II-1066 - CARACTERIZAÇÃO E USOS ALTERNATIVOS DE LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Lana Machado Alves[(1)]
Técnica em Controle Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN-Campus Natal Central). Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN-Campus Natal Central).
Weslley de Andrade Silva[(2)]
Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN-Campus Natal Central).
Andreza Caline Catarino dos Santos[(3)]
Técnica em Edificações pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN-Campus Natal Central). Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN-Campus Natal Central).
Mateus Chaves Clemente[(4)]
Técnico em Controle Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN-Campus Natal Central). Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN-Campus Natal Central).
Dayana Melo Torres[(5)]
Doutora em Engenharia Ambiental, Docente do IFRN - Campus Natal Central

Endereço[(1)]**:** Avenida Senador Salgado Filho, 1559 - Tirol- Natal - RN - CEP: 59015-000 - Brasil - Tel: (84) 98638-1992 - email: lanamachado163@gmail.com.

RESUMO

Devido aos avanços tecnológicos das cidades que vêm ocorrendo progressivamente, houve um aumento no número de estações de tratamento de esgotos e o consequente incremento da produção de lodos. Esses lodos são considerados resíduos sólidos e muitas vezes são descartados em aterros sanitários. O aumento na produção de lodos oriundos de estações de tratamento de esgotos, vem a preocupação com o descarte desses resíduos. Este trabalho tem por finalidade realizar a caracterização das amostras dos lodos de estações de tratamento de efluentes de origens distintas, visando à viabilidade do reaproveitamento desses resíduos, analisando os possíveis usos e aplicações. O lodo foi coletado em duas estações de tratamento de efluentes distintos: o primeiro de origem de resíduos de caminhões limpa-fossa, e o segundo com características de esgoto doméstico. As ETEs se localizam na região metropolitana de Natal/RN. A preparação das amostras para as análises foi armazenada uma parte em refrigeração e outra para secagem. Este estudo evidenciou que antes de determinar a finalidade para o uso do lodo de ETEs, é de suma importância analisar suas características físico-químicas e microbiológicas, pois cada utilização tem sua especificidade. Em última análise, observa-se que alguns micronutrientes benéficos ao solo, como cobre, zinco, molibdênio, ferro e cálcio, estão presentes nas amostras coletadas. Fazendo com que o lodo possa ser utilizado para adubo no solo. Portanto, pode-se concluir que o reaproveitamento desse lodo tratado, trará benefícios ao meio ambiente, visto que essa reutilização reduz o uso dos recursos naturais e minerais, assim, faz com que todo o gasto com o tratamento desse lodo seja ressarcido através desses benefícios.

PALAVRAS-CHAVE: Efluente Limpa Fossa, Efluente Industrial, Lodo.

INTRODUÇÃO

Devido aos avanços tecnológicos das cidades que vêm ocorrendo progressivamente, houve, segundo Batista (2015), um aumento no número de estações de tratamento de esgotos e o consequente incremento da produção de lodos. Esses lodos são considerados resíduos sólidos e muitas vezes são descartados em aterros sanitários. Bringhenti, et al (2018) conclui que a presença do lodo pode comprometer a operação e a estabilidade do aterro sanitário, agravando aspectos ambientais, com consequentes efeitos à saúde.

De forma geral, o lodo pode apresentar diferentes características em função da tipologia do efluente tratado, bem como devido a tecnologia de tratamento empregada. Correia (2015) diz que dependendo da origem e do tratamento dado ao esgoto este pode conter microrganismos e metais pesados, representando um risco para saúde humana e ambiental. Por causa desses riscos o reaproveitamento do lodo gera conflitos, dado que muitas das suas aplicações podem ter restrições de certos elementos químicos, como os metais pesados.

Em razão disso, é relevante conhecer as características químicas do lodo, pois faz com que o seu uso seja destinado para uma finalidade adequada e eficaz mediante às suas características. Já que o lodo pode ter diversas formas de aplicações, como, por exemplo: a aplicação do lodo no solo para fornecimento de matéria orgânica e nutrientes como nitrogênio e fósforo (FIGUEIREDO, 2019). No entanto, o lodo ainda é regularmente tratado como rejeito ao invés de resíduo. Essa destinação inadequada pode comprometer até 50% do orçamento operacional de um sistema de tratamento, além de apresentar elevado potencial de carga poluidora, capaz de gerar sérios problemas socioambientais (VISENTIN et al., 2017).

Dada à relevância do aumento na produção de lodos oriundos de estações de tratamento de esgotos, vem a preocupação com o descarte desses resíduos que ainda é pouco utilizado e, costumeiramente, tem como o seu curso final os aterros sanitários. Por isso faz-se necessário a busca por alternativas de destinação benéficas e asseguradas, assim gerando a diminuição desses resíduos nos aterros e, consequentemente, a redução dos impactos que eles causam no meio ambiente. Entretanto, para que essa destinação não seja feita de forma inadequada, é muito importante a realização das análises físico-químicas para definir suas características, visto que por meio dessa caracterização pode-se definir com segurança quais os melhores destinos para as aplicabilidades deste resíduo.

OBJETIVO

Este trabalho tem por finalidade realizar a caracterização das amostras dos lodos de estações de tratamento de efluentes de origens distintas, visando à viabilidade do reaproveitamento desses resíduos, analisando os possíveis usos e aplicações.

MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo foi coletado em duas estações de tratamento de efluentes (ETEs) distintas: o primeiro coletado em uma ETE que trata resíduos de caminhões limpa-fossa, e o segundo de uma ETE Industrial com características de esgoto doméstico. As ETEs se localizam na região metropolitana de Natal/RN. As amostras foram coletadas em dias diferentes, sendo o primeiro dia de coleta na Imunizadora Potiguara (Figura 1), e o segundo dia na Vicunha Indústria Têxtil (Figura 2). Abaixo estão as imagens do lodo das ETEs no momento da retirada do local armazenado.

Figura 1: Primeira coleta.

Figura 2: Segunda coleta.

A Imunizadora Potiguar tem uma ETE onde o efluente vem de fossas de diversas origens. No dia 24 de outubro de 2022, no horário da tarde, a equipe realizou a primeira coleta. A amostra foi feita de forma simples, ou seja, a amostra foi coletada apenas em um ponto em cerca de 20 cm de profundidade. A coleta na ETE de Limpa Fossas foi feita de um lodo que estava no leito de secagem há 3 meses, e oriundo da segunda lagoa de estabilização. Tinha um aspecto mais seco e apresentava menos odor.

O segundo dia de coleta foi na Vicunha Indústria Têxtil, realizado em 08 de novembro de 2022 pela manhã, em um reservatório de armazenamento de lodo, o lodo foi disposto lá após passar por uma prensa para retirar a água. A segunda amostra também foi coletada de forma simples. Na ETE industrial o lodo estava disposto a apenas 3 dias, e apresentava aspectos mais úmidos, mesmo tendo passado por uma prensa para desaguar. O lodo ao ser espalhado para ir para estufa de secagem apresentou odor. Cabe destacar que o lodo industrial corresponde ao tratamento do efluente doméstico da empresa, que tem como composição as águas de torneiras e banheiros.

A preparação das amostras para as análises se deu assim que chegaram ao laboratório, onde dois frascos eram misturados e colocados em uma bandeja para secagem visando a retirada de umidade, e um frasco com o lodo fresco ficou sob refrigeração para outras análises que não precisassem dele seco.
Estão sendo realizadas análises no espectrofotômetro de chama para verificação dos íons, também no espectro de absorção atômica para verificação de macro e micronutrientes. Para a análise granulométrica utilizou-se as peneiras de 200, 100, 60, 14 e 4 mesh. As demais análises estão descritas na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Análises realizadas

Parâmetro	Método	Referência baseada na APHA, 2017
pH	Eletrometria	APHA - 4500-H+
Coliformes Termotolerantes	Tubos múltiplos	APHA - 9213- D

Para leitura do pH se fez uma diluição de 1:10 em água, conforme CONAMA 375.

Para a preparação de amostra para a análise de FRX a amostra passou por secagem para remoção da umidade. O segundo passo foi feita a fragmentação da amostra, também chamada de cominuição. Para fragmentar utilizamos o cadinho com bastão. Após isso foi realizada a gravimetria, depois houve o quarteamento e em seguida usou o moinho de alta energia que deixa a amostra abaixo de 400 mesh. Por último é realizada a rotulagem, que visa identificar a amostra.

Para o FRX foi quarteada uma amostra em quantidade 1.335,5 g da amostra de Fossa, e 495,6 g do industrial, em ambas se utilizou cerca de 30 gramas das amostras para cada repetição da análise. A análise química foi realizada no ARL QUANT'X, espectrômetro de fluorescência de raios X (FRX) de bancada versátil por fluorescência de raios X de energia dispersiva (EDX).

As amostras foram submetidas, na forma de pó solto, à análise de Espectroscopia de Fluorescência de Raios-X (FRX), utilizando um Espectrômetro, de Bancada, de Energia Dispersiva (EDXRF), da Marca Thermo Fisher Scientific, Modelo ARL QUANT'X., utilizando o método à ar. A análise de FRX lê os elementos químicos presentes na amostra desde o flúor (9) ao Amerício (95) da tabela periódica. As análises foram realizadas em triplicata.

RESULTADOS OBTIDOS

O lodo gerado em uma ETE tem uma composição que varia desde o tipo de esgoto que será tratado como o tratamento que esse esgoto vai receber, e essa composição do lodo pode conter tanto componentes orgânicos, como inorgânicos e até mesmo metais pesados (VIANA, 2013).

Os resultados da análise química semiquantitativa em % estão descritos a seguir. É calculada pela proporção da quantidade de elementos pela quantidade da amostra, em unidades de massa (g). Porcentagem massa-massa (m/m%).

Tabela 2: Resultados da análise de FRX.

Amostra Lodo Fossa				Amostra Lodo Industrial			
Elementos	m/m%			Elementos	m/m%		
	Média	Mínimo	Máximo		Média	Mínimo	Máximo
Si	23,8267	23,4300	24,4000	Si	20,4433	20,3700	20,5100
Al	8,9033	8,6400	9,1600	S	7,3600	7,2800	7,4300
S	4,0600	4,0300	4,1100	Ca	7,2933	7,2800	7,3000
Ca	5,4233	5,2900	5,5000	Al	5,0600	4,9000	5,2000
Fe	4,7733	4,5400	4,9700	P	3,6100	3,5700	3,6300
P	1,3233	1,2900	1,3400	Fe	2,3067	2,2900	2,3400
Ti	1,0833	1,0200	1,2100	K	2,1767	2,1600	2,2000
K	0,8240	0,8180	0,8280	Cl	2,2433	2,2300	2,2500
Cl	0,5987	0,5900	0,6070	Cu	0,3500	0,3470	0,3540
Zn	0,3640	0,3460	0,3830	Ti	0,2577	0,2550	0,2590

Zr	0,1430	0,1360	0,1570	Zn	0,2497	0,2490	0,2510
Ba	0,1487	0,1280	0,1630	Mn	0,1573	0,1540	0,1590
Cu	0,0870	0,0750	0,0939	Cr	0,0532	0,0530	0,0534
Co	0,0765	0,0670	0,0814	Ni	0,0580	0,0568	0,0592
Mn	0,0434	0,0426	0,0440	Sr	0,0569	0,0561	0,0579
Cr	0,0354	0,0326	0,0374	Co	0,0297	0,0284	0,0312
Sr	0,0304	0,0288	0,0314	Pb	0,0196	0,0192	0,0204
Ni	0,0166	0,0157	0,0171	Mo	0,0093	0,0087	0,0099
Pb	0,0112	0,0107	0,0119	Br	0,0080	0,0078	0,0082
Mo	0,0063	0,0061	0,0064	-	-	-	-
Sn	0,0062	0,0053	0,0074	-	-	-	-
Nb	0,0041	0,0039	0,0042	-	-	-	-

Por não haver a possibilidade de ler os elementos Nitrogênio e Carbono não deu para quantificar a matéria orgânica com essa análise de FRX, mas as análises de quantificação desses elementos estão em andamento.

Para realização da leitura do pH pesou-se 10g de amostra, conforme a figura 3, e diluiu-se em 100mL de água destilada tipo I. As leituras foram feitas em triplicata no peagâmetro da Figura 4 e as amostras após a diluição estão demonstradas na figura 5.

Figura 3: Pesagem do lodo.

Figura 4: peagâmetro.

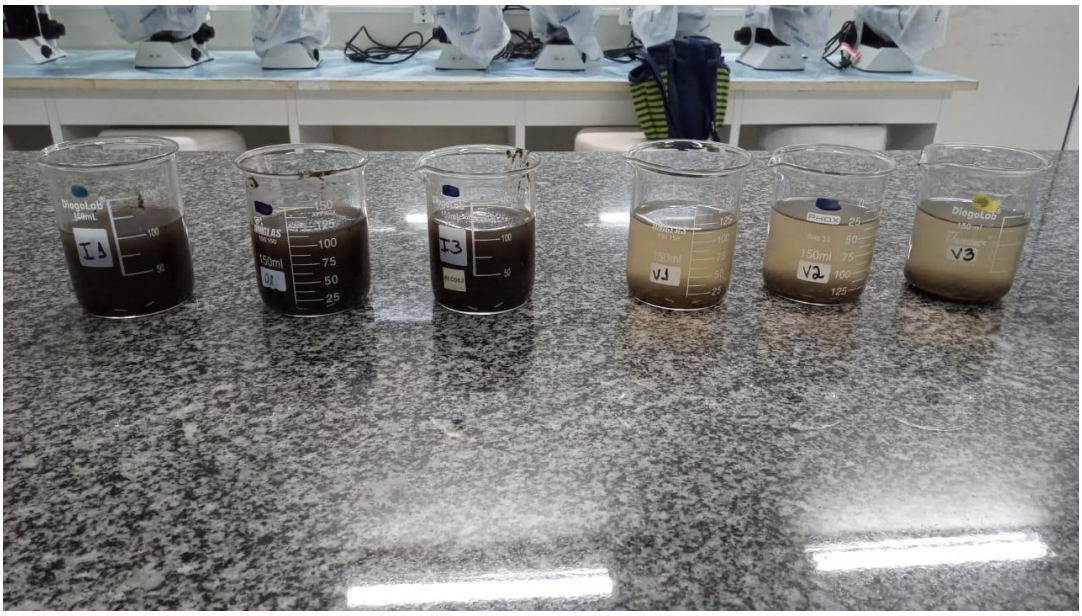

Figura 5: Amostras de lodo diluída.

Tabela 3: Resultados das análises realizadas

Parâmetro	Amostra Lodo Fossa	Amostra Lodo Industrial
pH	7,27	8,16
	7,39	8,30
	7,32	8,25
Coliformes Termotolerantes	< 1,0 NMP	< 1,0 NMP

O pH da amostra de Lodo industrial foi mais elevado que do Lodo fossa, não muito distante da neutralidade.

O lodo após participar do tratamento de diversos litros de efluentes fica inútil para a ETE e acaba sendo descartado ou armazenado na estação para um posterior uso ou descarte. Alguns usos alternativos que um lodo de ETE pode ter é: Adubo, Bio óleo, Tijolo, Cimento, Cerâmica, Recuperação de solo, Pavimentação (VIANA, 2013; TOLEDO FILHO E BARBOSA, 2016; VIEIRA E ALEXANDRE, 2014; SILVA E CHINELATTO, 2015; DINIZ E MELO, 2019).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

O lodo quando é destinado ao uso agrícola recebe o nome de biossólido e possui alguns micronutrientes benéficos ao solo, como o cobre, zinco, molibdênio, ferro, magnésio e cálcio Nas duas amostras analisadas observou-se a presença de quase todos eles, exceto o magnésio (VIANA, 2013).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 375, de 29 de agosto de 2006, diz que para a caracterização do potencial agronômico do lodo de esgoto deverão ser determinados os seguintes parâmetros: Arsênio; Bário; Cádmio; Chumbo; Cobre; Cromo; Mercúrio; Molibdênio; Níquel; Selênio e; Zinco. Nas amostras foram encontrados os elementos: Chumbo, Cobre, Cromo, Níquel e Zinco. Os demais elementos pode-se considerar ausente nas amostras, considerando que estão dentro do espectro de leitura do equipamento.

Campos e Alves (2008) citam que como fonte alternativa para a adubação orgânica, o lodo de esgoto vem revelando-se como um importante insumo agrícola, de interesse na recomposição de solos degradados, bem como na fertilização das culturas. Os citados autores fizeram um trabalho sobre o uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado e dentre as conclusões chegadas eles observaram que o uso de lodo de esgoto proporcionou maior rendimento de matéria verde e seca da braquiária (Brachiaria decumbens) e promoveu maior crescimento das plantas de eucalipto (Eucalyptus citriodora Hook). Como visto na CONAMA 375 as duas amostras de lodo estão próprias para o uso agrícola, logo, para fins de recuperação de solos degradados também está apropriado.

Para o biodiesel, os autores Vieira e Alexandre (2014) mostram em seu estudo os processos de formação do lodo de esgoto, como também a composição característica dos lodos, mostrar o processo de pirólise termocatalítica, seus rendimentos e características dos bio-óleos produzidos. Os usos do lodo para este fim precisam ser realizadas análises térmicas e outras análises, como não foram realizadas no estudo não há como aferir se o uso do lodo com finalidade de biodiesel é possível.

Segundo os autores Fontes, Toledo Filho e Barbosa (2016), no estudo sobre a capacidade da Cinza de Lodo de Estações de Tratamento de Esgotos (CLE), a CLE é um elemento que auxilia na elaboração do concreto com o cimento Portland, dado que as análises revelaram que as utilizações das cinzas do lodo são tecnicamente benéficas e executáveis, visto que trouxeram benefícios para as características que foram analisadas. Ademais, houve uma redução na utilização do cimento, assim, gerando viabilidade econômica financeiramente. Para esta finalidade precisa-se do teor de umidade, sólidos totais e matéria orgânica do lodo de esgoto, como algumas destas análises estão sendo realizadas não há como confirmar se o uso seria possível. Também cabe ressaltar que para fins de construção civil é necessário realizar a amostragem do concreto e testes de resistência e outros para assegurar sua confiabilidade.

Na inquirição realizada por Silva e Chinelatto (2015), retratou-se que é viável a aplicação do lodo de ETE em massa cerâmica para a produção de tijolo. O estudo mostrou que 25% de lodo adicionado na massa com a temperatura de sinterização de 1100°C, obteve o valor da resistência mecânica equivalente ao da massa que não teve adição do lodo, logo, ficou dentro das especificações impostas pelas normas técnicas. Também notou-se que na medida que acrescentava mais lodo na massa, formavam-se etapas cristalinas cálcicas, as quais contribuem para driblar a dificuldade de hidratação do CaO. Como ambas amostras apresentaram um teor de Cálcio, possivelmente estes lodos, em especial o industrial, apresentariam sucesso aplicados à produção de tijolo.

Diniz e Melo (2019) em uma pesquisa sobre o potencial aproveitamento de lodo de ETE na construção civil, ressaltam que o uso dos resíduos do lodo na pavimentação é viável e benéfico para o meio ambiente, desde que sejam feitas as análises para assegurar as propriedades desse pavimento. Os autores citaram que esse uso reduz a emissão de fumaça, odores e entulhos, além disso, gera uma boa economia financeira.

Em uma análise elaborada por Velho e Bernardin (2011), afirmou-se que atulização do lodo de ETE no revestimento cerâmico é fortemente eficaz e favorável, pois o método para a modificação do resíduo é condizente com as plantas cerâmicas atualmente, com isso, possibilitando ainda mais sua utilização e inserção no mercado. O reaproveitamento desse lodo contribui para a redução do uso dos recursos naturais e minerais. O lodo caracterizado no trabalho tinha os elementos Silício e Alumínio como maiores componentes, assim como o Lodo do limpa fossa, não exatamente nas mesmas proporções. O que indica que o uso seria possível.

Ambas amostras apresentaram uma ausência de coliformes termotolerantes, o que é interessante para o uso desse lodo, pois não apresenta esses patógenos em suas composições. No entanto cabe a realização de análise para verificar a presença de ovos de helmintos.

CONCLUSÕES

Este estudo evidenciou que antes de determinar a finalidade para o uso do lodo de ETEs, é de suma importância analisar suas características físico-químicas e microbiológicas, pois cada utilização tem sua especificidade.

Em última análise, observa-se que alguns micronutrientes benéficos ao solo, como cobre, zinco, molibdênio, ferro e cálcio, estão presentes nas amostras coletadas. Fazendo com que o lodo possa ser utilizado para adubo no solo.

Portanto, pode-se concluir que o reaproveitamento desse lodo tratado, trará benefícios ao meio ambiente, visto que essa reutilização reduz o uso dos recursos naturais e minerais, assim, faz com que todo o gasto com o tratamento desse lodo seja ressarcido através desses benefícios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. E. W. RICE, R.B.BAIRD, A.D.EATON, L.S.CLESCERI, editors. 23ª ed. Washington: American Public Health Association, 2017.
2. BATISTA, L.F. Lodos gerados nas estações de tratamento de esgotos no Distrito Federal: um estudo de sua aptidão para o condicionamento, utilização e disposição final. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. 2015. UnB.
3. CAMPOS,F.S. ALVES,M.C.. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. R. Bras. Ci. Solo, 2008. Disponível em:<encurtador.com.br/cfjL0>. Acesso em 14 nov. 2022.
4. CONAMA; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução n° 375, de 29 de ago. de 2006. Brasília, 2006. Disponível em:<encurtador.com.br/jknzN>, acesso em 26 de nov. de 2022.
5. CORREIA,J.E. (2015). Caracterização físico-química e microbiológica do lodo gerado na estação de tratamento de esgoto contorno. FEIRA DE SANTANA/BA. Revista Eletrônica De Gestão E Tecnologias Ambientais, 2. https://doi.org/10.9771/gesta.v2i2
6. DINIZ,M.A.O.M.; MELO,D.C.P.. Potencial aproveitamento de lodo de ETE na construção civil em Recife/PE. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais. Disponível em:<encurtador.com.br/gh589>. Acesso em 26 nov. 2022.
7. FIGUEIREDO, R. S. Impacto da disposição de lodo de esgoto sanitário sobre características físicas e químicas e a comunidade microbiana do solo. 2019. Dissertação mestrado - UFMG.
8. FONTES,C.M.A. TOLEDO FILHO,R.D. BARBOSA,M.C. Cinza de lodo de esgoto (CLE) em concretos de alto desempenho: caracterização e aplicação. IBRACON Structures and Materials Journal, 2016. Disponível em:<encurtador.com.br/gruST>. Acesso em 25 nov. 2022.
9. SILVA, C.R.L. CHINELATTO,A.L. CHINELATTO,A.S.A. Viabilidade da incorporação do lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) em massa cerâmica para produção de blocos. C. R. L. da Silva et al. / Cerâmica 61, 2015. Disponível em: <encurtador.com.br/wzSZ4>. Acesso em 26 nov. 2022.
10. VELHO,P.L.T. BERNARDIN,A.M. Reaproveitamento de Lodo de ETE para Produção Industrial de Engobes. Cerâmica Industrial,Março/Abril, 2011. Disponível em:<encurtador.com.br/bjqMT>. Acesso em 26 nov. 2022.
11. VIANA, M. M. Obtenção e utilização de produtos de pirólise do lodo de esgoto para adsorção de poluentes em meio aquoso. São Paulo, 2013. Tese de doutorado em Engenharia Química.
12. VIEIRA,G.E.G. ALEXANDRE,G.P. Tratamento, caracterização e obtenção de bio-óleo combustível a partir da pirólise termocatalítica de lodo de esgoto doméstico – uma revisão. Revista Liberato, Novo Hamburgo, jan./jun. 2014.