

505 – CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA VISANDO SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS

Lucas Coelho Rossi⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Luana Valverde Pereira⁽²⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela UFJF. Mestranda em Engenharia Civil pela UFJF.

Camilla Pinto Corrêa⁽³⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela UFJF.

Sue Ellen Costa Bottrel⁽⁴⁾

Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestra e doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFJF. Professora efetiva do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC) da UFJF.

Renata de Oliveira Pereira⁽⁵⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestra em Engenharia Civil pela UFV. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFJF. Professora efetiva do PEC da UFJF.

Endereço⁽¹⁾: Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Martelos – Juiz de Fora - MG - CEP: 36036-330 - Brasil - e-mail: lucasrossi.engenharia@gmail.com

RESUMO

O tratamento de água envolve diversas etapas para torná-la adequada ao consumo humano, gerando resíduos como o lodo dos decantadores e a água utilizada na limpeza dos filtros. Este estudo visa caracterizar o lodo gerado em uma Estação de Tratamento de Água (ETA) na Zona da Mata Mineira, analisando parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Foram realizadas quatro coletas de amostras de lodo, que foram submetidas a análises de sólidos totais e voláteis, ferro total, demanda química de oxigênio (DQO), *Escherichia coli* e esporos de bactérias aeróbias (EBA). Os resultados indicaram grande variabilidade nos parâmetros analisados, com destaque para a alta concentração de ferro e sólidos, além da presença de *E. coli* e EBA. A elevada concentração de ferro está associada ao uso de coagulantes à base de ferro na ETA. O estudo reforça a necessidade de tratamento adequado do lodo para mitigar os impactos ambientais de seu lançamento em corpos receptores, como o assoreamento e a degradação da qualidade da água, destacando a importância de uma gestão sustentável dos resíduos gerados em ETAs.

PALAVRAS-CHAVE: indicadores microbiológicos, parâmetros físicos, parâmetros químicos, reúso, resíduo.

INTRODUÇÃO

Durante o processo de tratamento da água, são empregadas diversas etapas para garantir que a água seja segura para consumo humano. De acordo com Di Bernardo e Paz (2008), no Brasil, o método mais comum é o tratamento de ciclo completo, que envolve as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Entretanto, a tecnologia de ciclo completo produz resíduos em várias etapas, com destaque para o lodo proveniente dos decantadores e a água utilizada na limpeza dos filtros, conforme destacado por Moreira, Paiva e Soares (2017).

Esses subprodutos, de acordo com a NBR 10.004/2004, são classificados como resíduos sólidos e, portanto, devem ser tratados e descartados de maneira apropriada, conforme as diretrizes legais estabelecidas (ABNT, 2004). A disposição inadequada desses resíduos pode causar a degradação ambiental, devido à presença de metais, patógenos e altos teores de sólidos, resultando na deterioração dos corpos receptores (ROQUE, MONTALVAN e BOSCOV, 2021; SILVA, 2020). Quando lançado em corpos hídricos sem tratamento, o lodo contribui para o aumento de partículas suspensas na água, o que facilita o assoreamento do corpo hídrico, além de promover o consumo de oxigênio dissolvido, levando a condições anaeróbicas, produção de odores, crescimento excessivo de algas e mortalidade de peixes (BURGOS *et al.*, 2015; MURICY, FARIA e OBRACZKA, 2023). No entanto, em 2017, entre os 1.825 municípios brasileiros que forneciam água através de redes gerais de distribuição e geravam lodo no processo de tratamento, aproximadamente 1.030 lançavam esses resíduos em corpos d'água sem tratamento prévio, conforme dados do IBGE (2017). Assim, é importante que haja estudos para o tratamento e disposição final correta do lodo (DI BERNARDO, 2002).

Para encontrar a melhor maneira de disposição do lodo, é preciso primeiro compreender sua natureza. No entanto, o tipo de lodo gerado varia de acordo com as estações de tratamento de água (ETAs), uma vez que as características desse resíduo variam conforme o tipo de tratamento utilizado, as condições da água bruta (incluindo a presença de sólidos orgânicos biodegradáveis, recalcitrantes e inorgânicos), o volume de coagulantes utilizados (sendo os mais comuns o cloreto férrico, o policloreto de alumínio e o sulfato de alumínio) e também pelo procedimento de limpeza dos decantadores. Este último fator, por sua vez, afeta o tempo de permanência do lodo na ETA (RICHTER, 2001).

Nesse contexto, é necessário estudar esses resíduos, pois uma gestão adequada é crucial para mitigar os impactos ambientais negativos, preservar a qualidade dos recursos hídricos e garantir a sustentabilidade a longo prazo. Assim, investimentos em tecnologias de tratamento avançadas, conformidade com as regulamentações vigentes e conscientização sobre a importância da preservação dos recursos naturais são medidas essenciais para enfrentar os desafios relacionados à proteção do meio ambiente.

OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo realizar a caracterização físico-química e de indicadores microbiológicos do lodo gerado em uma estação de tratamento de água (LETA), com o intuito de compreender sua composição e propriedades. A partir dessa análise, busca-se identificar as características específicas do resíduo para avaliar os riscos ambientais associados e as possibilidades de reaproveitamento ou descarte seguro do mesmo.

METODOLOGIA UTILIZADA

Para a elaboração do estudo foram analisadas amostras de lodo de uma ETA situada na região da Zona da Mata mineira. A ETA purifica a água aplicando o processo de tratamento de ciclo completo, utilizando coagulantes à base de ferro, como sulfato ferroso clorado, e produz em média 620 L/s de água para consumo humano, sendo abastecida por mananciais localizados na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

O lodo gerado durante o processo de tratamento fica retido nos tanques de decantação, que são esvaziados para limpeza e remoção desse resíduo com uma frequência de aproximadamente dois meses. Após a limpeza, o lodo é descartado em um corpo hídrico próximo à ETA sem receber tratamento prévio. Foram realizadas cinco coletas do lodo no total sendo quatro em 2023, nos dias 18 de julho, 1 de agosto, 3 e 17 de outubro e uma em 29 de outubro de 2024. De modo a se obter um material representativo, cada amostra foi composta por coletas em seis pontos distintos do decantador (Figura 1). A amostra, após homogeneização, possuía um volume total de aproximadamente 30 L.



Figura 1: Limpeza do Decantador da Estação de Tratamento de água
Fonte: Arquivo Pessoal (2024)

O lodo coletado foi submetido a análises físico-químicas e de indicadores microbiológicos. Os seguintes parâmetros foram avaliados: *Escherichia coli* (*E.coli*), esporos de bactérias aeróbias (EBA), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais, voláteis e fixos (ST, SV e SF), demanda química de oxigênio (DQO), ferro total e Fe (II) (Quadro 1). As análises físico-químicas foram realizadas conforme os métodos delineados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA e WEF, 2017). Já as análises microbiológicas para detecção e quantificação de *E.coli* e EBA, seguiram as diretrizes do BSI (2009) e do APHA, AWWA e WEF (2017). Antes das análises dos indicadores microbiológicos, uma etapa de eluição foi conduzida para realizar o desprendimento de microrganismos dos sólidos presentes na amostra original (UKEA, 2003).

As análises microbiológicas realizadas visam avaliar alguns indicadores de patógenos ou de eficiência presentes nos resíduos da ETA. A *E.coli* é amplamente reconhecida como um indicador bacteriano de contaminação fecal. Os EBA, por sua vez, são esporos formados por algumas espécies de bactérias em resposta a condições ambientais adversas. Esses esporos são células metabolicamente dormentes e altamente resistentes a estresses químicos e físicos (OLIVEIRA, BASTOS e SILVA, 2018). Os EBA possuem características importantes semelhantes aos cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*, mas se destacam por estarem presentes em maiores quantidades na água bruta e por poderem ser analisados de forma simples em laboratório (OLIVEIRA, BASTOS e SILVA, 2018). Além disso, esses autores concluíram que os EBA apresentam potencial como indicadores de remoção de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*. Assim, esse estudo possui o diferencial de verificar e quantificar a presença de EBA no lodo de forma a avaliar a possibilidade de serem utilizados como indicadores em processos de tratamento nessa matriz.

Quadro 1: Metodologias utilizadas para análise dos parâmetros.

Parâmetro	Método	Metodologia	Unidade	(APHA; AWWA; WEF, 2017)
pH	Potenciométrico	SMEWW nº 4500 - (H ⁺) pH	-	
ST	Gravimétrico	SMEWW nº 2540 - SÓLIDOS	mg·L ⁻¹	
STV				
STF				
DQO	Colorimétrico	SMEWW nº 5220 - DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO	mg·L ⁻¹	
Ferro total		SMEWW nº 3500 - (Fe) FERRO	mg·L ⁻¹	
Ferro II				
<i>E. coli</i>	Membrana Filtrante	BS EN ISO 9308-1 - Detecção e enumeração de <i>Escherichia coli</i> e bactérias Coliformes	UFC·(100mL) ⁻¹	
EBA	Membrana Filtrante	SMEWW nº 9218-B - ESPOROS DE BACTÉRIAS AERÓBIAS	UFC·(100mL) ⁻¹	(BSI, 2009)

Nota: SMEWW: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*; ST: sólidos totais; STV: sólidos totais voláteis; STF: sólidos totais fixos; DQO: demanda química de oxigênio; *E.coli*: *Escherichia coli*; EBA: esporos de bactérias aeróbias. Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na Tabela 1, é possível observar uma grande variação nos resultados das análises físico-químicas e dos indicadores microbiológicos do LETA. Essa variabilidade é atribuída ao fato de se tratarem de amostras reais, onde diversos fatores influenciam os dados. Entre esses fatores estão as condições climáticas próximas ao período de coleta, a forma de limpeza dos decantadores, o volume de água presente no decantador no momento da coleta, a quantidade de água bruta e a dosagem de produtos químicos utilizados.

Tabela 1: Caracterização do Lodo de ETA

Análise	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4	Coleta 5	Média
ST (mg·L ⁻¹)	NA	60177	72200	109164	40036	70394
STF (mg·L ⁻¹)	NA	12632	17635	37936	11339	18386
STV (mg·L ⁻¹)	NA	47545	54565	77277	28697	52009
Ferro total (mg·L ⁻¹)	24720	18868	18286	18363	24100	20867
Ferro II (mg·L ⁻¹)	NA	2932	1566	2640	NA	2379
DQO (mg·L ⁻¹)	21004	14767	14430	14305	22023	17306
<i>E.coli</i> (UFC/100mL)	8,40E+03	NA	9,65E+04	1,99E+04	2,53E+06	7,99E+04*
EBA(UFC/100mL)	1,53E+05	9,70E+05	4,00E+05	3,15E+05	1,60E+07	7,86E+05*
Umidade (%)	NA	NA	92,45	91,56	95,44	93,15
Temperatura (°C)	23	19,9	25	22	22	22,4
pH	7,74	7,71	7,73	7,73	7,44	7,67

Nota: NA: Não Analisado; Asterisco (*): Média Geométrica

Os resultados de sólidos totais e sólidos voláteis obtidos na caracterização do LETA apresentaram uma elevada variação. Segundo Richter (2001), as características do lodo gerado em ETAs variam conforme a qualidade da água do manancial de captação e os produtos químicos utilizados durante o processo de tratamento. Além disso, a concentração de sólidos no lodo também depende da frequência de limpeza dos decantadores e da quantidade de água presente no decantador no momento da coleta. Quando a água não é completamente escoada, o lodo pode ficar mais diluído. Tavares (2003) exemplifica essa relação ao comparar as concentrações de sólidos e o teor de umidade nas ETAs Tupacurá e Gurjaú. Na ETA Tupacurá, que realiza descargas diárias, a concentração de sólidos totais foi de 38.266 mg/L com um teor de umidade de 99%. Em contraste, na ETA Gurjaú, que passou cerca de 120 dias sem limpeza, foram encontrados 201.845 mg/L de sólidos totais e um teor de umidade de 79%.

A relação entre sólidos voláteis e sólidos totais, obtida a partir da média das coletas, foi de aproximadamente 26%, o que está dentro da faixa de variação para teores de matéria orgânica em LETA, que variaram entre 0,39% e 68,9%, conforme observado por Roque, Moltavan e Boscov (2021). Esse resultado assemelha-se ao encontrado por Silva *et al.* (2019), que identificaram concentrações de sólidos totais e voláteis de 51.400mg/L e 12.500mg/L, respectivamente, e uma relação SV/ST de 24% em uma ETA localizada no município de Aracaju (SE).

A média das concentrações de ferro total obtidas foi de 20.060 mg/L. Concentrações elevadas de ferro total eram esperadas, pois a ETA estudada utiliza coagulantes à base de ferro. Os maiores teores de ferro foram encontrados nas coletas de julho e agosto, meses que fazem parte do período de seca na região (de abril a setembro), quando o lodo costuma permanecer mais tempo no decantador, possivelmente aumentando a concentração de ferro. Esses resultados estão de acordo com os de Viana, Rodrigues e Ribeiro (2014), que relataram concentrações de ferro de 54.887 mg/L no período seco e 26.038 mg/L no período chuvoso no lodo de uma ETA em Formiga (MG).

Exceto na primeira coleta, a DQO não apresentou variações significativas nas concentrações obtidas. Segundo Silva *et al.* (2021), a presença de ferro pode levar a resultados superestimados na análise de DQO. Essa relação é evidente na Tabela 1, onde o maior valor de DQO encontrado (21.004 mg/L) coincide com a maior concentração de ferro total (24.720 mg/L). Esse resultado está em concordância com o estudo de Gervasoni (2014), que encontrou uma concentração de DQO de 21.340 mg/L no lodo de uma ETA que utiliza cloreto férrico como coagulante, localizada em Londrina (PR).

Os resultados de *E.coli* apresentaram variabilidade de $8,4 \times 10^3$ a $9,6 \times 10^4$ UFC/100mL. Estes resultados são próximos aos encontrados por Burgos *et al.* (2015), que encontraram em seu trabalho valores de $3,1 \times 10^1$ a $9,8 \times 10^4$ NMP/100 mL para duas ETAs diferentes localizadas no município de Londrina (PR). Em relação ao LETA, as elevadas concentrações de *E. coli* ocorrem devido ao acúmulo de lodo, que tende a concentrar uma quantidade significativa de sólidos e matéria orgânica quando comparado à água bruta que entra na ETA (SCHUOFF *et al.*, 2014). A presença elevada de *E.coli* indica a presença de material de origem fecal. Desse modo, caso esse resíduo seja lançado no corpo hídrico e esse seja utilizado como matriz para abastecer outra ETA, a presença dessas bactérias pode aumentar o risco microbiológico do sistema, tornando o tratamento mais complexo e custoso.

Não foram encontrados dados na literatura sobre a presença de EBA no lodo de decantadores. Contudo, sua elevada concentração já era esperada devido a abundância de EBA na água bruta. Os estudos realizados por Oliveira *et al.* (2018) encontraram valores entre $3,6 \times 10^2$ e $7,7 \times 10^3$ UFC/100mL na água bruta de uma ETA em Viçosa (MG). Ademais, como discutido pelo autor supracitado, os EBA são indicadores em potencial da remoção de cistos e oocistos de *Giardia* e *Cryptosporidium*, uma vez que esses organismos apresentam características semelhantes. Headd e Bradford (2016) apontam diversas similaridades entre os oocistos de *Cryptosporidium* e os EBA, sendo elas: retenção e sobrevivência, ciclo de vida, semelhanças anatômicas e morfológicas, carga elétrica, hidrofobicidade e transporte. A elevada concentração de *E.coli* e EBA, reforçam a urgência de encontrar soluções eficientes para lidar com o LETA para garantir a segurança ambiental.

A alta concentração de ferro no LETA apresenta a possibilidade de utilizar processos oxidativos avançados, particularmente o Fenton, que, segundo Silva (2020), utiliza a reação de ferro II com o peróxido de hidrogênio para gerar radicais hidroxila altamente reativos. Esses radicais são capazes de degradar compostos orgânicos e auxiliar na inativação de microrganismos patogênicos. Além disso, de acordo com Costa (2023), há diversas alternativas de destinação para esse resíduo, como incorporação em argamassas, cimentos e cerâmicas, como também destinação para pavimentação, barreiras impermeabilizantes de aterro sanitário, aplicação na agricultura, biolixiviação e técnicas de desaguamento e recuperação do coagulante. Porém, a melhor alternativa para a destinação do lodo de ETA dependerá das características do resíduo e também da viabilidade técnica e econômica de cada ETA.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os dados obtidos a partir da caracterização físico-química e microbiológica fornecem informações fundamentais para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo e tratamento do lodo, com foco na redução de impactos ambientais e no aproveitamento de seus componentes. A caracterização demonstrou elevada variabilidade dos parâmetros, assim como concentrações elevadas de sólidos, ferro e indicadores microbiológicos. A elevada concentração de *E.coli* indicou o potencial de contaminação microbiológica do resíduo e as elevadas concentrações de EBA, o apontam como um potencial indicador de eficiência de remoção no caso de tratamento dessa matriz.

O uso de tecnologias avançadas, como a reação Fenton, demonstram grande potencial ao combinar eficiência na degradação de contaminantes orgânicos com a capacidade de reduzir a carga microbiológica, possibilitando a integração dessas técnicas com outras abordagens sustentáveis. Essa integração não apenas contribui para a segurança ambiental, mas também promove o reaproveitamento de recursos, alinhando o gerenciamento do lodo aos princípios da economia circular e da gestão responsável de resíduos. Podendo transformar o lodo de um passivo ambiental em um recurso valioso, promovendo inovações tecnológicas que otimizam a operação das ETAs.

A implementação de práticas sustentáveis no gerenciamento do lodo produzido nas ETAs é indispensável para mitigar os impactos ambientais associados ao descarte inadequado, sobretudo em contextos onde os resíduos gerados possuem alto potencial de contaminação. Essas práticas não apenas contribuem para a sustentabilidade ambiental, mas também fortalecem a viabilidade operacional das ETAs, oferecendo soluções equilibradas entre eficiência, economia e proteção ambiental. O investimento em soluções integradas e inovadoras reflete a importância de alinhar as operações das ETAs com os desafios contemporâneos de gestão de resíduos, buscando o equilíbrio entre desenvolvimento tecnológico e responsabilidade ambiental.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC) da UFJF. À Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da UFJF. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG (APQ-01329-22). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOLI, Cléverson V. (coord.). *Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final*. Campinas: PROSAB, 2001. 273 p.
- APHA; AWWA; WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23. ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro, 2004.
- BRITISH STANDARD INSTITUTE. *BS EN ISO 9308-1: Water quality – Detection and enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria – Part 1: Membrane filtration method*. London, 2009.
- BURGOS, T. N. et al. Caracterização microbiológica e físico-química do lodo de decantadores das estações de tratamento de água após desaguamento em leito de drenagem com manta geotêxtil. *Revista Ciências da Saúde*, v. 17, n. 1, p. 17-24, jan./jun. 2015.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. 2. ed. São Carlos: RIMA, 2005. 1566 p.
- DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. *Seleção de tecnologias de tratamento de água*. v. 1 e 2. São Carlos: LDiBe, 2008. 1560 p.
- DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. *Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos: RIMA, 2002.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.; VOLTAN, P. E. N. *Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. 1. ed. São Carlos: LDiBe, 2011. 454 p..
- GERVASONI, R. *Caracterização e avaliação do potencial de destinação do lodo de estações de tratamento de água do Estado do Paraná*. 2014. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

HEADD, B.; BRADFORD, S. A. Use of aerobic spores as a surrogate for cryptosporidium oocysts in drinking water supplies. *Water Research*, v. 90, p. 185-202, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*, 2017.

MOREIRA, V. T. G.; PAIVA, G. S. de; SOARES, A. F. S. Lodo de estação de tratamento de água (LETA): resíduo ou insumo? *Revista Petra*, v. 3, n. 1, p. 17-37, 2017.

MURICY, B. C.; FARIA, A. A. de; OBRACZKA, M. Alternatives for the environmentally appropriate disposal of sludge from water treatment plants with an emphasis on the Brazilian reality. *Journal of Engineering Research*, v. 3, n. 17, 2023.

OLIVEIRA, K. C.; BASTOS, R. K. X.; SILVA, C. V. da. Esporos de bactérias aeróbias são bons indicadores da eficiência do tratamento de água? Um estudo exploratório. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, p. 1103-1109, 2018.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO – PROSAB. *Aproveitamento do lodo gerado em estações de tratamento de água e esgotos sanitários, inclusive com a utilização de técnicas consorciadas com resíduos sólidos*. 2001.

RICHTER, C. A. *Tratamento de lodos de estações de tratamento de água*. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

ROQUE, A.; MONTALVAN, E. L. T.; BOSCOV, M. E. G. Caracterização mineralógica, química e geotécnica do lodo da estação de tratamento de água Taiaçupeba. *Geotecnia*, v. 151, p. 33-52, 2021.

SCHUOFF, P. A.; BURGOS, N.; LIMA, N. R.; LOPES, A. M.; PELAYO, J. S. Caracterização fenotípica e genotípica de *Escherichia coli*, potencialmente patogênicas oriundas de estação de tratamento de água. *Arquivos de Ciências da Saúde*, v. 21, n. 3, p. 93-98, 2014.

SENA, H. C. *Recebimento de lodo de ETA em ETE por lodo ativado operando com mídia plástica no tanque de aeração*. 2011. 401 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SILVA, I. S.; GARCIA, H. L.; FREITAS, J. A.; COSTA, S. S. L.; MONTEIRO, A. S. C.; GARCIA, C. A. B.; SILVA, J. M. Caracterização físico-química de lodo de estações de tratamento de água – ETA em Aracaju. In: ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE, 12., 2019, Aracaju. *Anais [...]*. Aracaju: [s. n.], 2019.

SILVA, R. P. T. da. *Estudo do uso do lodo de estação de tratamento de água na reação de Fenton*. 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2020.

TAVARES, R. G. *Problemas operacionais na indústria da água: consumo excessivo de cloro na linha tronco de distribuição do sistema Gurjaú e lodos gerados pelas 6 maiores estações de tratamento de água da região metropolitana do Recife*. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

UNITED KINGDOM ENVIRONMENT AGENCY – UKEA. *The microbiology of sewage sludge – Part 3: Methods for the isolation and enumeration of Escherichia coli, including verocytotoxigenic Escherichia coli*. UK, 2003.

VIANA, C. C.; RODRIGUES, F. N.; RIBEIRO, K. D. Caracterização físico-química e biológica do lodo gerado em estação de tratamento de água (ETA). In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA PARA O MEIO AMBIENTE, 4., 2014. *Anais [...]*.