



II CONPESQ
**Congresso de Pesquisa,
Pós-Graduação e Inovação**

Os novos rumos da ciência pós-pandemia

12 a 16 de abril de 2021 Universidade Federal do Cariri - UFCA

**MONITORAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES (ETE) DA UFCA, *CAMPUS JUAZEIRO DO
NORTE***

BARROS, Cicero Alisson de Luna¹

Centro de Ciências e Tecnologia,
Universidade Federal do Cariri
alissონluna9@gmail.com

SILVA, Lucimara Alves Bandeira da²

Centro de Ciências e Tecnologia,
Universidade Federal do Cariri
lucimara.bandeira@ufca.edu.br

SILVA, Luis Eduardo Pereira e³

Centro de Ciências e Tecnologia,
Universidade Federal do Cariri
luiseduardopereira50@hotmail.com

BRITO, Maria Gorethe de Sousa Lima⁴

Centro de Ciências e Tecnologia,
Universidade Federal do Cariri
gorethe.lima@ufca.edu.br

RESUMO: Um dos maiores problemas ambientais enfrentados no Brasil e no mundo é a poluição dos recursos hídricos e de solos decorrente do lançamento de águas residuárias domésticas e industriais, sem tratamento prévio adequado. Apesar do aumento da quantidade de sistemas de tratamento de

- 1 Voluntário do PIICT/PIBIC/UFCA no Edital 05/2019/PRPI.
- 2 Coorientadora, Técnica do Laboratório de Saneamento da UFCA.
- 3 Bolsista do PIICT/PIBIC/UFCA no Edital 05/2019/PRPI.
- 4 Orientadora, Docente do Curso de Engenharia Civil da UFCA.

esgotos nos últimos anos, nem sempre o tratamento assegura a qualidade do efluente que será devolvido ao meio ambiente. Esta pesquisa teve como objetivo monitorar a estabilidade do processo de digestão anaeróbia e o desempenho operacional da estação de tratamento de esgotos da Universidade Federal do Cariri, constituídas por tanques sépticos seguidos por filtros anaeróbios e sumidouros, verificando se a qualidade dos efluentes finais (afluente aos sumidouros) das ETEs atendem aos padrões de lançamento especificados pela Resolução nº 2 de 2017, do COEMA. Para isto foram coletadas amostras nos afluentes e efluentes da estação para análise dos seguintes parâmetros: pH, temperatura, sólidos sedimentáveis, sólidos totais suspensos, alcalinidade total, ácidos graxos voláteis, coliformes termotolerantes, DQO, DBO e nitrogênio amoniacal. A partir dos resultados obtidos verificou-se que a ETE1 não é suficiente para atender aos padrões de lançamento especificados pela legislação pertinente e, portanto, necessita de tratamentos complementares para remoção de nitrogênio e de coliformes termotolerantes.

PALAVRAS-CHAVE: Digestão anaeróbia. Esgotos não-domésticos. Monitoramento de ETE.

ABSTRACT: One of the biggest environmental problems faced in Brazil and in the world is the pollution of water and soil resources due to the release of domestic and industrial wastewater, without adequate prior treatment. Despite the increase in the number of sewage treatment systems in recent years, the treatment does not always guarantee the quality of the effluent that will be returned to the environment. This research aimed to monitor the stability of the anaerobic digestion process and the operational performance of the sewage treatment plant at the Federal University of Cariri, consisting of septic tanks followed by anaerobic filters and sinks, checking if the quality of the final effluents (afluent to sinks) of the ETEs meet the launching standards specified by COEMA Resolution No. 2 of 2017. For this, samples were collected from the tributaries and effluents of the station to analyze the following parameters: pH, temperature, sedimentable solids, total suspended solids, total alkalinity, volatile fatty acids, thermotolerant coliforms, COD, BOD and ammoniacal nitrogen. Based on the results obtained, it was found that ETE1 is not sufficient to meet the release standards specified by the relevant legislation and, therefore, requires complementary treatments to remove nitrogen and thermotolerant coliforms.

Keywords: Anaerobic digestion. Non-domestic sewage. ETE monitoring.

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas ambientais enfrentados no Brasil e no mundo é a poluição dos recursos hídricos e de solos decorrente do lançamento de águas residuárias domésticas e industriais, sem o tratamento prévio adequado. Neste contexto, o controle da poluição dos recursos hídricos e dos solos é um importante aliado para a implementação de ações de prevenção da saúde e proteção do meio ambiente.

Como forma de contribuir para o controle da poluição de corpos aquáticos e de solos, foram desenvolvidos, ao longo dos anos, diversos sistemas de tratamento de águas residuárias. No Brasil, são empregadas várias técnicas de tratamentos, desde sofisticados sistemas até processos simples. Entre as tecnologias de baixo custo e pequenas vazões desenvolvidas nos últimos vinte anos, destacam-se os reatores anaeróbios e formas de disposição controlada no solo (ÁVILA, 2005).

De maneira geral, as seguintes vantagens dos sistemas anaeróbios podem ser citadas (CAIXETA, 1999; CAMPOS, 1999; CASSERLY e ERIJMAN, 2003; ISIK e SPONZA, 2005): pequena produção de lodo devido à baixa taxa de crescimento de microrganismos anaeróbios, o que reduz consideravelmente os custos com o manejo e destino final do lodo descarregado, visto que o pós – tratamento do lodo de excesso (estabilização, desidratação e disposição final) acarreta considerável despesa e elevado consumo de energia; baixo consumo de energia elétrica, quando comparado com a energia requerida em sistemas aeróbios (para o processo de aeração); produção de metano, um gás combustível de boa capacidade calorífica (24 MJ/m³); baixa demanda de área, reduzindo os custos de implantação; possibilidade de preservação da biomassa (colônia de bactérias anaeróbias), sem alimentação do reator, por vários meses, conferindo ao reator a capacidade de funcionar bem, mesmo após longos períodos de interrupção.

Como desvantagens podem ser citadas (CAIXETA, 1999; CAMPOS, 1999): a bioquímica e a microbiologia da digestão são complexas e ainda precisam ser estudadas; longo período de partida do sistema, caso não haja disponibilidade de inóculo adequado; possível emissão de odores desagradáveis; e remoção insatisfatória de nitrogênio, fósforo e patogênicos.

As eficiências das estações de tratamento podem ser obtidas por meio da avaliação constante da qualidade do efluente líquido, comparando resultados obtidos de amostras extraídas do esgoto bruto, antecedentes ao tratamento, e do esgoto tratado, ou efluente líquido, produto final do sistema (SPERLING, 2010).

Ante a problemática supracitada, foi formulada a seguinte hipótese para este trabalho: a tecnologia de tanques sépticos seguidos de filtros anaeróbios, com posterior disposição no solo por meio de sumidouros, não é adequada para o tratamento dos esgotos gerados na UFCA, *campus* Juazeiro do Norte, uma vez que esta tecnologia foi originalmente idealizada para o tratamento de esgotos predominantemente domésticos e no referido *campus* são gerados esgotos com características não domésticas, como os efluentes gerados pelos laboratórios de ensino e pesquisa da UFCA, tais como o Laboratório de Química, o Laboratório de Saneamento e a Central Analítica.

2 OBJETIVOS

Conhecer a estabilidade e o desempenho operacional de uma das quatro Estações de Tratamento de Esgotos da Universidade Federal do Cariri (UFCA) – *Campus* Juazeiro do

Norte-Ce, a ETE 1, constituída por um sistema combinado de tanques sépticos (decanto digestores) seguidos por filtros anaeróbios e sumidouros.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Caracterizar os afluentes dos tanques sépticos, dos filtros anaeróbios e dos sumidouros, por meio das análises de temperatura, pH, amônia, alcalinidade e ácidos graxos voláteis, para avaliação da estabilidade operacional ao longo do sistema de tratamento;

b) Caracterizar os afluentes dos tanques sépticos, dos filtros anaeróbios e dos sumidouros, por meio das análises de matéria orgânica, sólidos e coliformes para avaliação do desempenho operacional ao longo do sistema de tratamento;

c) Analisar a qualidade dos efluentes finais (afluente aos sumidouros) da ETE 1, a partir dos padrões específicos para efluentes sanitários e não sanitários para disposição no solo especificados pela Resolução do COEMA nº 2/2017;

d) Avaliar o estado de conservação da área do entorno da ETE 1.

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERÍSTICAS DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS

Esta pesquisa foi realizada em uma das ETEs da Universidade Federal do Cariri - *Campus Juazeiro do Norte* – CE. O *campus* possui 4 (quatro) estações de tratamento (ETE 1, ETE 2, ETE 3 e ETE 4), constituídas, cada uma, por um sistema combinado de tanques sépticos, seguidos por filtros anaeróbios e por sumidouros. Destas, foi analisada a ETE 1.

De acordo com a Resolução nº 2 de 2017 do COEMA, os termos efluentes sanitários e efluentes não sanitários, presentes na Figura 1, se referem a:

- Efluentes sanitários: denominação genérica para despejos líquidos residenciais, comerciais, águas de infiltração na rede coletora, os quais podem conter parcela de efluentes industriais e efluentes não domésticos.

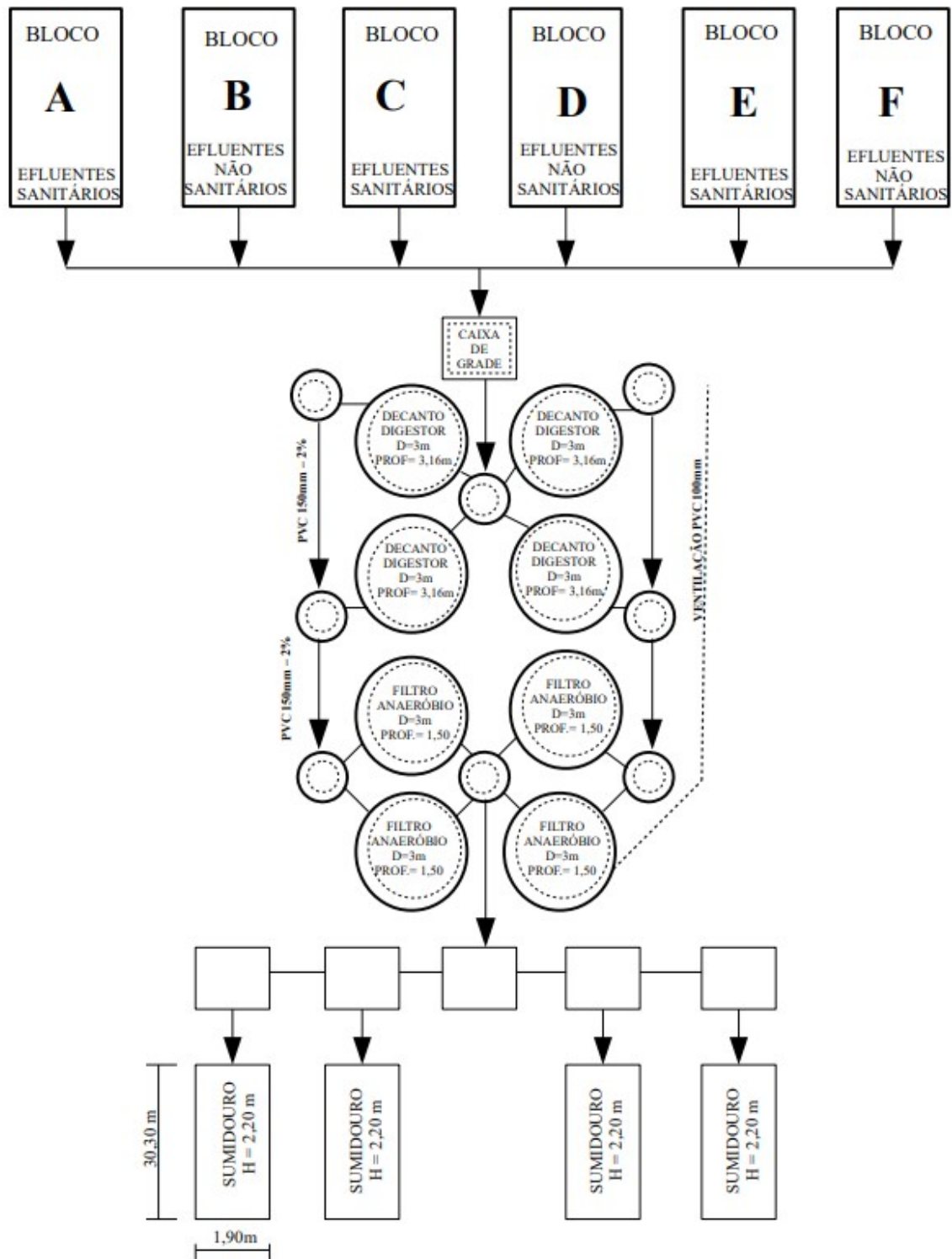
- Efluentes não sanitários: todo e qualquer efluente que não se enquadra na definição de efluente sanitário, incluindo os despejos líquidos provenientes das atividades industriais.

Os efluentes dos blocos B, D e F são considerados não-sanitários, uma vez que estes efluentes recebem contribuição dos seguintes laboratórios: química, metais e materiais de construção, no bloco B; saneamento e central analítica, no bloco D; e pavimentação e joias no bloco F.

As demais ETEs (ETE 2, ETE 3 e ETE 4) apresentam a mesma configuração da ETE 1. Diferenciam-se desta (ETE 1) apenas com relação ao tipo de esgotos afluentes, que são de origem exclusivamente sanitária, e recebem os efluentes provenientes dos seguintes blocos: a ETE 2 recebe os esgotos dos blocos G e H, a ETE 3 dos blocos I, J, K, L, M e N e a ETE 4, por sua vez, recebe os esgotos da Residência Universitária e da Área de Esportes.

A Figura 1 ilustra o desenho esquemático da ETE 1, com indicação dos geradores de esgotos afluentes a esta ETE.

Figura 1 – Desenho esquemático da ETE 1, da Universidade Federal do Cariri - *Campus Juazeiro do Norte – Ce*, com indicação dos geradores de efluentes afluentes a esta ETE.



Fonte : Autores (2019).

3.2 AVALIAÇÃO DA ÁREA EXTERNA DA ETE ESTUDADA

A área externa foi avaliada de forma superficial, uma vez que o foco do trabalho está no tratamento do esgoto. O método utilizado foi a observação *in loco*, com utilização de fotografias para registro.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS AFLUENTES E EFLUENTES DA ETE ESTUDADA

Para a caracterização dos afluentes e dos efluentes da ETE 1 foram determinadas as variáveis listadas na Tabela 1. As variáveis utilizadas para a avaliação da estabilidade e do desempenho operacional estão referenciadas pelos numerais 1 e 2, respectivamente. O número 3 foi utilizado para identificar as variáveis utilizadas na análise da qualidade do efluente final (afluente ao sumidouro) ante aos padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução do COEMA nº 2/2017.

Nesta tabela também constam as metodologias utilizadas em cada análise, os pontos e a frequência de amostragem. Com exceção das análises de ácidos graxos voláteis, de alcalinidade total e de suas frações (alcalinidade devido aos ácidos voláteis e alcalinidade bicarbonato), foram determinadas pelo método de Kapp (1984), para as demais análises foram utilizados os procedimentos analíticos descritos em APHA *et al.* (2012).

Todas as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Cariri – *Campus* Juazeiro do Norte.

Tabela 1 – Variáveis analisadas durante o monitoramento da ETE.

Variáveis	Unidade	Metodologia	Pontos de amostragem	Frequência de amostragem	Referência
Ácidos graxos voláteis (AGV) ¹	mgHAc.L ⁻¹	Titulação potenciométrica	Afluente e Efluente	Quinzenal	Kapp (1984)
Alcalinidade de bicarbonato (AB) ¹	mgCaCO ₃ .L ⁻¹	Titulação potenciométrica			
Alcalinidade por ácidos voláteis (AAV) ¹	mgCaCO ₃ .L ⁻¹	Titulação potenciométrica			
Alcalinidade total (AT) ¹	mgCaCO ₃ .L ⁻¹	Titulação potenciométrica			
Coliformes termotolerantes ^{2,3}	NMP/100mL	Tubos múltiplos em Meio A1	Afluente e Efluente	Quinzenal	APHA <i>et al.</i> (2012)
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) ^{2,3}	mg L ⁻¹	Frascos padrões de DBO a 20°C, 5 dias – Titulométrico método de Winkler			

Demanda química de oxigênio (DQO) ^{2,3}	mg L ⁻¹	Refluxação fechada	Afluente e Efluente	Quinzenal	APHA <i>et al.</i> (2012)
Nitrogênio amoniacal ¹	mg L ⁻¹	Micro-Kjeldahl com Espectofotométrico			
Potencial hidrogeniônico (pH) ^{1,3}	-	Eletrométrico			
Sólidos sedimentáveis ^{2,3}	mL/L	Sedimentação em cone Imhoff			
Sólidos totais suspensos (STS) ^{2,3}	mg L ⁻¹	Gravimétrico			
Temperatura (T) ^{1,3}	° C	Termômetro com filamento de mercúrio			

1: padrões específicos para estabilidade operacional .2: padrões específicos para desempenho operacional. 3: padrões específicos estabelecidos na resolução n°2/2017 do COEMA.

Fonte : Autores (2019).

3.4 COLETAS DAS AMOSTRAS

As coletas das amostras foram realizadas no período de setembro a novembro de 2019, perfazendo um total de 4 coletas realizadas em 3 pontos ao longo da ETE 1: na caixa de reunião dos esgotos provenientes dos blocos A, B, C D, E e F, afluentes aos tanques sépticos, (P1); na caixa de distribuição dos afluentes aos filtros anaeróbios (P2); e na caixa de distribuição dos afluentes aos sumidouros (efluentes finais da ETE) (P3).

Para possibilitar as coletas das amostras nas caixas de reunião e de distribuição, foi construído um coletor que consiste em um recipiente de plástico acoplado a um cano de PVC (Figura 2).

Figura 2 – Coletor desenvolvido para as coletas de esgotos na ETE 1 da UFCA – Campus Juazeiro do Norte – CE



Fonte : Autores (2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SITUAÇÃO EXTERNA DA ETE

A estação de tratamento foi encontrada inicialmente com diversos problemas externos que comprometiam a segurança dos estudantes e operação do sistema. Como pode ser observado na Figura 3, um dos problemas mais visíveis era a vegetação que cobria a área podendo conter animais de pequeno porte como cobras e escorpiões.

Diante dessa situação, foi solicitado que fosse realizada a limpeza desta área para diminuir os riscos para a comunidade acadêmica e possibilitar a realização das coletas de forma mais segura. Outro problema constatado e que pode ser observado na Figura 4, que foi registrada pouco antes da elaboração deste trabalho, e no encerramento das atividades analíticas do projeto, é que o tanque séptico se encontrava destampado.

Figura 3 – Situação externa da ETE inicialmente.



Fonte : Autores (2019).

Figura 4 – Tanque séptico destampado



Fonte : Autores (2019).

Vale ressaltar que os alunos da universidade tinham livre acesso a esta área e muitos deles sentam-se em cima das tampas das caixas de inspeção, que não estão em situação de estabilidade estrutural, para conversar durante o tempo livre.

4.2 RESULTADO DO MONITORAMENTO DA ETE1

Nas tabelas 2, 3 e 4 constam os resultados da estatística descritiva dos parâmetros analisados ao longo do período de monitoramento da ETE 1 da UFCA – *Campus Juazeiro do Norte*.

Tabela 2 – Resultado da estatística descritiva dos dados de estabilidade operacional obtidos no ponto 1.

	Temperatura	pH	AT	AGV	AAV	AB	Sólidos Sed.	Sólidos Sus.	NAT	DQO	DBO	CTT
ESTATÍSTICA DESCRITIVA												
Mínimo	23,1	8,44	254	30	17,7	236,3	6	77	34,9	292,3	84,9	2,20E+06
Máximo	26,5	8,65	816	148	88,6	768,8	13	152	45,6	451,9	203,3	7,90E+06
Amplitude Total	3,4	0,21	562	118	70,9	532,5	7	75	10,7	159,6	118,4	5,70E+06
Média Aritmética	25,5	8,517 5	539, 5	75,25	45,05	494,45	9,06	118,5	38,45	356,25	131,6	3,98E+06
Coefficiente de Variação (%)	6,27	1,08	48,3 6	70,03	70,03	48,33	32,20	36,13	13,49	19,84	39,32	67,48

Fonte : Autores (2019).

Tabela 3 – Resultado da estatística descritiva dos dados de estabilidade operacional obtidos no ponto 2.

	Temperatura	pH	AT	AGV	AAV	AB	Sólidos Sed.	Sólidos Sus.	NAT	DQO	DBO	CTT
ESTATÍSTICA DESCRITIVA												
Mínimo	22,9	7,7	298	14	8,1	289,9	2	30	29,8	153,8	66,4	1,70E+06
Máximo	27,9	8,29	598	85	51,2	572,1	4	97	52,6	251,9	103,9	3,30E+06
Amplitude Total	5	0,59	300	71	43,1	282,2	2	67	22,8	98,1	37,5	1,60E+06
Média Aritmética	25,9	7,97 75	494	42,5	25,53	468,48	3,25	63,5	41,35	206,2 5	84,97 5	2,50E+06
Coefficiente de Variação (%)	8,23	3,66	28,26	72,25	72,85	26,89	29,46	43,12	23,01	22,61	18,02	27,90

Fonte : Autores (2019).

Tabela 4 – Resultado da estatística descritiva dos dados de estabilidade operacional obtidos no ponto 3.

	Temperatura	pH	AT	AGV	AAV	AB	Sólidos Sed.	Sólidos Sus.	NAT	DQO	DBO	CTT
ESTATÍSTICA DESCRITIVA												
Mínimo	24,6	7,74	480	22	13,1	456,8	0,3	5,0	34	74,1	36,1	6,80E+04
Máximo	27,9	7,99	658	44	26,2	644,9	21,0	43,0	42,5	176, 9	60,5	4,90E+05
Amplitude Total	3,3	0,25	178	22	13,1	188,1	20,7	38,0	8,5	102, 8	24,4	4,22E+05
Média Aritmética	26,1	7,857 5	556	31,75	19,0	537	6,27	26,7	39,3	109, 8	47,7 75	2,85E+05
Coefficiente de Variação (%)	5,79	1,31	13,41	36,04	32,25	14,79	158,28	59,4	9,79	43,5 4	24,2 0	82,96

Fonte : Autores (2019).

Ao se analisar os dados de T, verifica-se que ao longo do período de monitoramento as médias dos valores foram de 25,5°C, 25,9°C e 26,1°C para os pontos 1, 2 e 3, respectivamente.

Os valores mínimo e máximo no afluente, para T, foram de 22,9 e de 27,9°C, respectivamente. No efluente, a variação foi de 24,6 (valor mínimo) a 27,9°C (valor máximo). Os valores médios para o afluente e para o efluente foram iguais a 26,1°C, muito próximos da temperatura ótima definida por Metcalf & Eddy (1991) e Mata-Alvarez (2003) para a digestão

anaeróbia (30 a 35°C). Além disso, Pescador (2001) destaca que para a garantia da estabilidade de sistemas anaeróbios, manter a temperatura constante é ainda mais importante do que a sua operação na temperatura ótima. Esta condição também foi constatada nas amostras dos afluentes e efluentes a ETE, uma vez que foram obtidos baixos coeficientes de variação.

4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH), Alcalinidade e Ácidos Graxos Voláteis

Com relação ao pH, os valores obtidos permaneceram próximos a 7, indicando que os ácidos graxos voláteis estão sendo consumidos logo após serem formados, permitindo a neutralização das águas residuárias. Ressalta-se que pequenas alterações no valor do pH, medido em escala logarítmica, ocasionam grandes alterações no teor de AGV, como foi observado nesta pesquisa.

O afluente apresentou uma média de pH de 8,5, porém ao passar pelo processo de digestão pela fossa séptica ocorreu uma queda para uma média de 7,9 no ponto 2. Assim, é possível afirmar que o pH do sistema está dentro dos limites operacionais recomendados para digestores anaeróbios.

Também foi verificada elevada estabilidade nos valores de pH, uma vez que os coeficientes de variação foram bem menores que 10% em todos os pontos analisados, pela classificação de Pimentel-Gomes (1985). Isso se deve, provavelmente, ao sistema apresentar uma alcalinidade total consideravelmente alta, com médias de 494 a 5556 mgCaCO₃L⁻¹ ao longo dos pontos analisados. O ponto 1 apresentou maior variação em sua alcalinidade com máxima de 816 e mínima de 254, o que pode ser resultado do despejo de efluentes não sanitários, mas a variação se demonstrou mais estável nos pontos 2 (alta) e 3 (média).

As concentrações de AGV variaram de 22 mgHAc/L a 148 mgHAc/L, P3 e P1, respectivamente. Seu consumo está registrado por meio da verificação da diminuição da concentração de AGV entre o afluente (valor médio: 75,25 mgHAc/L) e o efluente (valor médio: 31,75 mgHAc/L). Como este parâmetro está associado diretamente à digestão anaeróbia, visto que corresponde a um produto intermediário do processo, seu sucesso depende da concentração de AGV na faixa ótima. Considerando a recomendação de que a concentração de AGV não deve ultrapassar 250 mgHAc/L (MEYSTRE, 2007), o valor médio de 49,83 mgHAc/L é um dos indicadores da estabilidade operacional do reator em estudo

De acordo com Ripley *et al.* (1986), a relação entre a alcalinidade a bicarbonato (AB) e a alcalinidade dos ácidos voláteis (AAV) é de grande importância para a estabilidade do

sistema. Então, um indicador para a estabilidade do processo é a relação de AAV/AB, na qual, caso o resultado seja maior que 0,3, aponta para a ocorrência de distúrbios no processo de digestão anaeróbia. O caso mais crítico na ETE1 encontrado foi uma relação de 0,15, indicando que o sistema está estável.

4.2.2 Matéria Sólida

De acordo com a NBR-13969/97, sistemas compostos por decanto-digestores e filtros anaeróbios costumam ter eficiência para redução de sólidos sedimentáveis de 70% ou mais. Entretanto, durante a segunda coleta o resultado do ponto final apresentou sólidos sedimentáveis superiores aos valores do primeiro ponto, indicando falta de manutenção durante os últimos anos de funcionamento do sistema. O terceiro ponto, conseqüentemente, ultrapassou os limites de lançamento para sólidos sedimentáveis especificados pela legislação ambiental de 1mL/L nesta coleta.

Por sua vez, nas outras coletas, o sistema apresentou uma média de 84% de redução de sólidos sedimentáveis, ainda assim, não atendeu aos limites estabelecidos pela resolução n 02 do COEMA na primeira coleta.

Foi obtida uma média de 6,28 mL/L de sólidos sedimentáveis no ponto 3, levando em consideração todas as coletas, e mesmo quando desconsiderada a segunda coleta, apresentou média 1,37mL/L, valor superior ao limite estabelecido na legislação.

Quanto aos sólidos suspensos totais, a NBR-13969/97 indica uma faixa de eficiência de 40 a 70%, enquanto a ETE em estudo apresentou uma média acima do esperado pela norma, tendo tido 77,4% de remoção dos sólidos suspensos nas coletas realizadas.

4.2.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

A eficiência média na remoção de DBO_{5,20} foi de 64%. A literatura sugere uma remoção de 40 a 75% para sistemas compostos por tanque sépticos seguidos de filtros anaeróbios. A coleta 4 apresentou a menor redução de DBO_{5,20}, 48%, mas ainda se mostra dentro do esperado.

A ETE demonstrou desempenho operacional satisfatório e não necessita de modificações quanto a este parâmetro.

4.2.4 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Segundo Jordão e Pessoa (1995), o esgoto doméstico possui concentrações de DQO de

200 a 800mg/L, podendo atingir concentrações muito maiores em esgotos não-sanitários. O esgoto estudado teve uma concentração média de 356,25 durante o período das coletas, demonstrando um comportamento similar com o de esgotos sanitários.

Na análise da relação DBO₅/DQO (Tabela 5), de maneira geral, os valores obtidos nos pontos estudados estão na faixa comumente relatada na literatura para águas residuárias domésticas, que é de 0,3 a 0,8 (Metcalf e Eddy, 1991; Bertolino, 2007). A menor relação de DBO₅/DQO foi encontrada no ponto 1, na quarta coleta, indicando uma maior fração de materiais de baixa biodegradabilidade e, em consequência, acarretar interferência no funcionamento da estação. Porém, são necessários mais dados para se inferir a esse respeito.

Tabela 5 – Correlação de DBO_{5,20}/DQO por ponto e coleta

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
Ponto 1	0,6	0,5	0,5	0,2
Ponto 2	0,5	0,4	0,6	0,3
Ponto 3	0,4	0,3	0,5	0,7

Fonte : Autores (2019).

A ETE apresentou, entretanto, uma boa redução de DQO, tendo uma média de eficiência de 61,5%.

4.2.5 Nitrogênio Amoniacal

A amônia pode apresentar efeitos benéficos ou adversos para a digestão anaeróbia. Segundo Von Sperling (2014), concentrações de amônia livre acima de 150mg/L são tóxicas para as bactérias metanogênicas, inibindo a digestão anaeróbia, porém ela pode também ser benéfica para a digestão, agindo como tampão para mudanças de pH e fonte de nitrogênio.

A ETE em estudo apresentou concentração média de 40mg/L, com máximo de 52,6mg/L, uma faixa considerada benéfica para o funcionamento do sistema.

4.2.6 Coliformes Termotolerantes

A identificação e contagem da quantidade de microrganismos patogênicos, ou patógenos, no efluente, é de extrema importância por estarem diretamente relacionados com a saúde pública. Dentre estes, estão os coliformes termotolerantes ou fecais, que são expelidos nas fezes de animais de sangue quente.

Esgotos brutos tendem a apresentar um número de 10^5 a 10^8 NMP/100mL, sendo assim, a ETE em estudo está de acordo com o que é encontrado na literatura, uma vez que apresenta uma média de $3,98 \times 10^6$ NMP/100mL.

Embora no geral a eficiência tenha atingido 93%, o ponto 3 apresentou em todas as coletas um número de patógenos, em média, 57 vezes maior do que o limite da legislação permite. Sendo assim, é necessário a adição de um pós tratamento que possibilite uma remoção eficiente o suficiente para atender a resolução do COEMA nº2/2017.

4.3 AVALIAÇÃO QUANTO AO ATENDIMENTO A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Um dos objetivos principais deste trabalho foi a análise da qualidade do efluente final gerado pela ETE1 da UFCA, verificando se as concentrações finais dos parâmetros analisados estavam de acordo com o estabelecido pela legislação vigente, no caso, a resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) nº2/2017, Art. 11 e 12, que dispõe sobre os parâmetros de lançamento para efluentes não sanitários e sanitários, respectivamente.

Os resultados das análises passaram por um tratamento estatístico e foram então comparados na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores médios e coeficientes de variação dos parâmetros de estabilidade operacional do reator.

Parâmetro	Efluentes dos Filtros	Padrões da Resolução do COEMA nº2/2017, Art. 11 e 12	Atendimento ao COEMA nº2/2017, Art. 11 e 12
T (°C)	26,1 ± 1,51	Inferior a 40°C	Sim
pH	7,85 ± 0,10	entre 5,0 a 9,0	Sim
Sólidos Sedimentáveis (ml/L)	6,28 ± 9,93	até 1ml/L	Não
Sólidos suspensos totais (mg/L)	26,75 ± 15,88	até 100mg/L	Sim
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) a 20°C (mg/L)	44,77 ± 11,56	até 120mg/L	Sim
Materiais flutuantes	-	Ausência	Sim
NMP de coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	285250 ± 236645	até 5000CT/100mL	Não
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	33,225 ± 3,8896	até 20 mg/L, se pH for menor ou igual a 8,0; até 5 mg/L, quando o pH for maior que 8,0.	Não
Demanda Química de Oxigênio (mg/L)	109,85 ± 47,8267	até 200 mg/L	Sim

Fonte : Autores (2019).

Logo, pela análise desta tabela, podemos concluir que o efluente final não atende aos padrões estabelecidos para os parâmetros sólidos sedimentáveis, coliformes termotolerantes e nitrogênio amoniacal. Portanto, o tratamento realizado pela ETE1 da UFCA não é suficiente para atender aos padrões de lançamento estabelecidos e assim se faz necessária a inclusão de uma etapa de pós tratamento.

5. CONCLUSÃO

As faixas de valores obtidas para os parâmetros temperatura, pH, alcalinidade e ácidos graxos voláteis indicam que o sistema apresenta estabilidade operacional.

As eficiências de remoção de DQO (61,5%), de DBO (64%) e de SST (77,4%) indicam que a ETE analisada apresenta bom desempenho operacional.

Entretanto, ao se comparar os resultados obtidos dos parâmetros analisados com os padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução nº02/2017, do COEMA, verifica-se a desconformidade dos valores dos parâmetros sólidos sedimentáveis, coliformes termotolerantes e nitrogênio amoniacal ao especificado na referida resolução. Sendo assim, sugere-se a implementação de tratamentos complementares para atender aos aspectos normativos e legais.

Por fim, ressalta-se que a área do entorno da ETE 1 apresenta problemas que põem em risco a saúde pública. Para solucionar este problema, recomenda-se o cercamento e pavimentação desta área para restringir o acesso dos estudantes e crescimento de vegetação, além de novas tampas nas fossas sépticas para fechar seu contato com o ambiente e assim evitar o carreamento de materiais externos ao sistema.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G.; JORDÃO, E. P. **Uso Racional de Água em Edificações**. São Paulo, 2006.
- AISSE, Miguel Mansur. **Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2000.
- ADRIANO *et al.* **Avaliação da partida e operação de filtros anaeróbios tendo bambu como material de recheio**. São Paulo, 2011.
- ANDRADE, Cícero Onofre de. GUIMARÃES, Patrícia. PEREIRA, Maria Gorete. MELO, Henio Normando de Souza. **Decanto-digestor seguido de filtros anaeróbios de fluxo ascendente e descendentes afogados**. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 1999.
- ANDRADE NETO, C. O. de; ALÉM SOBRINHO, P.; SOUZA MELO, H. N. de; AISSE, M. M., 1999a, “Decanto-Digestores”. In: Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo, Programa PROSAB, capítulo 5, Rio de Janeiro, ABES-RJ.
- APHA - American Public Health Association. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 22th ed., New York, 2012.
- ÁVILA, R. O. de. **Avaliação do desempenho do sistema tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes meios suportes**. 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Engenharia Civil) - Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- BATALHA, B. H. L., 1992, “Fossa Séptica”. In: série **Manuais CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental**. ed. 2, 20p.
- BERTOLINO, S. M. **Caracterização e tratabilidade dos esgotos produzidos pelo campus da Universidade Federal de Ouro Preto – MG**. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2007.
- BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Brasília, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 22 de maio de 2019.
- _____. **Resolução CONAMA nº 237**, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Brasília, 1997. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>>. Acesso em: 22 de maio de 2019.
- CAIXETA, Cláudia Elisângela Tolentino. **Nova Proposta de Tratamento em Reatores UASB no Tratamento de Efluentes de Frigorífico**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Uberlândia - MG. (1999).

CAMPOS, J. R. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. PROSAB. Rio de Janeiro. (1999).

CARSSELY, C., ERIJMAN, L. Molecular Monitoring of Microbial Diversity in UASB Reactor. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Vol 52, pp.7 – 12. (2003).

CAVALCANTI, P.F.F.; VAN HAANDEL, A. **Comparação entre os métodos titrimétricos Kapp e DiLallo para determinação da alcalinidade e AGV**. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 5, n. 1, p. 47-52. 2000.

CEARÁ. **Resolução COEMA nº 2 de 2 de fevereiro de 2017**: Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 21 de fevereiro de 2017. *Diário Oficial do Estado do Ceará*, Fortaleza, 2002. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=337973>>. Acesso em: 22 de maio de 2019.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios – Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 1ª Edição. Vol 5. Belo Horizonte – MG. 1997.

ISIK, M., SPONZA D. T. **Effects of Alkalinity and Co-substrate on the Performance of an Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactor Through Decolorization of Congo Red Azo Dye**. *Bioresource technology*. Vol. 96, pp 633 – 643. (2005).

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3. ed. Rio de Janeiro:ABES, 1995

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering. Treatment, disposal, and reuse**. 3 Ed. Singapore: McGraw-Hill, Inc. International Edition, 1991. 1334p.

PEREIRA, M.A.A.S. **Degradação de ácido oléico em filtro anaeróbio: efeito da adaptação do inóculo e da recirculação da biomassa**. Dissertação de mestrado. Universidade do Minho, Minho, Portugal, 1998.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 467p. 1985

RIPLEY L.E., BOYCE W.C. & CONVERSE J.C. **Improved Alkalimetric Monitoring for Anaerobic Digestion of High-strength Waters**. 1983.

SOUZA, Rosimeri Correa de. ISOLDI, Loraine Andre. OLIZ, Camila Mizette. **Tratamento de esgoto doméstico por filtro anaeróbio com recheio de bambu**. *Vetor*, Rio Grande, v.20, n.2, p. 5-19, 2010.

SPERLING, Tiago Lages von. **Estudo da utilização de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário**. Belo Horizonte: Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.