



II-1486 - COMPOSIÇÃO MINERAL E MICROBIOLÓGICA DE LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Wesley de Andrade Silva⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN-Campus Natal Central).

Lana Machado Alves⁽²⁾

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).

Dayana Melo Torres⁽³⁾

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) 99913-4740 - e-mail: wesley2001silva@gmail.com.

RESUMO

O gerenciamento do lodo é uma problemática preocupante devido a grande quantidade de matéria gerada por dia. A presença dos metais pesados constitui uma das principais limitações ao uso do lodo na agricultura como também contaminação por ovos de helmintos que estão presentes no lodo oriundo da população humana e animal. Além disso, o lodo acumulado nas estações de secagem tem preocupado cada vez mais, pois caso apresente agentes patogênicos podem contaminar solos e rios, bem como ser fonte de infecção para as pessoas e animais que estão em contato com esse material. Foram realizadas coletas exploratórias de lodos de duas ETEs localizadas na região metropolitana de Natal/RN que tratam resíduos esgotados de limpa-fossas e efluentes de uma indústria têxtil combinado com esgoto doméstico. Foi feita a caracterização granulométrica, como também análises de pH, condutividade, umidade e coliformes termotolerantes. Foi utilizado o equipamento Espectrômetro de Fluorescência de Raio X (FRX) para avaliar a composição química das amostras. Este trabalho objetiva realizar a caracterização mineral e microbiológica do lodo produzido em duas ETEs distintas, uma que trata resíduos de caminhões limpa-fossa e outra que trata efluentes domésticos e industriais.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo; FRX.

INTRODUÇÃO

O gerenciamento do lodo é uma problemática preocupante devido a grande quantidade de matéria gerada por dia. A administração dos resíduos gerados do saneamento tem grande importância ambiental, social e econômica, que está contida na Agenda 21 dos países, a qual, foi estabelecida após a realização da Conferência da Nações Unidas quanto ao Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), em 1992 no Rio de Janeiro (ECO-92) (LEE, SANTOS, 2011).

A destinação do lodo de esgoto para a agricultura é uma ótima forma de gestão, pois apresenta menores custos, podendo ser viabilizado tecnicamente através de pesquisa, utilizando o solo como meio de consumo da carga orgânica potencialmente poluidora, além de proporcionar a reciclagem de nutrientes. No entanto, dependendo das suas origens, esses resíduos conseguem apresentar características que podem limitar o seu emprego na agricultura, como presença de patógenos, compostos orgânicos persistentes e tóxicos, compostos nitrogenados e metais pesados (OLIVEIRA, 2000).

A presença dos metais pesados constitui uma das principais limitações ao uso do lodo na agricultura. Geralmente, as concentrações dos metais encontradas no lodo são muito maiores que as naturalmente encontradas em solos, daí a necessidade de avaliação dos riscos associados ao aumento desses elementos no ambiente em decorrência da aplicação desse resíduo (NASCIMENTO et al, 2004).

Cumpri frisar que o esgoto antes de passar por qualquer tipo de tratamento relacionado a estabilização e higienização, contém macronutrientes e micronutrientes. Entretanto, o esgoto oriundo da população humana e animal, também pode conter diversos patógenos como bactérias, vírus, ovos e larvas de helmintos e cistos de protozoários parasitários. Além disso, o lodo acumulado nas estações de secagem tem preocupado cada vez mais, pois caso apresente agentes patogênicos, podem contaminar solos e rios, bem como ser fonte de infecção para as pessoas e animais que tenham contato com o mesmo (PAULINO, CASTRO, SOCCOL, 2001).

Nesse contexto, o trabalho de Lima e Almeida (2020), realizou uma revisão bibliográfica em relação à contaminação parasitária em hortaliças no Brasil e no mundo. Observou-se em seu trabalho que as hortaliças cruas normalmente são contaminadas antes da colheita, através do contato com o solo, dejetos contaminados, água de irrigação, esgoto ou por meio do contato direto com animais domésticos e selvagens, tendo os helmintos uma maior prevalência comparado aos protozoários.

OBJETIVO

Este trabalho objetiva realizar a caracterização mineral e microbiológica do lodo produzido em duas ETEs distintas, uma que trata resíduos de caminhões limpa-fossa e outra que trata efluentes domésticos e industriais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas coletas exploratórias de lodos provenientes de duas ETEs localizadas na região metropolitana de Natal/RN, que tratam resíduos esgotados por limpa-fossa e efluentes de uma indústria têxtil combinado com esgoto doméstico. A fim de garantir uma representatividade dos dados, as coletas foram realizadas em triplicata tanto para a caracterização química dos minerais como para a microbiológica das amostras, neste caso, especificamente a de ovos de helmintos.

As amostras da imunizadora que trata resíduos de caminhões limpa-fossa foram coletadas no mês de outubro de 2022 numa lagoa de armazenamento de lodo que permite o processo de evapotranspiração da água. É importante destacar que esse tipo de resíduo não é considerado um efluente devido às altas concentrações de determinados constituintes, conforme Andreoli (2009). O sistema de tratamento dos resíduos é composto por tratamento preliminar, duas lagoas anaeróbias em série, lagoa facultativa, lagoa de maturação e filtro.

Já as amostras de lodo provenientes de ETE de indústria têxtil foram coletadas em novembro de 2022 após o processo de desaguamento em prensa hidráulica. Vale salientar que essa ETE recebe uma parcela de contribuição de esgoto doméstico oriundo do setor administrativo da indústria, bem como são adicionados determinados produtos para otimizar o tratamento. A ETE é composta por tratamento biológico (lodos ativados) seguido de tratamento físico-químico (coagulação, floculação, decantação e equalização).

A caracterização granulométrica foi feita por meio de um conjunto de peneiras de 4, 14, 60, 100 e 200 Mesh. Além disso, foram feitas as análises de umidade, macro e micronutrientes sendo realizadas com o auxílio do espectro de absorção atômica, como também a verificação dos íons pelo espectrofotômetro de chama. Demais parâmetros físico-químicos e microbiológicos como pH, DQO, Sólidos Totais, Sólidos Totais Voláteis, Coliformes Termotolerantes estão sendo realizados conforme estabelecido por APHA et al. (2017). As análises de ovos de helmintos estão sendo realizadas conforme metodologia adaptada de Santos, Torres e Neto (2010), baseada em USEPA (2003), inserindo a etapa de lavagem e retirada de sedimentos adicionando tampão de acetoacética e acetato de etila. A adaptação na metodologia de lavagem das amostras de lodo para análise é necessária pois uma das características do lodo das ETE's é seu elevado teor de sólidos totais e sedimentáveis, e isso acaba dificultando a separação dos sedimentos contendo os ovos das impurezas e sua visualização no microscópio, conseqüentemente, alterando o resultado final das análises, exigindo portanto, várias lavagens e em especial a

adição do acetato-acético e o acetato de etila, por isso, essa adaptação visa reduzir ao máximo a presença dessas impurezas para uma melhor visualização dos ovos e um resultado mais preciso.

Utilizou-se o Espectrômetro de Fluorescência de Raio X (FRX) de bancada versátil que funciona por fluorescência de raios-X de energia dispersa (EDX) da marca Thermo Fisher Scientific, modelo ARL Quant'X utilizando o método a ar, capaz de quantificar os elementos desde o flúor (F) ao Amerício (Am) para avaliar quantitativamente a composição química das amostras. Tal caracterização foi feita por meio de quarteamento, análise granulométrica e homogeneização das amostras para chegar a uma porção representativa e com granulometria abaixo de 200 Mesh. O equipamento

RESULTADOS

A umidade média para o lodo da imunizadora potiguar foi de 52,44%, e o lodo da indústria têxtil um teor de umidade de 73,81%. Observa-se que o teor de umidade é maior no lodo industrial, devido ao tempo de secagem pelo qual os lodos passaram, sendo o da Imunizadora 3 meses após a disposição, e o industrial após 4 dias. Contudo, a diferença não foi maior pois o lodo industrial passou por uma prensa antes de ser disposto, para retirar uma parte da água presente no lodo.

Do ponto de vista ambiental, o metal pesado pode ser entendido como aquele que, em determinados teores e tempo de exposição oferece risco sanitário, comprometendo a atividade biológica dos seres vivos. (ANDREOLI et al, 2001). Diante do exposto, foi feita a média dos resultados, também seus valores máximos e mínimos, com relação a composição química das amostras analisadas pelo equipamento de FRX como mostrado na Tabela 1, destacando os teores de metais pesados (cor vermelha). A porcentagem é massa-massa (m/m%) na Tabela 1.

Amostra lodo Imunizadora				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	-	-	-	-

Tabela 1: Resultados das análises no FRX.

Análise	Lodo - Imunizadora Potiguar	Lodo - Vicunha Têxtil
pH	7,27	8,16
	7,39	8,3
	7,32	8,25
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	26,8	60,2
	26,4	59,5
	25,4	58,8
Coliformes termotolerantes	< 1,0 NMP	< 1,0 NMP

Tabela 2: Resultados das análises.

As médias para o Lodo da Imunizadora foram: pH 7,33; condutividade 26,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para o Lodo da Vicunha foram: pH 8,24 e condutividade 59,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

No trabalho de Lee e Santos (2011) tendo como principal meta analisar e avaliar o uso do lodo como biocombustível para a recuperação de energia através da queima, estuda-se então a remoção de 80% da umidade para tornar sustentável seu processo de recuperação de energia.

Ao relacionar esses valores e suas utilizações, com os encontrados nas amostras estudadas, pode-se verificar que o processo de secagem desse lodo se mostrou insatisfatório, tendo em vista que o teor obtido foi mais que o triplo encontrado no trabalho de Assunção (2012) e a remoção não chegou na faixa esperada caso fosse utilizado como biocombustível, por esse lodo ter um grande teor de umidade, mostrou-se ineficiente a depender da sua utilização, podendo prejudicar sua utilização, como também o custo para transporte mais elevado. É possível relacionar esses teores de umidade de acordo com o tempo de disposição dos lodos, já que o da limpa-fossa estava na lagoa para armazenamento do lodo por 3 meses e a coleta da amostra da indústria ocorreu após três dias em que o lodo ficou disposto no reservatório para armazenamento. Cabe destacar que essa amostra foi submetida à prensa hidráulica para diminuir ainda mais a quantidade de água contida no lodo.

No trabalho de Samuel (2007) a concentração de metais pesados em lodos domésticos, como no lodo da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) utilizado, apresenta, geralmente, baixo potencial para contaminação do solo. Então, ao analisar os resultados obtidos, observa-se que os teores de Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Zinco (Zn), nas duas amostras, estão abaixo das concentrações máximas permitidas com base no Art. 11 da Resolução do CONAMA nº 357/2006. A aplicação de lodo de esgoto na agricultura tem como uma das principais limitações as altas concentrações de metais pesados, pois são maiores que as encontradas em solos (NASCIMENTO et al, 2004).

Ainda na resolução CONAMA nº 375/2006, para a caracterização do lodo de esgoto ou produto derivado quanto à presença de agentes patogênicos e indicadores bacteriológicos, deverão ser determinadas as concentrações de: I - coliformes termotolerantes; II - ovos viáveis de helmintos; III - Salmonella; e IV - vírus entéricos. Concentrações essas que ainda vão ser analisadas juntamente com análise dos macro e micronutrientes, Demanda Química de Oxigênio (DQO), sólidos totais e voláteis pelo método de gravimetria.

Os requisitos mínimos para a qualidade do lodo destinado para agricultura, tem-se o lodo tipo A, onde as concentrações de patógenos são:

Tabela 3. Classes de lodo de esgoto ou produto derivado - agentes patogênicos. Fonte: CONAMA 357/2006.

Tipo de lodo de esgoto ou produto derivado	Concentração de patógenos
A	Coliformes Termotolerantes <math><10^3</math> NMP / g de ST Ovos viáveis de helmintos <math><0,25</math> ovo / g de ST Salmonella ausência em 10 g de ST Vírus <math><0,25</math> UFP ou UFF / g de ST
B	Coliformes Termotolerantes <math><10^6</math> NMP / g de ST Ovos viáveis de helmintos <math><10</math> ovos / g de ST

Legenda: ST - Sólidos Totais, NMP - Número Mais Provável, UFF: Unidade Formadora de Foco, UFP - Unidade Formadora de Placa.

No trabalho de Souza, Lemainski, Silva e Mazzotti (2008), que tinha como um dos objetivos a determinação de ovos viáveis no lodo de esgoto produzido pela CAESB, indicou nos resultados a presença de 8,45 ovos de helmintos viáveis por grama de sólidos totais utilizando a metodologia de Yanko (2009) com modificações, classificando o lodo como classe B.

Com relação à concentração de ovos de helmintos para este trabalho, ainda não é possível informar pois as análises estão em andamento. Espera-se com os resultados dessas análises, determinar e avaliar a sobrevivência de Helmintos nas amostras das duas estações de tratamento, de modo a caracterizar e classificar o lodo de acordo com a CONAMA nº 375/2006, como também comparar os resultados obtidos nas duas estações de tratamento avaliando sua viabilidade no uso para a agricultura.

CONCLUSÕES

Com base na Resolução do CONAMA nº 375/2006, a análise dos resultados com relação a composição química das amostras utilizando FRX, mostra que os teores de metais pesados estão em conformidade com a legislação, assim como também apresenta teores de micronutrientes que podem beneficiar o solo na adubação, como ferro, cálcio, cobre e zinco, favorecendo assim o uso na agricultura.

Entretanto, o teor de umidade das amostras pode acabar comprometendo o seu uso a depender da finalidade, tendo em vista que o custo para secagem e transporte do lodo podem acabar inviabilizando sua utilização. As demais análises também estão em andamento para verificação de contaminantes patogênicos presentes nos lodos coletados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONAMA, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5956>, acesso em 26 de nov. de 2022.
2. LEE, E. S. H; SANTOS, F. J. S. Caracterização do lodo proveniente de estações de tratamento de esgoto (ETE) e estudo sobre o seu potencial energético. 2011. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/X-001.pdf>>. Acesso em: 06 nov. 2022.
3. NASCIMENTO, C. W. A; BARROS, D. A. S; MELO, E. E. C; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro em aplicação de lodo de esgoto. 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/XqR9Fh3CTLcBcp6QQqNymbD/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 26 de nov. 2022.
4. OLIVEIRA, F. C. Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo num latossolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. 2000, Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-20210104-180736/publico/OliveiraFernandoCarvalho.pdf>>. Acesso em 25 de nov. 2022.
5. PAULINO, C. R; CASTRO, E. A; SOCCOL, V. T. Tratamento anaeróbio de esgoto e sua eficiência na redução da viabilidade de ovos de helmintos. 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rsbmt/a/g6w5NHHmpCnfNCzcm48fLtp/?lang=pt>>. Acesso em: 08 nov. 20022.
6. SANTOS, Y. T. C; TORRES, D. M; NETO C. O. A. Adaptação da metodologia de contagem de ovos de helmintos no conteúdo de fossas e tanques sépticos. 2010.
7. LIMA, A. C. F; ALMEIDA, J. F. M. Contaminação parasitária em hortaliças: Uma revisão integrativa. 2020. Disponível em: <<https://saber.unioeste.br/index.php/variasaude/article/view/26537>>. Acesso em: 25 nov. 2022.
8. ANDREOLI, C. V. Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab_tema_6.pdf>. Acesso em 31 de jan. 2023.
9. ASSUNÇÃO, M. S. L. Caracterização do lodo de lagoa anaeróbia tratado resíduos esgotados de tanques sépticos e fossas com vistas ao aproveitamento. 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/16004/1/MarcellaSLA DISSERT.pdf>>. Acesso em: 31 de jan. 2023.
10. GOMES, S. B. V; NASCIMENTO, C. W. A. BIODINI, C. M. Produtividade e composição mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto. 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/VBTYs7P7y7KGP66BmkSJ6Jj/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 31 de jan. 2023.
11. SOUZA, C. A. LEMAINSKI, J., DA SILVA, J. E., & MAZZOTTI, H. A. Sobrevivência de ovos de helmintos na reciclagem agrícola do lodo de esgoto no Distrito Federal. 2008. Simpósio Internacional de Savana Tropical, v. 2, 2008. Disponível em:



http://simposio.cpac.embrapa.br/simposio_pc210/trabalhos_pdf/00767_trab1_ap.pdf. Acesso em 29 de jan. 2023.