

II-111 – COMPORTAMENTO DA PALMA FORRAGEIRA GIGANTE (*OPUNTIA FICUS-INDICA* L.MILL) NO PÓS-TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO EM RAMPAS DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Pedro Alves da Silva Filho⁽¹⁾

Engenheiro Civil e Sanitarista -UFRR (2000). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2007). Doutorado em engenharia civil e saneamento ambiental – UFC. Professor assistente do curso de engenharia civil da UFRR.

Ronaldo Stefanutti

Engenheiro agrônomo. Doutorado em ciência pela Universidade de São Paulo – USP. Professor do curso de pós-graduação da Universidade Federal do Ceará-UFC.

Ofélia de Lira Carneiro Silva

Engenheira civil – UFPB. Doutorado em engenharia civil e ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Professora adjunta do curso de engenharia da UFRR.

Karine Jussara Sá da Costa

Engenheira civil. Mestre em engenharia civil. Professora assistente do curso de engenharia da UFRR.

Fátima Bezerra Barbosa de Medeiros: Bióloga. Mestre em engenharia sanitária. Bióloga da CAERN – Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte.

Endereço⁽¹⁾: Rua Desembargador José Gomes da Costa, 1887 – Cond. Sol e Mar, apto 102 Bl. B – Capim Macio – Natal/RN - CEP: 59082-140 - Brasil - Tel: +55 (84) 99149457/99549646 - e-mail: pedroasfilho@yahoo.com.br.

RESUMO

O presente trabalho enfocará a eficiência de fossas sépticas seguidas de filtros anaeróbios ascendentes, tratando efluentes predominantemente domésticos no nordeste brasileiro. Tendo como pós-tratamento, a técnica de escoamento superficial, usando a palma forrageira gigante (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill), como vegetação suporte. A pesquisa, foi realizada em escala piloto (técnica de pós-tratamento), próximo a zona urbana do município de Santa Maria/RN. Como também avaliará o comportamento das principais características pertinentes a essa modalidade de tratamento tais como concentrações afluentes e efluentes de DBO e DQO, coliformes termotolerantes, pH, nutrientes (N e P), Temperatura.

PALAVRAS-CHAVE: Fossa séptica, Filtro anaeróbio ascendente, escoamento superficial, palma forrageira.

INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

O tanque séptico é um dispositivo de tratamento primário de esgoto que surgiu no século XIX na França, quando Jean Louis Mours observou que o volume de sólidos acumulado por mais de uma década em um tanque de alvenaria era muito menor do que ele havia imaginado. Baseando-se nas descobertas de Pasteur, ele acreditava que a redução no volume da matéria sedimentável era decorrente da atividade bacteriana que produzia liquefação e gaseificação dos sólidos orgânicos, em ambiente anaeróbio, num processo denominado de fermentação (ANDRADE NETO, 1997).

O filtro anaeróbio ascendente é basicamente uma unidade de contato, na qual os esgotos passam através de uma massa de sólidos biológicos contidos dentro do reator. A biomassa retida no reator pode se apresentar em três formas distintas (CHERNICHARO, 1997):

- Na forma de uma fina camada de biofilme aderido as superfícies do material suporte;
- Na forma de biomassa dispersa retida nos interstícios do material suporte; e,
- Na forma de flocos ou grânulos retidos no fundo falso, abaixo do material suporte.

O tratamento de esgoto pelo método de escoamento superficial, o esgoto é aplicado na parte mais alta do terreno em faixas com declividade de 2% a 8%, e coletado na parte inferior das faixas, de onde é captado por lançamento em corpos receptores d'água. Os terrenos utilizados devem possuir baixa permeabilidade, para evitar risco de contaminação do lençol freático. A depuração do esgoto depende da absorção de minerais pelas plantas e da decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos, nos filmes biológicos a serem desenvolvidos na interface do colo da planta com a superfície do solo.

A ousadia e o ineditismo são os dois fatores que corroboraram para o desenvolvimento da pesquisa, usando a palma forrageira no sistema de tratamento de esgoto por esgotamento superficial. Nenhuma literatura traz dados, desta técnica usando a palma forrageira cultivadas em rampas, tendo como reserva hídrica, esgoto doméstico.

A palma é cultivada principalmente visando a subsistência da pecuária nas regiões semiárida de todo o Nordeste do Brasil, onde existe a maior área cultivada do mundo, estimada em 500 mil hectares, distribuídos nos Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte, (LOPES *et al.*, 2007). A FAO reconhece o potencial da palma e sua importância para contribuir com o desenvolvimento das regiões semiáridas, especialmente nos países em desenvolvimento, através da exploração econômica das várias espécies, com consequências muito positivas para o meio ambiente e para segurança alimentar (CHACCHIO *et al.*, 2006).

O objetivo da pesquisa está alicerçada em identificar a eficiência da técnica de pós-tratamento por meio do escoamento superficial. A vegetação utilizada será a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*), tendo como justificativa o ineditismo do cultivo dessa vegetação usando esgotos pré-tratado oriundos de fossas sépticas e filtros anaeróbios, como também a eficiência do sistema de tratamento de esgoto para os parâmetros de DBO, DQO, Coliformes Termotolerantes e nutrientes (N e P) .

METODOLOGIA

A área de estudo compreende o município de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). O município de Santa Maria situa-se na microrregião do Agreste Potiguar, abrangendo uma área Territorial de 219,567 km², distante da capital cerca de 57 km, sendo seu acesso, a partir de Natal, efetuado através da rodovia pavimentada BR 304.

A ETE é gerenciada pela CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte), órgão responsável pela gestão de água e esgoto do estado do Rio Grande do Norte, sendo a ETE composta de fossas sépticas, seguido de filtros anaeróbios de fluxo ascendentes e como pós-tratamento o uso de rampas de escoamento superficial, com declividades e comprimentos diferentes. As características físicas do sistema em estudo estão apresentadas na Tabela 01.

TABELA 1: Características físicas da ETE Santa Maria – Santa Maria/RN.

Dados/Tipos	Fossa Séptica	Filtro Anaeróbio	Escoamento Superficial		
			Rampa 01	Rampa 02	Rampa 03
Área(m ²)	87,02	116,00			
Volume (m ³)	121,82	162,40			
Comprimento (m)	11,45	11,60	30,00	30,00	40,00
Largura (m)	3,80	5,00	4,00	4,00	4,00
Profundidade (m)	2,80	2,80	0,80	0,80	0,80
Quant(unid.)	2,00	2,00	1,0	1,0	1,0
Declividade (%)			2,0	4,0	8,0

O sistema de tratamento de esgoto atende uma população de aproximadamente 1500 habitantes, o que corresponde 49% da população urbana do município o que corresponde 49% da população urbana, com uma contribuição afluente média de 6,05L/s ou 522,72 m³ / dia ou 21,78m³/h, considerando uma carga orgânica per capita de 54 g/hab.d. A ETE é gerenciada pela CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte), órgão responsável pela gestão de água e esgoto do estado do Rio Grande do Norte, sendo a ETE

composta de fossas sépticas, seguido de filtros anaeróbios de fluxo ascendentes e como pós-tratamento o uso de rampas de escoamento superficial, com declividades e comprimentos diferentes. As características médias do esgoto afluente ao sistema de tratamento estão apresentadas na Tabela 02. Os valores apresentados são referentes a ensaios realizados 03 (três) vezes por semana (segunda-feira, quarta-feira e sexta-feira), representando 12 (doze) amostras, durante todo o mês de abril de 2012, sempre pela manhã entre 08:00 – 12:00 horas.

Os dados das características físicas da ETE Santa Maria detalhados na Tabela 01, mostra que para o pós-tratamento, as rampas foram construídas com declividades de 2%, 4% e 8% e distâncias entre elas de 1,0m. As fossas sépticas em alvenaria e concreto armado e os filtros anaeróbios de fluxos ascendentes tiveram como material de enchimentos o uso de brita 4, intercalados entre duas camadas de 25cm, com uma camada de quenga de coco (70cm).

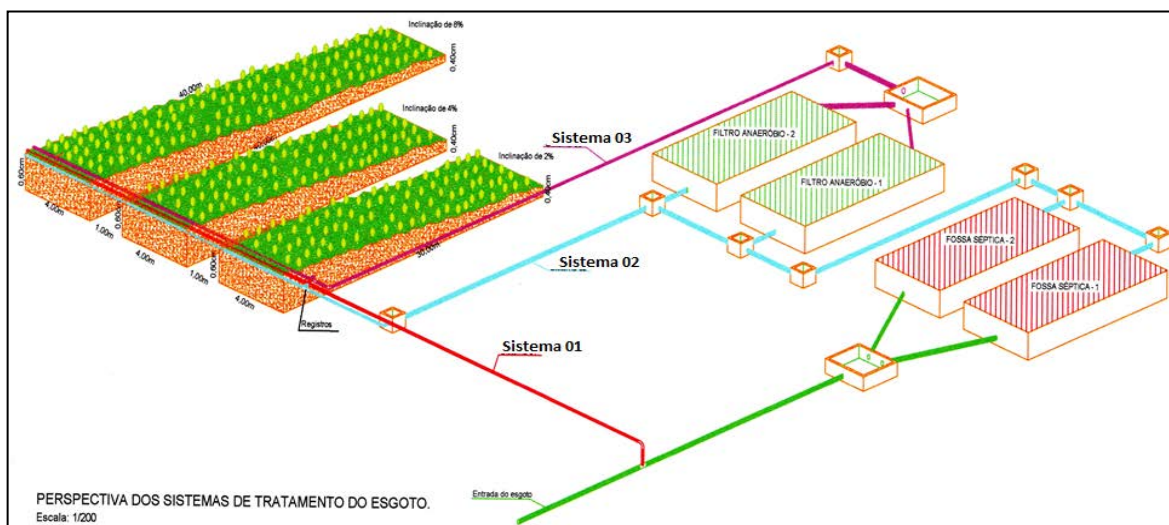


Figura 1: Croqui esquemático da ETE estudada – ETE Santa Maria – Santa Maria/RN.

A pesquisa teve início em maio/2012 e término em novembro/2012, ou seja 07 (sete) meses de aplicação e acompanhamento da vegetação nas rampas de escoamentos superficial. Nesta etapa, foi retirada amostra do solo para acondicionamento nas respectivas rampas de escoamento superficial, tendo este classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO, distrófico típico, a fraco, textura média, fase caatinga hipoxerófila, relevo moderadamente plano a ondulado suave (EMBRAPA, 1999; EMBRAPA/SUDENE, 1979).

TABELA 2: Características médias do esgoto afluente a ETE Santa Maria- Santa Maria/RN, para o período da pesquisa.

Coletas	PARÂMETROS							
	pH	T (°C)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	CT (NMP/100ml)	F (Total) (mg/L)	N (Total) (mg/L)
01	6,90	29,00	435,00	937,00	407,00	8,500E+07	7,56	23,85
02	6,57	29,00	378,00	793,80	625,00	7,700E+07	7,50	28,10
03	7,01	28,00	340,00	1008,00	498,00	5,100E+07	7,30	20,15
04	6,98	28,00	410,00	914,30	413,00	8,100E+07	7,76	24,90
05	6,95	28,00	405,00	951,75	504,00	6,100E+06	7,15	23,11
06	6,90	28,00	440,00	1016,4	501,70	4,200E+06	7,30	21,19
07	6,25	28,00	380,00	817,00	475,00	1,200E+06	9,10	25,18
08	7,01	28,00	390,00	842,40	486,00	9,400E+07	7,18	23,14
09	6,9	28,00	395,00	857,15	495,75	8,300E+07	9,50	26,18
10	6,99	28,00	375,00	821,25	493,23	1,300E+07	7,35	21,98
11	6,93	28,90	355,00	710,00	423,15	7,900E+06	9,20	27,45
12	6,98	29,00	380,00	794,20	426,18	9,100E+06	7,60	23,02
Média	6,90	28,00	390,25	871,94	479,00	4,271E+07	7,13	24,02

Durante a condução do experimento, foram realizadas duas capinas, tanto a primeira, quanto a segunda com o uso de cutelo e capina manual na entrelinha de plantio, para manter a cultura sempre livre de plantas invasoras, bem como de pragas e doenças. Este período de limpeza, deu-se aos 60 e 120 dias após o plantio

A frequência de aplicação do esgoto bruto foi de cinco dias por semana, com um período de aplicação de 08 horas/dia (das 8:00h às 16:00h, horário de expediente de trabalho na estação). As 03 (três) rampas receberam taxas de aplicação única de 0,20 m³/h.m. O foco da pesquisa aqui foi o sistema 03, conforme detalha a Figura 01.

O esgoto bruto foi recalcado da elevatória por meio de uma bomba submersa, até a ETE. Da ETE passou para os tratamentos por meio de fossas sépticas e filtro anaeróbios e depois para o pós-tratamento por escoamento superficial, por meio de tubos de PVC com diâmetro nominal de 100 mm, e distribuído nas faixas de tratamento por intermédio de válvulas de gaveta de 100 mm, instaladas na entrada de cada plano, sendo em cada faixa instaladas válvulas de esfera de 50 mm de diâmetro, nas quais se regulava a taxa de aplicação para a etapa estudada na pesquisa. No sistema de distribuição, constituído de tubos perfurados de PVC, com orifícios de diâmetro de 2,54 cm, distantes 15 cm um do outro, localizados na cabeceira das rampas.

Os pontos de coleta foram feitos, na saída da ETE fossa séptica+filtro anaeróbio e nos orifícios de saída da tubulação de alimentação localizada no início das rampas, e ao longo do comprimento da rampa aos 10m, 20m e nas calhas coletoras de efluentes escoados pelas rampas (30m para as rampas 1 e 2,0) e (40m, para a rampa 3,0). As coletas foram retiradas com seringas plásticas de 200 mL, acondicionadas em caixa plástica em frasco de volume de 300mL, sob temperatura de aproximadamente de 4°C, e depois encaminhados ao Laboratório de Monitoramento da Qualidade de Águas e Efluentes – CAERN, em Natal/RN, para análises físico-químico e bacteriológico das amostras.

As amostras coletadas objetivaram avaliar a eficiência do tratamento usando a palma forrageira como meio filtrante no sistema de pós-tratamento e a características do efluente final nos sistemas de lançamento de efluentes nas rampas quanto aos parâmetros, descritos na Tabela 03.

TABELA 3: Parâmetros físico - químico e bacteriológico, métodos usados e referências.

Parâmetros	Unid.	Método	Ref.
pH	-	Potenciométrico/Eletrométrico	APHA et. al. (1998)
Temperatura	(°C)	Termômetro de filamento de mercúrio	APHA et. al. (1998)
C.Termotolerantes	(UFC/100mL)	Membrana de filtração	APHA et. al. (1998)
DBO	(mg/L)	Frascos padrões	APHA et. al. (1998)
DQO	(mg/L)	Refluxação fechada	APHA et. al. (1998)
Nitrogênio Total	(mg/L)	-	APHA et. al. (1998)
Fósforo Total	(mg/L)	-	APHA et. al. (1998)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos Quadros 01, 02 e 03 estão apresentados os resultados dos valores médios dos parâmetros físicos e químicos, bem como os indicadores de eficiência da unidade de tratamento de esgoto, durante o período de monitoramento que compreendeu Maio/2012 a Novembro de 2012, tendo como pós-tratamento o uso da técnica de escoamento superficial.

QUADRO 1: Valores médios dos parâmetros físico-químico e bacteriológico do efluente do tanque séptico + filtro anaeróbio + escoamento superficial, para i=2%.

Parâmetros avaliados	Unid	Efluente Tanque séptico + Filtro anaeróbio	Pontos de coleta de esgoto ao longo da rampa			
			Taxa aplicação = 0,20m³/h.m – i=2%			
			0m	10m	20m	30m
Temperatura	°C	28,50	29,00	29,00	29,00	29,00
Varição			28,50 - 29,00			
pH		7,35	7,35	7,38	7,45	7,50
Varição			7,35 - 7,50			
DBO	mg/L	197,50	197,50	130,00	110,00	98,00
Eficiência (%)			50,37			
DQO	mg/L	330,00	330,00	320,00	280,00	178,00
Eficiência (%)			46,06			
Nitrogênio Total	mg/L	23,90	23,90	22,10	20,05	18,10
Eficiência (%)			24,26			
Fosforo Total	mg/L	7,00	7,00	6,30	5,80	5,39
Eficiência (%)			23,00			
Coliformes	NMP/100mL	3,87E+07	3,87E+07	2,52E+05	5,09E+03	9,98E+02
Eficiência (%)			99,997			

QUADRO 2: Valores médios dos parâmetros físico-químico e bacteriológico do efluente do tanque séptico + filtro anaeróbio + escoamento superficial, para $i = 4\%$.

Parâmetros avaliados	Unid	Efluente Tanque séptico + Filtro anaeróbio	Pontos de coleta de esgoto ao longo da rampa			
			Taxa aplicação = $0,20\text{m}^3/\text{h.m} - i=4\%$			
			0m	10m	20m	30m/40m
Temperatura	°C	28,50	29,00	29,00	29,00	29,00
Varição			28,50 - 29,00			
pH		7,35	7,35	7,39	7,41	7,52
Varição			7,35 - 7,52			
DBO	mg/L	197,50	197,50	129,98	109,00	95,00
Eficiência (%)			51,89			
DQO	mg/L	330,00	330,00	317,00	278,00	175,00
Eficiência (%)			46,96			
Nitrogênio Total	mg/L	23,90	23,90	22,05	19,48	17,32
Eficiência (%)			27,53			
Fosforo Total	mg/L	7,00	7,00	6,28	5,75	5,35
Eficiência (%)			10,47			
Coliformes	NMP/100mL	3,87E+07	3,87E+07	3,51E+05	4,01E+03	8,98E+02
Eficiência (%)			99,997			

QUADRO 3: Valores médios dos parâmetros físico-químico e bacteriológico do efluente do tanque séptico + filtro anaeróbio + escoamento superficial, para $i=8\%$.

Parâmetros avaliados	Unid	Efluente Tanque séptico + Filtro anaeróbio	Pontos de coleta de esgoto ao longo da rampa			
			Taxa aplicação = $0,20\text{m}^3/\text{h.m} - i=8\%$			
			0m	10m	20m	40m
Temperatura	°C	28,50	29,00	29,00	29,00	29,00
Varição			28,50 - 29,00			
pH		7,35	7,35	7,40	7,48	7,57
Varição			7,35 - 7,57			
DBO	mg/L	197,50	197,50	125,00	105,00	90,00
Eficiência (%)			54,43			
DQO	mg/L	330,00	330,00	315,00	275,00	170,00
Eficiência (%)			48,48			
Nitrogênio Total	mg/L	23,90	23,90	22,10	17,45	16,20
Eficiência (%)			32,21			
Fosforo Total	mg/L	7,00	7,00	6,28	5,70	5,30
Eficiência (%)			24,28			
Coliformes	NMP/100mL	3,87E+07	3,87E+07	2,91E+05	5,81E+03	7,98E+02
Eficiência (%)			99,997			

Para os parâmetros analisados, temos as seguintes discussões acerca dos resultados encontrados:

a) DBO e DQO: Os resultados do monitoramento de rotina durante a pesquisa revelaram valores médios de DBO e DQO, para o efluente final das fossas sépticas + filtros anaeróbios + escoamento superficial, em torno de 98,00/178,00; 95,00/175,00 e 90,00/170,00, respectivamente. Os esgotos efluentes a ETE apresentaram eficiências médias total de 74,00%/79,58%; 75,65%/79,92% e 76,93%/80,50% para DBO/DQO respectivamente, isto, para o sistema total e para as rampas com declividades de 2%, 4% e 8%, eficiências médias de 50,37%/46,06%; 51,89%/46,96% e 54,43%/48,48%. Estes valores encontram-se dentro da faixa encontrada em literatura para esgotos domésticos, (VON SPERLING, 1996a). Embora, a eficiência é maior quando considera o sistema completo, conforme detalha as Figuras 2-3, nas rampas a eficiência foi menor, isto pode decorrer da carga remanescentes de DBO/DQO de alguma contribuição de esgoto com características industriais, e/ou devido ao tempo curto de análise da pesquisa, uma vez que foi de 7 meses. Analisando as três rampas, a que apresentou melhor desempenho foi a 3, com inclinação de 8%, fatores como velocidade e comprimento de rampa pode ter sido os responsáveis pela elevação da eficiência, quando comparada as demais, embora essa diferença foi bem pequena, quando comprada com a de 2% e 4%. A Figura 2, detalha esse comportamento.

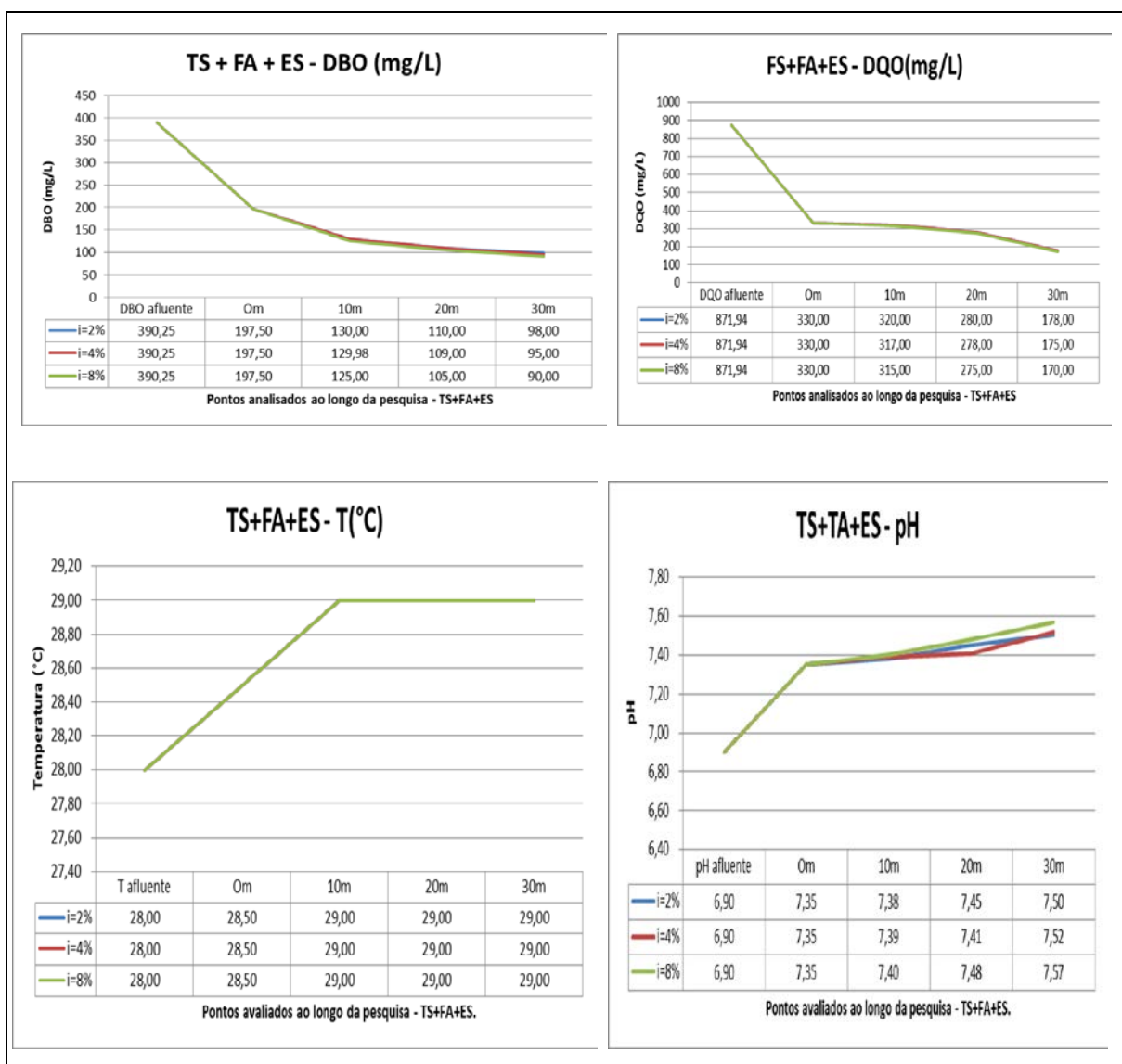


Figura 2: Comportamento da temperatura T ao longo da pesquisa e nas unidades da ETE.

b) Temperatura e pH: A temperatura média das lagoas sofreu pequenas variações no sistema apresentando uma amplitude de 28,0 a 29,00°C, com o maior valor médio para o esgoto pré-tratado. O valor médio, em torno de 29°C, está em conformidade com a temperatura da região litorânea do Brasil.

Com relação ao pH foi verificada uma pequena faixa de variação entre 6,9º no efluente do esgoto bruto até 7,57 no efluente final na rampa de maior comprimento e inclinação de 8%. Geralmente, o pH de um sistema de tratamento de esgoto deve ter um aumento ao longo da série, em virtude da influência do processo fotossintético das algas que, ao consumirem o dióxido de carbono (CO₂) dissolvido na massa líquida, dissocia o íon bicarbonato (HCO₃⁻), libera a hidroxila (OH⁻) e aumenta o pH no meio e/ou, pela própria combinação das reações químicas no processo de tratamento. O sistema de tratamento mostrou-se normal tanto para a temperatura, como para o pH, conforme detalha a Figura 2.

c) Nitrogênio e Fósforo total: o comportamento desses nutrientes na ETE é de fundamental importância, quando o objetivo é evitar a eutrofização se o efluente for lançado em corpo hídrico, que não é o caso desta pesquisa. Os nutrientes aqui N e P foram importantes para avaliar o comportamento da palma forrageira na remoção. Nos sete meses avaliados, verificou-se uma forte assimilação dos nutrientes no crescimento vegetal. Essa assimilação pela palma forrageira é importante, pois mostra a eficiência do vegetal na remoção dos nutrientes, embora, o tempo de pesquisa foi pequeno para avaliar essa carga de remoção, mas a Figura 3 detalha o comportamento destes nutrientes ao longo da pesquisa. Foi verificado que as rampas apresentaram remoção de 24,26%/23,00%; 27,53%/23,57% e 32,21%/24,28% para Nitrogênio e Fósforo total nas rampas de 2%, 4% e 8% respectivamente. E dentre as três rampas, a 3 com maior comprimento e declividade maior apresentou o melhor resultado, alguns fatores podem ter contribuído para tal eficiência, como a velocidade, o comprimento da rampa, maior espaço de insolação e o próprio pH do meio

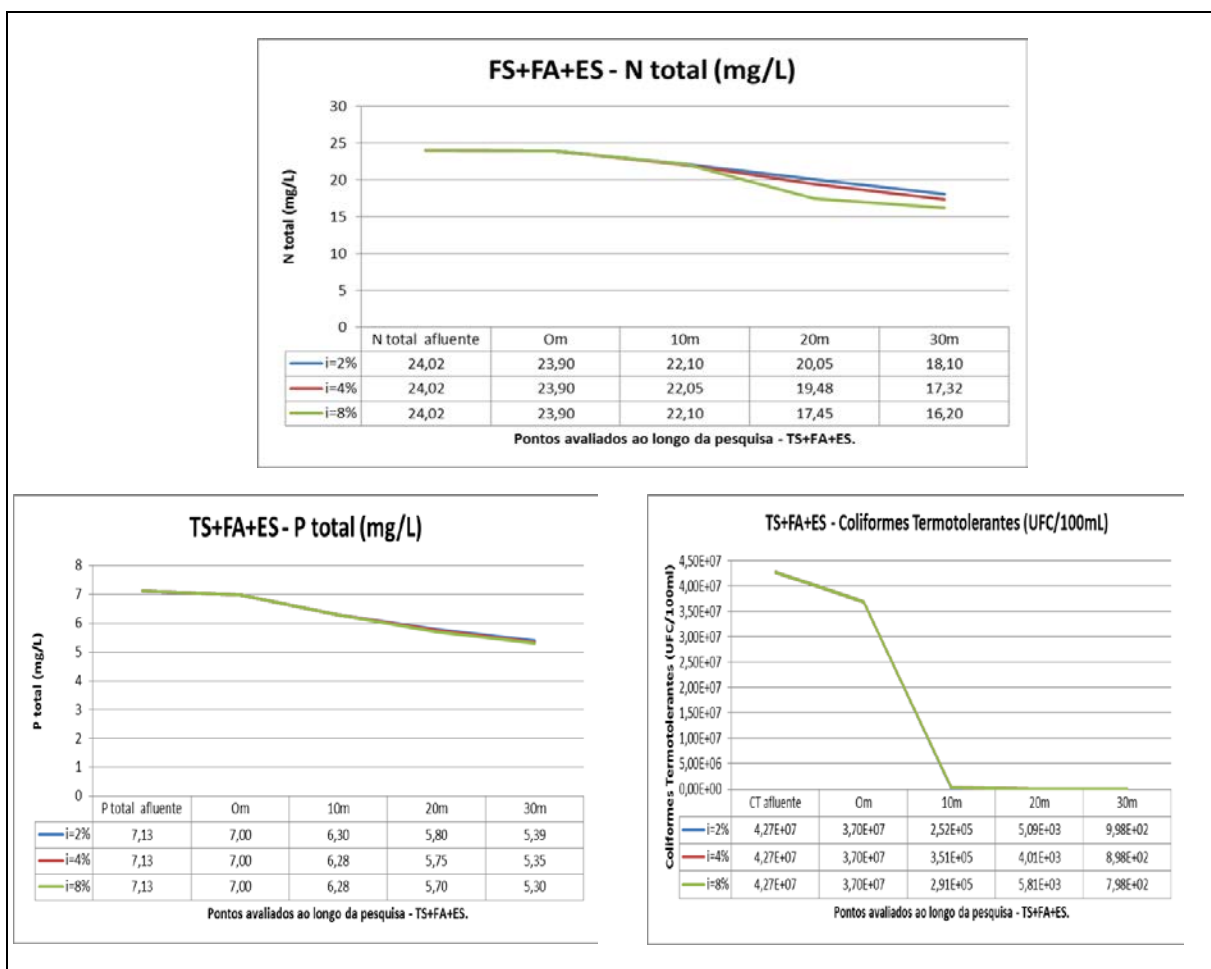


Figura 3: Comportamento do Nitrogênio e Fósforo total e CT ao longo da pesquisa e nas unidades da ETE.

d) Coliformes Termotolerantes: A Figura 3 apresenta as variações das concentrações médias de coliformes termotolerantes obtidas nos esgotos brutos afluentes e nos efluentes finais do sistema de tratamento monitorado. Ao longo dos reatores a concentração foi decaindo de $4,27\text{E}+07$ UFC/100ml na entrada ao sistema, para $9,98\text{E}+02$ UFC/100ml; $8,98\text{E}+02$ UFC/100ml e $7,98\text{E}+02$ UFC/100ml para as rampas 1, 2 e 3 respectivamente. Todas apresentaram a mesma eficiência total de 99,997%. Este resultado está em acordo com o previsto em literatura para essa modalidade de tratamento. A elevada eficiência decorre do fato do efluente ser lançado sobre o solo, e os patógenos sofrerem inativação decorrente da radiação solar, e assim apresentar uma elevado decaimento, conforme mostra a Figura 3.

CONCLUSÃO

Comparando-se os resultados do efluente do conjunto tanque séptico + filtro anaeróbio + escoamento superficial com o padrão de lançamento da Resolução CONAMA n.º 357/2005, percebe-se que o sistema atende às exigências da legislação, bem como o padrão estabelecido pela OMS para a prática de reuso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE NETO, C.O. **Sistema Simples para tratamento de esgotos sanitários:** experiência brasileira. Rio de Janeiro: ABES, 1997
2. APHA, AWWA and, WEF. **Metodos normalizados para el analisis de agues potables y residuales.** 17 ed. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation: Madrid, ESP, 1998.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229:** Projeto, Construção e Operação de Tanques sépticos – NBR 7229, Rio de Janeiro, 1993.
4. CHERNICHARO, C.A.L. Reatores anaeróbios. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 1997, 246p.
5. CHIACCHIO, F.P.B. *et al.* Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o semiárido baiano. *Bahia Agrícola* 7:39-49, 2006.
6. EMBRAPA – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS. 216 p. 1999
7. LOPES, E. B. Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino. EMEPA/FAEPA, João Pessoa, 2007.
8. VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental;