

Acompanhamento operacional e avaliação de uma estação compacta de tratamento de esgoto sanitário: reator UASB seguido de filtro aerado submerso

Operational monitoring and evaluation of a compact sanitary wastewater treatment plant: UASB reactor followed by submerged aerated filter

Jaqueline Cardoso Ribeiro¹, Gustavo Henrique Ribeiro da Silva²

RESUMO

Estações Compactas de Tratamento de Efluentes (ECTEs) são uma ótima alternativa para a implantação de sistemas descentralizados de esgoto doméstico que possam atender pequenas comunidades. No entanto, tais sistemas ainda são pouco utilizados e há pouca experiência em relação à sua operação. Diante de tal demanda, esta pesquisa visou avaliar a eficiência e realizar o acompanhamento operacional de uma ECTE composta por reator *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), seguido de filtro aerado submerso (FAS), que está localizada no município de Uru, em São Paulo, Brasil. Durante a pesquisa, o sistema mostrou-se uma alternativa viável de tratamento para pequenas comunidades, pois apresentou boa eficiência, com valores médios de remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) e demanda química de oxigênio (DQO) de 91 e 85%, respectivamente. O monitoramento realizado durante a pesquisa também contribuiu para melhorias gerais no sistema.

Palavras-chave: Estação Compacta de Tratamento de Efluente; reator UASB; Filtro Aerado Submerso; avaliação da eficiência; acompanhamento operacional.

ABSTRACT

Compact Wastewater Treatment Plants (CWTPs) are a great alternative to implementing decentralized sewage systems that can serve small communities. However, such systems are still poorly used and there is little experience regarding their operation. Based on such demand, this research aimed to evaluate the efficiency and to conduct an operational monitoring of a CWTP composed by an *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) reactor, followed by *Submerged Aerated Filter* (SAF), in the city of Uru, São Paulo, Brazil. During the research, the system proved to be a viable alternative for small communities, because it showed good efficiency, with average removal values of biochemical oxygen demand (BOD₅) and chemical oxygen demand (COD) of 91 and 85%, respectively. The monitoring carried out during the research also contributed to general improvements in the system.

Keywords: Compact Wastewater Treatment Plant; UASB reactor; Submerged Aerated Filter; evaluation of efficiency; operational monitoring.

INTRODUÇÃO

A seleção do tipo de tratamento de esgoto que será aplicado em determinado local é uma questão complexa, e a falta de coleta por si só não constitui o único problema. Existe uma grande parte da população que é atendida por sistemas individualizados ou descentralizados, tais como tanques/fossas sépticas (as), que muitas vezes são ineficientes em fornecer um efluente final com a qualidade adequada para o seu descarte (CHERNICHARO, 2007).

A adoção de tecnologia inadequada e a falta de análise das condições locais da comunidade-alvo resultam no fracasso do projeto — muitas vezes

atribuído à falta de *know-how* e de recursos financeiros. Às vezes, gasta-se muito na construção e extremamente pouco na coleta de dados de projeto confiáveis; a replicação de projetos de sucesso é benéfica, mas deve ser ajustada às condições locais. Uma estratégia abrangente e de longo prazo que requer planejamento e fases de execução extensas é vital para a gestão sustentável de águas residuais (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009).

As Estações Compactas de Tratamento de Efluentes (ECTEs) podem ser uma ótima alternativa para a implantação de um sistema descentralizado que atenda pequenas comunidades. Segundo Gonçalves, Simões e Wanke (2010), suas principais vantagens são: compacidade;

¹Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) - Bauru (SP), Brasil.

²Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP). Professor-assistente da UNESP - Bauru (SP), Brasil.

Endereço para correspondência: Jaqueline Cardoso Ribeiro - Avenida Otto Wenner Rosel, 1111, casa 498 - Moradas 2 - 13563-673 - São Carlos (SP), Brasil -

E-mail: jack_0811@hotmail.com

Recebido: 26/05/16 - Aceito: 17/01/17 - Reg. ABES: 164458

baixo custo de construção, operação e manutenção; baixo consumo de energia; simplicidade de operação e baixo impacto no ambiente a ser inserido. No entanto, tais sistemas ainda são pouco utilizados para o tratamento municipal de efluentes sanitários e há pouca experiência em relação à sua operação.

Diante de tal demanda, esta pesquisa visou avaliar a eficiência de uma ECTE localizada no município de Uru, São Paulo, e realizar seu acompanhamento operacional. Por meio dos resultados das análises físico-químicas periódicas, objetivou-se apresentar diretrizes para a melhor operação deste sistema, proporcionando um efluente final de melhor qualidade. Desde o início de sua operação, o sistema apresentou um histórico de problemas relacionados à concentração de sólidos sedimentáveis (SS), que vinha se mantendo na faixa de 3,0 mL.L⁻¹, ou seja, acima do valor de 1,0 mL.L⁻¹ permitido pelas legislações estadual e federal (Decreto Estadual 8.468, de 08 de setembro de 1976, e Resolução CONAMA 430/2011).

MATERIAIS E MÉTODOS

A ECTE possui capacidade de atendimento a uma população de 1.709 habitantes, tratamento de 240.000 L.dia⁻¹ e carga orgânica de 93 kg de demanda bioquímica de oxigênio (DBO).dia⁻¹ com um final de plano em 2030, atualmente o sistema trata aproximadamente 222.000 L.dia⁻¹, uma carga orgânica de 68 kg DBO.dia⁻¹ e realiza lançamento de seu efluente tratado no Córrego Guariúva, um corpo hídrico receptor de Classe 2.

O sistema é composto por dois reatores *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), seguidos de dois Filtros Aerados Submersos (FASs) com enchimento estruturado fixo em plástico, denominado *Pall Ring* (Anel Pall). Integrado aos filtros aerados, há um decantador secundário lamelar, e o sistema se utiliza de recirculação de lodo do filtro aerado para melhorar a eficiência do reator UASB, o que ocorre cinco vezes ao dia, durante cinco minutos, com vazão de 300 L a cada ciclo.

Os reatores UASB e FASs possuem, respectivamente, volumes de 42,67 e 26,75 m³; alturas totais de 6,10 e 6,09 m; alturas úteis de 5,37 e 5,16 m; tempo de detenção hidráulica (TDH) de 9,22 e 3,48 h; e volume de meio suporte dos filtros de 11,00 m³. Os reatores UASB possuem volume de 22,07 m³ de compartimento de digestão e 15,32 m³ de compartimento de decantação. Após os FASs, os decantadores possuem placas lamelares de ângulo de 55 a 60° e volume de 13,72 m³.

O lodo bruto decantado que se acumula dentro dos reatores UASB era descartado a cada seis meses, porém, para a obtenção de melhores resultados, o descarte passou a ser feito a cada três meses.

Para a amostragem do lodo, há quatro registros: o primeiro a 0,20 m do fundo do reator e os demais, espaçados a cada 50 cm a partir do primeiro (0,70; 1,20 e 1,70 m).

A limpeza dos FASs também era realizada a cada três meses, com volume de retirada de 14 m³.

O monitoramento foi realizado no reator UASB 2, pois constatou-se que a coroa do separador trifásico do reator UASB 1 estava desencaixada devido à quebra de uma solda, gerando acúmulo de sólidos na superfície do efluente. O monitoramento também foi realizado nos FASs 1 e 2, sendo separados em períodos compatíveis com as coletas de amostras de lodo da manta do reator UASB, e estes foram comparados com uma coleta realizada antes do primeiro descarte de lodo, feito logo no início do monitoramento do sistema, conforme apresentado no Quadro 1. Os pontos estabelecidos para coleta podem ser observados no Quadro 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios, os desvios padrão para cada ponto de amostragem e as eficiências de remoção para cada etapa do tratamento são apresentados nas Tabelas 1 a 4.

Nas Tabelas 2 e 3, respectivamente, é possível observar que o reator UASB e os FASs apresentaram valores de concentração mais baixos para todos os parâmetros estudados, exceto para cor verdadeira após o descarte de lodo realizado na Fase 1. Tal diminuição é acentuada a partir da Fase 3, quando ocorre uma estabilização do sistema, o que pode ser constatado na Tabela 4, na qual são exibidas as eficiências médias de remoção de cada unidade de tratamento e do sistema como um todo. Acredita-se que a correta operação de descarte e retorno de lodo tenha contribuído para melhorias na eficiência do sistema,

Quadro 1 - Período de monitoramento do sistema.

Fase	Semana	Data
1*	1	24/03/2015
2	2	31/03/2015
	3	07/04/2015
	4	14/04/2015
3	5	22/04/2015
	6	28/04/2015
	7	05/05/2015
	8	12/05/2015
4	9	19/05/2015
	10	26/05/2015
	11	02/06/2015
	12	09/06/2015
5	13	23/06/2015
	14	30/06/2015
	15	07/07/2015
	16	14/07/2015

*Coleta realizada antes do descarte de lodo do fundo dos reatores *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) e limpeza dos Filtros Aerados Submersos (FASs) por meio da retirada de 14 m³ de cada módulo.

corroborando o estudo de Ramos (2008), que atesta a necessidade de descartes programados de lodo em reatores UASB para minimizar a

Quadro 2 - Pontos monitorados do sistema e frequência.

Ponto	Frequência	Descrição
1	Semanal	Entrada <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i> (após tratamento preliminar)
2	Semanal	Saída <i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket 2</i> / Entrada Filtro Aerado Submerso 2
3	Semanal	Saída Filtro Aerado Submerso 1 e 2 (antes da desinfecção)
4	Mensal	0,20 m
		0,70 m
		1,20 m
		1,70 m

} do fundo do reator *Upflow Anaerobic Sludge Blanket 2*

Todas as análises foram realizadas de acordo com as metodologias contidas no *Standard Methods*.

perda de sólidos no efluente e impactos negativos em relação às remoções da demanda química de oxigênio (DQO). Todos os parâmetros, tanto do reator UASB 2 quanto dos FASs, apresentaram melhora significativa após o descarte.

Conforme observado na Tabela 4, essa configuração de sistema se mostrou extremamente eficiente e viável como solução de tratamento descentralizado para pequenas comunidades, pois, a partir da Fase 3, apresentou valores de eficiência de remoção similares ou superiores aos de estudos com sistemas compactos constituídos por unidades anaeróbias e aeróbias, tais como: Fountoulakis *et al.* (2016), aproximadamente 87% para DQO e 97% para turbidez; e Sharma e Kazmi (2016), 70,9% para DQO e 68,7% para DBO. Os valores de concentração do sistema também foram próximos aos apresentados por Gonçalves, Simões e Wanke (2010) em estudo sobre o reúso de águas cinzas em edificações para sólidos em suspensão e turbidez.

Os valores da DBO apresentaram concentrações em torno de 70 mg.L⁻¹, ou seja, acima das concentrações próximas de 15 mg.L⁻¹

Tabela 1 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros analisados para o P1 (entrada do sistema) durante as fases de monitoramento.

Parâmetros	Total (16 semanas)	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5
	M±DP		M±DP	M±DP	M±DP	M±DP
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	711,00±128,00	686,00	669,00±53,00	731,00±101,00	835,00±107,00	606,00±3,00
DQO (mg.L ⁻¹)	*562,00±109,00	*1190,00	666,00±86,00	535,00±83,00	595,00±41,00	497,00±138,00
Turbidez (NTU)	531,00±710,00	261,00	289,00±56,00	287,00±127,00	416,00±86,00	1141,00±1348,00
Cor verd. (mgPt Co.L ⁻¹)	692,00±110,00	502,00	662,00±114,00	619,00±85,00	773,00±58,00	757,00±83,00
ST (mg.L ⁻¹)	1566,00±557,00	1400,00	1440,00±312,00	1255,00±180,00	1575,00±128,00	2.005,00±1014,00
SST (mg.L ⁻¹)	610,00±528,00	520,00	360,00±72,00	426,00±207,00	550,00±148,00	1.066,00±966,00
SS (mL.L ⁻¹)	17,33±29,82	8,00	3,92±0,80	8,75±5,39	8,63±1,84	47,00±53,20

DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio; Cor verd.: cor verdadeira; ST: sólidos totais; SST: sólidos em suspensão totais; SS: sólidos sedimentáveis; DP: desvio padrão.

*É importante ressaltar que, na Fase 1, foi realizada a análise da DQO bruta das amostras devido ao histórico de problemas em relação à concentração de sólidos no sistema. A partir da semana 2, optou-se pela análise da DQO filtrada para eliminar uma possível interferência da presença de sólidos na amostra. Por isso, a semana 1 não foi considerada para o cálculo dos valores médios e dos desvios padrão ao longo do monitoramento. No entanto, como essa condição foi a mesma para todos os pontos de amostragem, a semana 1 foi considerada para o cálculo da média de eficiência de remoção.

Tabela 2 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros analisados para o P2 (após o reator *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*, antes dos Filtros Aerados Submersos) durante as fases de monitoramento.

Parâmetros	Total (16 semanas)	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5
	M±DP		M±DP	M±DP	M±DP	M±DP
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	184,00±55,00	242,00	189,00±6,00	138,00±26,00	164,00±38,00	234,00±71,00
DQO (mg.L ⁻¹)	*158,00±31,00	*390,00	181,00±28,00	160,00±33,00	143,00±44,00	153,00±10,00
Turbidez (NTU)	104,00±49,00	122,00	63,00±4,00	68,00±11,00	94,00±25,00	175,00±31,00
Cor verd. (mgPt Co.L ⁻¹)	385,00±78,00	313,00	366,00±73,00	371,00±114,00	405,00±73,00	413,00±70,00
ST (mg.L ⁻¹)	840,00±245,00	940,00	1.007,00±401,00	590,00±66,00	810,00±50,00	970,00±221,00
SST (mg.L ⁻¹)	124,00±82,00	160,00	112,00±68,00	50,00±27,00	117,00±60,00	207,00±96,00
SS (mL.L ⁻¹)	2,72±3,48	1,75	0,93±0,12	0,58±0,39	2,21±1,78	6,94±4,84

DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio; Cor verd.: cor verdadeira; ST: sólidos totais; SST: sólidos em suspensão totais; SS: sólidos sedimentáveis; DP: desvio padrão.

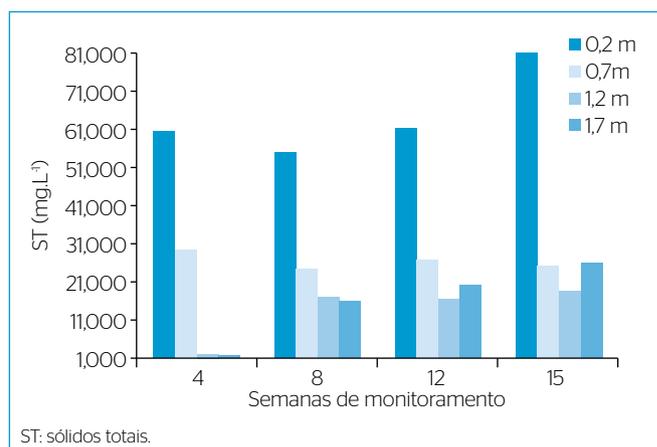
*É importante ressaltar que, na Fase 1, foi realizada a análise da DQO bruta das amostras devido ao histórico de problemas em relação à concentração de sólidos no sistema. A partir da semana 2, optou-se pela análise da DQO filtrada para eliminar uma possível interferência da presença de sólidos na amostra. Por isso, a semana 1 não foi considerada para o cálculo dos valores médios e dos desvios padrão ao longo do monitoramento. No entanto, como essa condição foi a mesma para todos os pontos de amostragem, a semana 1 foi considerada para o cálculo da média de eficiência de remoção.

encontradas por Gonçalves, Simões e Wanke (2010). Apesar de os valores estarem acima do limite de 60 mg.L⁻¹ estabelecido pela legislação mais restritiva, a estadual (Decreto Estadual 8.468), a mesma cita que o limite poderá ser ultrapassado no caso de efluentes de sistema de tratamento de águas residuárias que reduzam a carga poluidora no padrão para DBO, de acordo com o Decreto Estadual 8.468 (Seção II, Art. 18, item V), com limite de no máximo 60 mg/L ou redução mínima da carga poluidora em 80%. Tal condição foi obtida neste sistema a partir da Fase 2, conforme observado na Tabela 4.

Os valores obtidos para sólidos totais (ST) e sólidos em suspensão totais (SST) nos quatro pontos de amostragem de lodo do reator UASB são apresentados nas Figuras 1 e 2.

Comparando-se as análises realizadas ao longo do monitoramento, verifica-se que no primeiro mês houve maior dispersão na parte superior da zona de digestão do reator e que as concentrações de sólidos aumentaram significativamente nas zonas superiores (1,2 e 1,7 m), enquanto nas zonas inferiores, a alta não foi tão significativa (0,2 e 0,7 m). No entanto, a manta de lodo apresentou comportamento incomum em relação aos ST a partir da semana 8 para as alturas de 0,7 e 1,2 m, como pode ser observado na Figura 1. Ao invés de um aumento

progressivo na concentração, conforme esperado, para a altura de 0,7 m, houve queda da semana 4 para a 8 e da 12 para a 15, enquanto que, para a altura de 1,2 m, houve queda da semana 8 para a 12. Também foi observada concentração incomum na manta a partir da semana 12, não só para ST, mas também para SST. Esses parâmetros apresentaram menor concentração na altura de 1,2 m do que na de 1,7 m, conforme



ST: sólidos totais.
Figura 1 - Valores dos sólidos totais das amostras de lodo do reator Upflow Anaerobic Sludge Blanket.

Tabela 3 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros analisados para o P3 (efluente do Filtro Aerado Submerso, antes da cloração) durante as fases de monitoramento.

Parâmetros	Total (16 semanas)	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5
	M±DP		M±DP	M±DP	M±DP	M±DP
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	88,00±52,00	224,00	135,00±26,00	70,00±29,00	77,00±31,00	49,00±16,00
DQO (mg.L ⁻¹)	*74,00±13,00	*1.247,00	60,00±5,00	76,00±18,00	75,00±9,00	80,00±10,00
Turbidez (NTU)	21,00±14,00	63,00	30,00±6,00	19,00±10,00	13,00±4,00	11,00±4,00
Cor verd. (mgPt Co.L ⁻¹)	227,00±46,00	237,00	203,00±25,00	202,00±58,00	242,00±55,00	253,00±37,00
ST (mg.L ⁻¹)	697,00±256,00	740,00	900,00±491,00	490,00±208,00	725,00±74,00	715,00±130,00
SST (mg.L ⁻¹)	24,00±21,00	70,00	46,00±29,00	13,00±6,00	19,00±8,00	13,00±6,00
SS (mL.L ⁻¹)	0,81±1,90	7,25	1,78±1,09	0,06±0,03	0,05±0,04	0,00±0,00

DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio; Cor verd.: cor verdadeira; ST: sólidos totais; SST: sólidos em suspensão totais; SS: sólidos sedimentáveis; DP: desvio padrão.

*É importante ressaltar que, na Fase 1, foi realizada a análise da DQO bruta das amostras devido ao histórico de problemas em relação à concentração de sólidos no sistema. A partir da semana 2, optou-se pela análise da DQO filtrada para eliminar uma possível interferência da presença de sólidos na amostra. Por isso, a semana 1 não foi considerada para o cálculo dos valores médios e dos desvios padrão ao longo do monitoramento. No entanto, como essa condição foi a mesma para todos os pontos de amostragem, a semana 1 foi considerada para o cálculo da média de eficiência de remoção.

Tabela 4 - Eficiência média de remoção dos parâmetros analisados durante as fases de monitoramento.

Fases	Reator UASB						FAS					Total do sistema						
	Sem. 1-16	1	2	3	4	5	Sem. 1-16	1	2	3	4	5	Sem. 1-16	1	2	3	4	5
(%)																		
DBO ₅	73	65	72	81	81	59	51	7	28	50	54	77	87	67	80	91	91	91
DQO	71	67	72	69	76	66	35	0	67	53	44	48	81	0	91	85	87	83
Turbidez	72	53	78	69	77	70	76	49	52	72	86	93	93	76	89	90	97	98
Cor verd.	44	38	44	39	47	46	40	24	44	45	39	38	67	53	69	67	69	66
ST	45	33	32	52	48	46	18	21	14	19	10	25	54	47	40	60	54	61
SST	76	69	68	86	80	72	74	56	46	75	82	93	94	87	86	96	97	98
SS	80	78	75	93	76	74	32	0	0	80	97	100	84	9	49	99	99	100

DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio; Cor verd.: cor verdadeira; ST: sólidos totais; SST: sólidos em suspensão totais; SS: sólidos sedimentáveis; UASB: Upflow Anaerobic Sludge Blanket; FAS: Filtro Aerado Submerso; Sem.: semana.

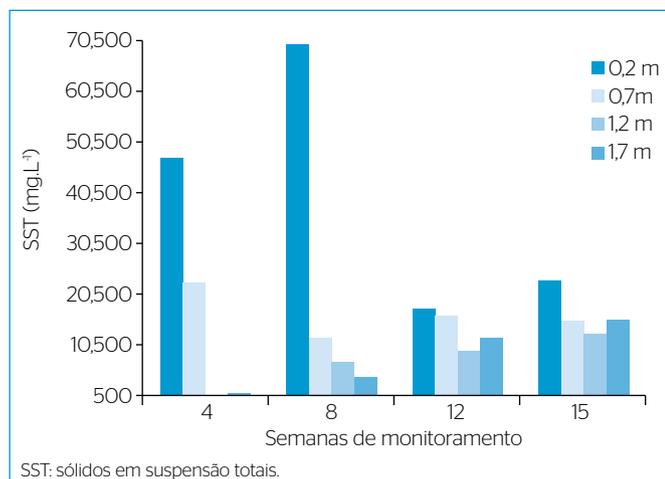


Figura 2 - Valores dos sólidos em suspensão totais das amostras de lodo do reator *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*.

esperado. Em seu estudo, Ramos (2008) verificou certa coerência no tocante às determinações para ST e voláteis, havendo decréscimo nos valores encontrados à medida que a manta de lodo se ascendia.

Acredita-se que altas vazões temporárias na entrada, não dimensionadas para o projeto, possam ter causado a ascensão temporária da manta de lodo. De acordo com Chernicharo (2007), o lodo mais denso e com melhores características de sedimentação normalmente se desenvolve no fundo do reator, apresentando concentração de ST de 40 a 100 gST.L⁻¹, ou seja, 4 a 10%. Ainda segundo esse autor, acima do leito de lodo desenvolve-se a zona de crescimento bacteriano mais disperso, na qual os sólidos apresentam velocidades de sedimentação mais baixas, denominada manta de lodo; a concentração nessa zona geralmente varia entre 15 e 30 gST.L⁻¹, ou seja, 1,5 a 3,0%. Apenas a altura de 0,2 m apresentou lodo mais denso, com concentração acima de 4,0% a partir da semana 4.

Uma fração elevada de material biodegradável no lodo não somente é indicativa de um sistema sobrecarregado, como também pode causar grandes problemas na separação sólido-líquido do lodo de descarte. Com base em experiências ainda muito limitadas, Van Haandel e Leetinga (1994) sugerem que a fração de sólidos biodegradáveis em lodo anaeróbio deva ser mantida abaixo de 3%. Neste estudo, tal concentração para sólidos totais voláteis (STV) só foi ultrapassada na semana 15 para a altura de 0,2 m; a concentração apresentou-se em torno de 5,0%, o que sugere a necessidade de outro descarte, apesar de o lodo ainda não estar com a densidade citada por Chernicharo (2007).

CONCLUSÕES

O sistema se mostrou bastante eficiente, principalmente em relação às remoções de DBO e DQO, com valores médios acima dos usuais para esse tipo de tratamento (no mínimo 91 e 85% para DBO e DQO, respectivamente). Houve queda na eficiência de remoção da maior parte dos parâmetros da Fase 4 para Fase 5, principalmente no reator UASB, o que indica que, para o seu bom funcionamento, o intervalo entre os descartes de lodo deva ser de aproximadamente quatro meses. Acredita-se que o monitoramento contribuiu para a melhora geral do sistema, pois, durante o presente trabalho, foi obtida a Licença de Operação (LO) da ECTE, até então operada com Licença de Operação a Título Precário (LOTP). Isso mostra que tratamentos descentralizados, como as ECTEs, são boas alternativas para pequenos municípios, pois podem atender aos padrões de eficiência exigidos pelas legislações estadual e federal (Decreto Estadual 8468 de 08 de setembro de 1976 e Resolução CONAMA 430/2011, respectivamente), desde que sejam feitos acompanhamento operacional e manutenção mínimos para o bom funcionamento do sistema.

REFERÊNCIAS

- CHERNICHARO, C.A.L. (2007) *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios*. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG. 379 p.
- FOUNTOULAKIS, M.S.; MARKAKIS, N.; PETOUSHI, I.; MANIOS, T. (2016) Single house on-site grey water treatment using a submerged membrane bioreactor for toilet flushing. *Science of the Total Environment*, v. 551-552, p. 706-711.
- GONÇALVES, R.G.; SIMÕES, G.M.S.; WANKE, R. (2010) Reúso de águas cinzas em edificações urbanas estudo de caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ). *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica*, v. 3, n. 1, p. 120-131.
- MASSOUD, M.A.; TARHINI, A.; NASR, J.A. (2009) Decentralized approaches to wastewater treatment and management: applicability in developing countries. *Journal of Environmental Management*, v. 90, n. 1, p. 652-659.
- RAMOS, R.A. (2008) *Avaliação da influência da operação de descarte de lodo no desempenho de reatores UASB em estações de tratamento de esgoto no Distrito Federal*. 153f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília.
- SHARMA, M.K. & KAZMI, A.A. (2016) Performance evaluation of a single household anaerobic packaged system for onsite domestic wastewater treatment. *Desalination and Water Treatment*, p. 9216-9225.
- VAN HAANDEL, A. & LEETINGA, G. (1994). *Anaerobic sewage treatment: a practical guide for regions with hot climates*. Chichester, U.K.: John Wiley & Sons. 226 p.