007	892	260
27.02.2008	603	220
22.10.2008	683	240

Fonte: Divisão de Controle Sanitário – Sabesp, 2010

Tabela 3 – Valores da DBO afluente e efluente da ETE Bom Retiro, Angatuba, SP

5.1 Valores da DBO afluente da ETE Bom Retiro – Angatuba-SP

Para cálculo da carga orgânica afluente e para o dimensionamento do sistema de aeração, considerou-se como DBO afluente a média aparada obtida na Tabela 04, período de Agosto de 2010 a Fevereiro de 2012 com coletas pontuais na frequência semanal. Nesse cálculo foram desprezados 12% dos maiores e 12% dos menores valores. A média aparada a 24 % da DBO afluente e o desvio padrão foi de 674 ± 137 mg/L⁻¹. (valores desprezados em vermelho)

5.2 - Contribuição da vazão de esgoto estimada no Distrito Bom Retiro.

Preliminarmente em 2010 para elaboração da concepção da proposta de modificação, avaliou-

se a estimativa de contribuição de esgoto, por meio de uma série histórica de dados referentes ao Volume Consumido Micromedido (VCM), o número de ligações, coeficiente de retorno e o número de habitantes por domicílio conforme dados do (IBGE, 2010). Os resultados estão na Tabela 05.

Posteriormente quando foi iniciada a operação do sistema modificado, foram registrados dados de vazões pontuais medidas em dias e horários diferentes, durante os meses de Janeiro a Julho de 2011 conforme Tabela 6.

Para referendar, o parâmetro de dimensionamento adotado (vazão da contribuição de esgoto), verificou-se a mesma série histórica para 2011 conforme Tabela 7 e os resultados apresentados estão compatíveis com a vazão adotada.

Data	DBO	Data	DBO	Data	DBO
06.08.2010	763	11.05.2011	663	28.12.2011	704
10.08.2010	763	24.05.2011	582	03.01.2012	905
17.08.2010	460	31.05.2011	744	10.01.2012	844
24.08.2010	703	20.06.2011	643	11.01.2012	956
01.09.2010	683	28.06.2011	884	12.01.2012	563
15.09.2010	984	26.07.2011	663	16.01.2012	764
29.09.2010	804	09.08.2011	905	26.01.2012	400
19.09.2010	442	20.09.2011	764	02.02.2012	503
28.10.2010	864	25.10.2011	350	06.02.2012	400
14.04.2011	462	20.12.2011	764	07.02.2012	460
28.04.2011	442	21.12.2011	824	08.02.2012	543

Tabela 4 – DBO afluente em mg O₂. L⁻¹ da ETE Bom Retiro – Angatuba SP

Mês	VCM m ³ mês ⁻¹	N ° Ligações de água	N ° Ligações de esgotos	Consumo per capita L.hab ⁻¹ d ⁻¹	Esgoto VCM* 0.8m ³ mês ⁻¹	Q _{esgoto} L.s ⁻¹
Jan/10	6.193	586	542	108,22	4582	1,71
Fev/10	5.781	590	542	111,09	4245	1,75
Mar/10	6.164	591	543	106,81	4530	1,69
Abr/10	6.386	592	544	114,13	4694	1,81
Mai/10	5.721	591	546	99,13	4399	1,64
Jun/10	5.436	594	548	96,84	4115	1,60
Jul/10	6.496	595	552	111,80	5016	1,93
Ago/10	5.015	595	554	86,31	3615	1,39
Set/10	6.242	595	554	111,01	4804	1,79
Out/10	5.958	595	555	102,54	4438	1,66
Nov/10	6.166	596	556	109,48	4594	1,77
Dez/10	6.992	597	556	119,94	5209	1,94
Média						1,72 ± 0,13

Fonte: Sabesp. 2010

*Volume consumido micromedido multiplicado pelo fator 0,8

Tabela 5 – Consumo de água, ligações de esgoto e estimativa de vazão de esgoto

Data 2011	Horário	Vazão afluyente L.s ⁻¹
11.01.2011	16h 00min	1,91
20.01.2011	10h 00min	1,63
25.01.2011	11h 00min	1,72
01.02.2011	11h 00min	1,71
16.02.2011	11h 00min	1,50
22.02.2011	11h 00min	1,83
02.03.2011	11h 45min	2,00
11.03.2011	11h 00min	1,91
14.03.2011	16h 00min	2,00
21.03.2011	11h 00min	1,64
25.03.2011	15h 30min	1,45
01.04.2011	16h 00min	1,70
14.04.2011	10h 00min	1,43
28.04.2011	16h 30min	1,54
11.05.2011	16h 00min	1,72
24.05.2011	11h 00min	1,32
07.06.2011	10h 35min	1,25
20.06.2011	16h 45min	1,60
21.06.2011	17h 00min	1,69
28.06.2011	12h 00min	1,74
07.07.2011	16h 00min	1,27
15.07.2011	16h 00min	1,80
19.07.2011	16h 30min	2,20
22.07.2011	16h 00min	1,70
24.07.2011	10h 00min	1,67
26.07.2011	17h 00min	2,00
Média e desvio padrão		1,70 ± 0,24

Tabela 6 – Vazão de esgoto medida

Mês	VCM m ³ mês ⁻¹	N ° Ligações de água	N ° Ligações de esgotos	Consumo per capita L.hab ⁻¹ d ⁻¹	Esgoto VCM* 0.8m ³ mês ⁻¹	Vazão de esgoto L.s ⁻¹
Jan/11	6.118	597	555	104,94	4.550	1,70
Fev/11	6.281	600	556	118,69	4.656	1,92
Mar/11	6.581	599	555	112,50	4.878	1,82
Abr/11	6.154	602	555	108,19	4.539	1,75
Mai/11	6.114	607	558	103,15	4.496	1,68
Jun/11	6.240	606	558	108,96	4.596	1,77
Jul/11	5.970	607	562	100,72	4.422	1,65
Ago/11	5.848	609	561	98,35	4.310	1,61
Set/11	6.953	613	563	120,02	5.109	1,97
Out/11	6.744	615	564	112,31	4.948	1,85
Nov/11	6.345	619	568	108,46	4.658	1,80
Dez/11	6.359	620	569	105,03	4.669	1,74
Média						1,77 ± 0,11

Fonte: Sabesp. 2011

Tabela 7 – Consumo de água, ligações e estimativa de vazão de esgoto

5.3 Dados do sistema Bom Retiro – Base de cálculo para a modificação

O projeto de modificação do sistema de tratamento foi baseado nos parâmetros a seguir:

Número de ligação de esgoto	558 (06 /2011)
Atendimento de esgoto - 2011	1758 habitantes
Extensão da rede - 2011	5080 m
Nº Habitantes/residência	3,15 (IBGE - Censo demográfico 2010)
Previsão de crescimento	1,42% a.a (IBGE - Censo demográfico 2010)
Atendimento de esgoto -2030	2.256 habitantes - alcance do projeto 20 anos
Contribuição de esgoto medido	1,70 ± 0,24 Ls ⁻¹
Contribuição de esgoto estimada	5.970
Contribuição de esgoto estimada	1,72 ± 0,13 Ls ⁻¹ (2010)
Vazão média adotada	1,75 L s-1 =151,20 m ³ d ⁻¹ (início de plano)
Vazão média estimada	2,80 L s-1 = 242,40 m ³ d ⁻¹ (final de plano)
DBO afluente (média)	674 ± 137 mg/L ⁻¹
Sólidos Totais (média)	1061 ± 285 mg/L ⁻¹
Sólidos em suspensão Total	406 ± 60 mg/L ⁻¹
Carga orgânica afluente calculada	163,38 Kg DBO d ⁻¹ (final plano)
Carga orgânica afluente calculada	101,91 kg DBO d ⁻¹ (início de plano)

5.4 Dimensionamento – Cálculos Básicos

5.4.1 Potência de aeração

Com a modificação do sistema objetivou-se a remoção da carga orgânica de 10% no tratamento preliminar e no tratamento proposto remoção maior ou igual a 85%. A carga orgânica considerada após tratamento preliminar foi de 91,72 Kg DBO d⁻¹. Para remoção da carga no tratamento de 77,96 Kg DBO d⁻¹, a necessidade de oxigênio e a potência aplicada foram calculadas a seguir. Adotou-se como requisitos médios de oxigênio com nitrificação para lodo ativado com aeração prolongada, 1,5 a 1,8 Kg O₂ Kg⁻¹DBO (Fonte: Arceivala (1981), Orhon & Artan (1994), apud Von Sperling, 1997). Adotou-se 1,5 Kg O₂ Kg⁻¹DBO.

Necessidade de oxigênio = 116,94 Kg O₂d⁻¹ = 4,87 Kg O₂h⁻¹

Taxa de transferência de oxigênio do aerador (submerso) para condição padrão: N₀ = 1,2 Kg O₂ kWh⁻¹;

Para as condições de campo têm-se: N = N₀ x λ. A equação 1 é utilizada para cálculo do fator de correção da condição padrão para condição de campo (λ).

$$\lambda = \frac{\alpha (\beta \cdot C_{SW} - C_L) 1,02^{T-20}}{9,17}$$

(METCALF & EDDY, 1991) Equação (1)

onde:

α: relação entre a taxa de transferência de O₂ para esgoto pela taxa de transferência para água limpa (0,85); (Metcalf & Eddy apud Von Sperling, 2002)

C_L: concentração de OD no tanque de aeração (1,5 mg/L⁻¹)

C_{SW}: concentração de saturação de O₂ para altitude e temperatura do local (620 m e 27°C - 7,6 mg/L⁻¹) (VON SPERLING, 2002)

β: relação entre o OD de saturação para esgoto pelo OD de saturação para água limpa (0,95). (Metcalf & Eddy apud Von Sperling, 2002)

Dessa forma a potência de aeração necessária seria de 6,67 kW aproximadamente 10 CV. O estudo foi desenvolvido em três etapas distintas, nas quais foram alteradas as potências dos aeradores nos tanques de aeração.

5.4.2 Instalações dos aeradores na 1ª Etapa do estudo

Na primeira etapa do estudo foram utilizados dois aeradores de 5 CV em cada tanque de aeração, conforme Figura 06. Foi utilizada cobertura com sombrite para proteger o sistema de aeração, para evitar que folhas ou galhos da mata ao redor da estação adentrassem ao sistema e comprometessem o funcionamento dos aeradores. Nesta 1ª Etapa adotou-se um acréscimo de 100% da potência necessária para remoção de 85% da carga de DBO afluente conforme item 3.2.

5.4.3 Instalações dos aeradores na 2ª Etapa do estudo

Na segunda etapa do estudo foram utilizados três aeradores de 3 CV no TA I e três aeradores de 2 CV no TA II, conforme Figura 07. Nesta etapa adotou-se acréscimo de 50% da potência necessária para remover 85% da carga de DBO afluente, conforme item 3.2.

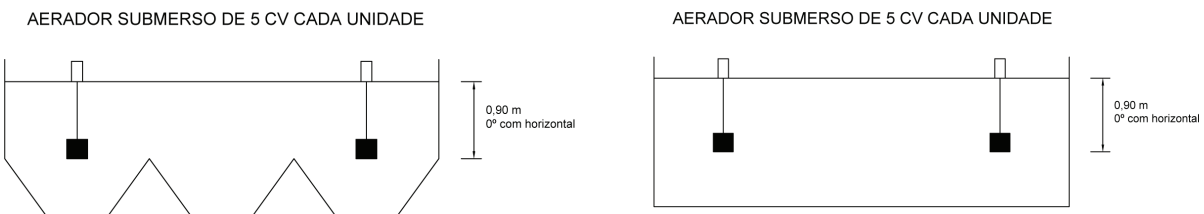


Figura 6 – Detalhe dos tanques de aeração I e II corte longitudinal.

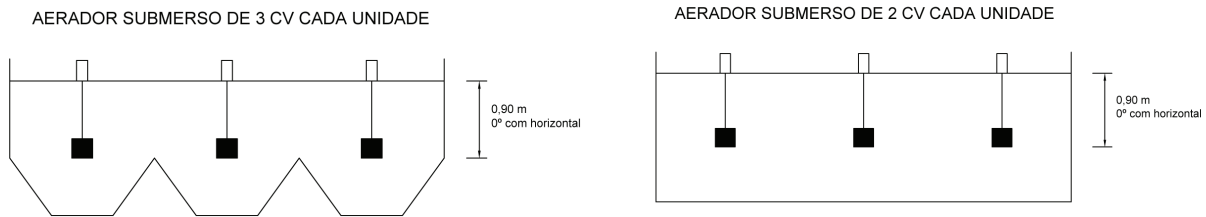


Figura 7 – Detalhe dos tanques de aeração I e II

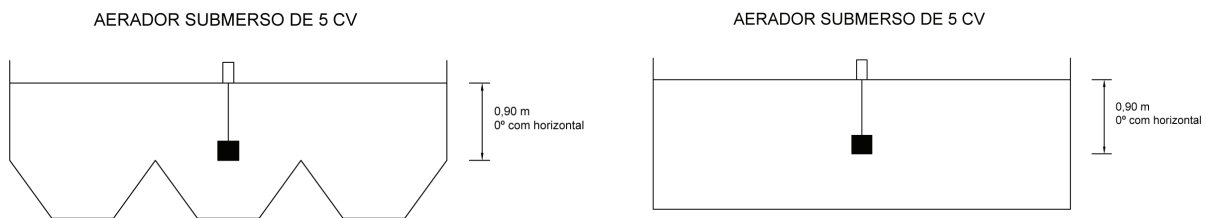


Figura 8 – Detalhe dos tanques de aeração I e II – 3ª Etapa do experimento

5.4.4 Instalações dos aeradores na 3ª Etapa do estudo

Na terceira etapa do estudo, foi utilizado um aerador de 5 CV em cada tanque de aeração, conforme Figura 08. Nesta etapa adotou-se a densidade de potência necessária calculada para remover 85% da carga de DBO afluente determinada, conforme item 3.2.

5.5 Avaliação da DBO em todas as unidades do processo

Na Figura 09 estão os valores da DBO e desvios padrões nas várias unidades do processo: saída do TA-I, saída do (TA-II), saída do Tanque Facultativo (T.F) e saída do Tanque de Polimento (T.P), referente a 1ª Etapa do estudo.

5.5.1 Remoção da DBO no Tanque de Aeração I e II

Na 1ª Etapa do estudo, foi constatado que a carga orgânica remanescente, após passagem pelos tanques de aeração I e II, permitiu bom desempenho dos tanques facultativos e de po-

limento, com relação a redução da DBO total (volátil e fixa), em virtude da carga volumétrica aplicada (Kg DBO. m³.dia) nos tanques apresentar valores adequados.

5.5.2 Taxa de aplicação volumétrica (Lv) nos Tanques Facultativo e de Polimento

Com as características do sistema modificado próximas a um lodo ativado com aeração prolongada (TDH =28h) a Lv recomendada é de 0,16 a 0,40 Kg DBO. m³.dia (CETESB, 1988).

A remoção da DBO nos tanques de aeração foi: TA I = 67,1% e TA II = 34,7%

% Remoção em TAI + TAI = $674 - (674) [(1 - 0,671) (1 - 0,347)] / 674 = 79,2\%$

Remoção de 10% da carga de DBO no tratamento preliminar:

C.O = Início de plano: 101,91 kg DBO dia⁻¹ X 0,90 = 91,72 kg DBO dia⁻¹

C.O (Kg DBO d⁻¹) remanescente para os Tanques Facultativo e de Polimento = 91,72 Kg DBO d⁻¹ X 0,208 = 19,08 Kg DBO d⁻¹

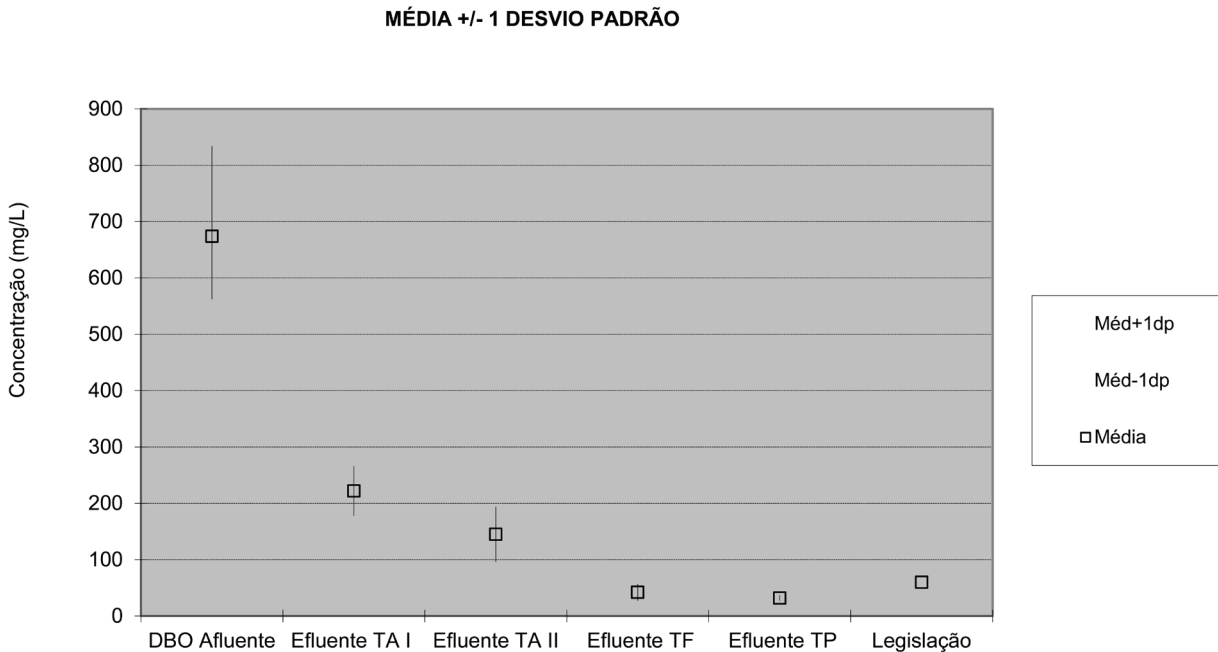


Figura 9 – Valores de DBO nas etapas do processo (TA I, TA II, TF e TP)

Volume de sedimentação = Tanque Facultativo
+ Tanque de polimento = 175,20 m³

$$Lv = \frac{C \cdot O}{V} = \frac{19,70 \text{ kg DBOd}^{-1}}{175,20 \text{ m}^3} = 0,11 \text{ Kg DBOm}^{-3} \text{ d}^{-1}$$

Equação (2)

Os resultados foram satisfatórios na 1ª Etapa do estudo, com relação à remoção de carga orgânica no Tanque Facultativo e Tanque de Polimento, devido à boa remoção de carga orgânica nos tanques de aeração. A taxa volumétrica aplicada nos tanques facultativo e de polimento foi de 0,11 Kg DBO m⁻³ d⁻¹, abaixo dos valores apre-

sentados na literatura, tanto para processo de tratamento aeróbio como para processo anaeróbio (CETESB,1988).

Média da % de remoção para DBO no Tanque Facultativo (TF) = 71%

Média da % de remoção para DBO no Tanque de Polimento (TP) = 24%

% Remoção TF + TPI = 145 - (145) (1 - 0,71) (1 - 0,24)] / 145 = 78%

5. 6 Avaliação do SST em todas as unidades do processo

Na Figura 10 estão os valores de SST nas várias etapas do processo. A remoção média de SST na 1ª Etapa do experimento foi de 89,6%. Onde TA I e TA 2 – Saídas dos tanques de aeração I e II, respectivamente e TF e TP Saída dos tanques facultativo e de polimento.

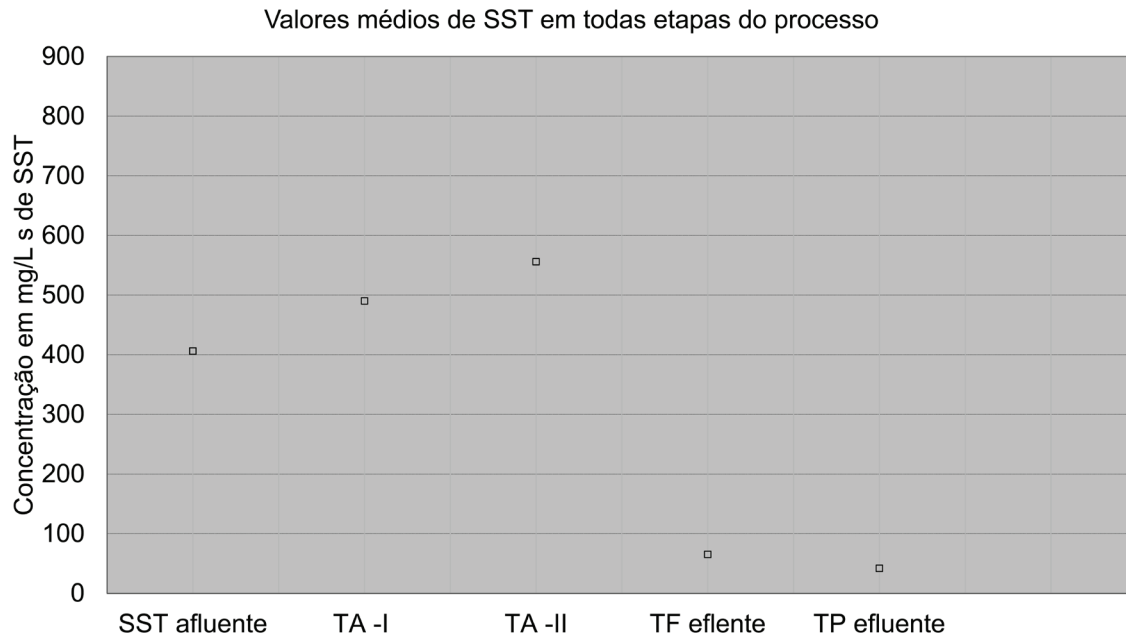
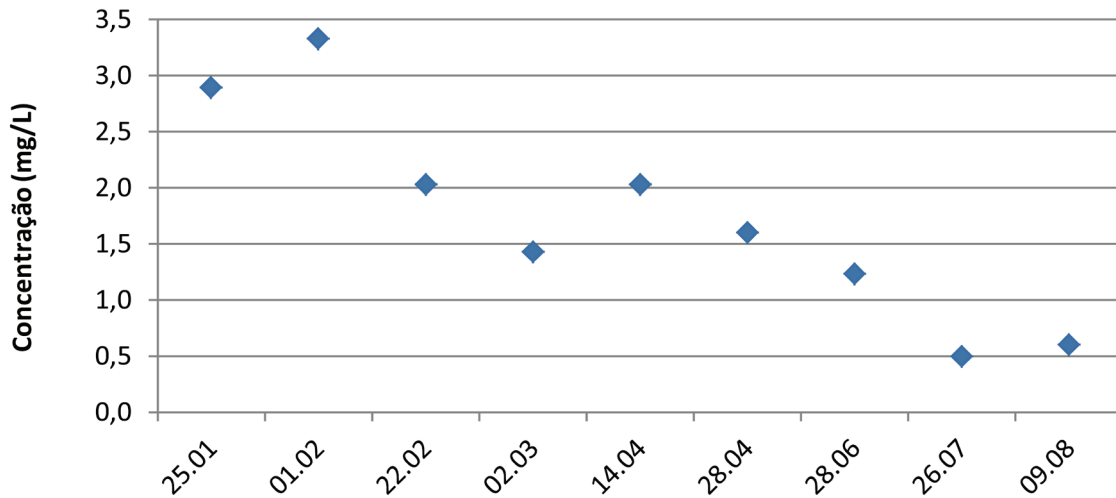


Figura 10 – Valores do Teor de SST nas etapas do processo (TAI, TAIL, TF e TP)

Variação do Teor de OD em função do tempo



Fonte: Divisão de Controle Sanitário – Sabesp, 2011

Figura 11 - Residual de oxigênio dissolvido na saída do tanque de polimento

5.7 Residual de oxigênio dissolvido na saída do tanque de Polimento

O teor de OD na saída do Tanque de Polimento referente a 1ª etapa do estudo está mostrado na Figura 11. Durante essa etapa, a média obtida foi de 1,68 mg/L¹.

5.8 Consumo de energia na 1ª etapa do estudo (Janeiro a Julho de 2011)

O consumo médio mensal de energia elétrica do sistema modificado foi de 10.698 kWh. Os meses avaliados estão no relatório de controle do consumo de energia da Sabesp de 2011.

O Consumo de 73 kWh hab⁻¹ano⁻¹ nesta etapa do estudo, está acima dos valores mencionados na literatura para lagoas aeradas que variam de 16 a 22 kWh hab⁻¹ ano⁻¹. Com valores de 60 a 90 mg/L para SST efluente e valores de 50 a 80 mg/L¹ para DBO efluente (Von Sperling, 2005). O sistema modificado apresentou valor médio de SST efluente de 42 ± 20 mg/L¹ e DBO efluente de 32 ±

5 mg /L¹, ambientalmente mais favoráveis.

5.9 Custo para modificação da ETE Bom Retiro

Os itens contemplados para a modificação da ETE estão no relatório de Gestão de Empreendimentos – Sabesp, 2011. O custo total foi de R\$ 246.000,00 (P₀= Junho/2011). Em torno de R\$ 140,00 por habitante, para um alcance de projeto de 20 anos. Além das opções abaixo apresentarem custo de implantação mais elevado, o sistema modificado mostrou-se mais eficiente quando comparados com valores de literatura, para os resultados do efluente com relação à remoção de DBO e SST. A Tabela 08 mostra custo de outras opções também possíveis para o espaço disponível.

5.10 Segunda e terceira etapa do estudo na ETE Bom Retiro

Todos os ensaios e testes realizados na 1ª etapa do estudo foram repetidos para as 2ª e 3ª etapas e os resultados estão na Tabela 09.

Unidades	Custo R\$ hab ⁻¹	Custo da implantação (R\$)
Lagoa aerada e decantação (aerador submerso)	292,05	513.432,90
Lodo ativado-aeração prolongada- TA. anóxico	542,33	953.416,14

Fonte: Gestão de Empreendimento - Sabesp, 2012

Tabela 8 – Custo de outras opções para adequação da ETE Bom Retiro

	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa
Potência aplicada	20 CV	15 CV	10 CV
D.P (W.m ⁻³)	59 W.m ⁻³	47 W.m ⁻³	29,5 W.m ⁻³
Consumo de energia	73 kW.hab ⁻¹ .ano ⁻¹	56 kW.hab ⁻¹ .ano ⁻¹	37 kW.hab ⁻¹ .ano ⁻¹
DBO _{5,20} efluente	32 ± 5 mgO ₂ .L ⁻¹	22 ± 5 mgO ₂ .L ⁻¹	24 ± 5 mg O ₂ .L ⁻¹
Remoção DBO nos TA	79,2%	86,7%	86,2%
Remoção DBO nos T. Facultativo e polimento	78,0 %	75,5 %	74,1 %
Carga volumétrica nos Tanques TF e TP (Lv)	0,11 Kg.DBO,m ³ .d ⁻¹	0,07 Kg.DBO,m ³ .d ⁻¹	0,07 Kg.DBO,m ³ .d ⁻¹
Remoção da DBO	95,2 %	96,7%	96,4%
O.D saída tratamento	2,0 ± 0,7 mg.L ⁻¹	3,6 ± 1,2 mg.L ⁻¹	1,91 ± 1,1mg.L ⁻¹
Remoção de SST	89,3 %	89,4 %	86,7 %
SST efluente	42 mg.L ⁻¹	39 mg.L ⁻¹	54 mg.L ⁻¹

Fonte: Divisão de Controle Sanitário – Sabesp, 2012

Tabela 9 – Resumo dos resultados obtidos em todas as Etapas do experimento

5.11 Quantificação do lodo gerado nos Tanques Facultativo e de Polimento

A Tabela 10 apresenta teor de sólidos médio do lodo nos tanques.

Data da coleta	Resultados de sólidos totais (%)
28.04.2011	6,66
23.08.2011	5,41
24.08.2011	5,19
09.09.2011	6,92
23.09.2011	8,10
07.11.2011	4,40

Fonte: Divisão de Controle Sanitário – Sabesp, 2011

Tabela 10 – Teor de sólidos totais médio no lodo durante a remoção

5.11.1 Remoção do lodo gerado nos tanques facultativo e de polimento

O lodo foi removido por meio de bombas submersíveis, condicionado com polímero orgânico sintético catiônico, em emulsão. Os contentores geotêxteis foram instalados em suportes metálicos com o fundo apoiado em



Figura 12 – Remoção do lodo dos tanques

uma camada de brita 1 com 0,20 m de espessura em nível e fundo com declividade de 1% para coleta e retorno do drenado ao tanque de polimento. As Figuras 12 e 13 mostram o procedimento para remoção e acondicionamento do lodo.

Devido a pequena quantidade de lodo gerado anualmente, optou-se por eliminar o tratamento da fase sólida “in loco” e tratá-lo conjuntamente em ETE maior com sistema de desaguamento de lodo já implantado. Devido a proximidade o transporte pode ser feito por meio de caminhão limpa fossa. A alternativa se mostrou viável operacional e financeiramente. Neste caso o custo da modificação deverá ficar em torno de R\$106,00 por habitante.

7. Conclusões

A modificação do sistema de tratamento de esgoto se mostrou viável para este caso, uma vez que todas as etapas do estudo apresentaram boa eficiência com relação à remoção de DBO e SST, além da eliminação da produção de gases mal cheirosos.

Os resultados obtidos nas diferentes etapas do estudo, para os parâmetros analisados mostraram que o sistema apresentou boa estabilidade para as condições operacionais adotadas.

A densidade de potência para a terceira etapa ficou em torno de 30 W.m^{-3} e o consumo de energia em $37 \text{ kW.hab}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, com possi-



Figura 13 – Bags em desaguamento

bilidade de redução desses parâmetros após avaliação por meio de testes de opções mais eficientes de aeração.

Houve atendimento aos aspectos legais, principalmente junto ao órgão ambiental e outras instâncias para obtenção de licença de operação.

Sugere-se a modificação como alternativa para sistemas semelhantes, ou seja, tanque séptico seguido de filtro anaeróbio, desde que sejam avaliados o tempo hidráulico no processo de aeração e a taxa de aplicação volumétrica no processo de sedimentação.

8. Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS/NBR 12.209/2011:Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio Janeiro, 1997.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): **Pesquisa Nacional de Saneamento, 2008.**

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): **Censo Demográfico, 2010**,<http://www.ibge.gov.br/> acesso 12.12.2011

Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas (CEPAGRI), acesso site <http://www.cpa.unicamp.br/> em 10.01. 2012 as 17 h 00 min

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP, **Relatório Gerencial da Unidade de Negócio do Alto Paranapanema, 2010.**

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL _ CETESB. Treinamento: Recuperação da qualidade das águas. Capítulo 7. São Paulo, 1988.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse.** 3ed. 1991

JORDÃO, E. P. & PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 5 ed. Rio de Janeiro, 2009. 940 p.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização.** Belo Horizonte: DESA/UFMG, Vol. 3, 2ª ed. ampliada, 2002.

VON SPERLING, M. **Lodos ativados.** Belo Horizonte: DESA/UFMG, Volume 4, 2ª ed. Am-

pliada, 1997.

CLEVERSON, V, A; VON SPERLING, M; FERNANDO, F. **Lodo de esgotos: Tratamento e disposição final.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental-UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná. 484p.

Wilks, D.S., Statistical methods in the atmospheric sciences an introduction. Academic Press, 467 p, 1995.

SOBRE OS AUTORES

Josué Tadeu Leite França*

Engenheiro Químico pela Fundação Armando Alvares Penteado (FAAP), M.Sc. e Doutor em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP e Engenheiro na Unidade do Alto Paranapanema, SABESP.

Ronaldo Stefanutti

Engenheiro Agrônomo, Professor Titular da Universidade Federal do Ceará.

Bruno Coraucci Filho

Engenheiro Civil, Professor Titular da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP

Luccas Erickson Marinho

Bacharel em biotecnologia, Mestre em Engenharia Civil.

Gentil Tereziano Rodrigues

Técnico em Sistema de Saneamento na Unidade de Negócio do Alto Paranapanema, SABESP

Endereço para correspondência (*):

Rua Marino Alves Palomo, 65 Jardim Dayse - CEP: 18.210-290 - Itapetininga SP/Brasil- (15) 3272 - 6792 (15) 981220862 E-mail: jleitefra@ig.com.br