

ISBN 978-65-00-22350-7

<https://www.doi.org/10.28927/2021.leta-1>



LETA 2021

1º ENCONTRO NACIONAL DE LODO DE
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

CONEXÕES PARA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA



Online

17 a 19 de junho de 2021

Editor-chefe: Delma Vidal



unesp

USP

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO LODO DA ETA DE CUBATÃO, SÃO PAULO

*Rodrigo Jun Araki Higashi, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN/CNEN-SP,
rj.higashi@gmail.com*

*Iara Maria Carneiro de Camargo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN/CNEN-SP,
icamargo@ipen.br*

*Maria Eugênia Gimenez Boscov, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, POLI-USP,
meboscov@usp.br*

Palavras Chave: Lodo, ETA, Cubatão, Caracterização

1. INTRODUÇÃO

O lodo de uma Estação de Tratamento de Água (ETA) é um resíduo gerado durante o tratamento das águas de rios e represas para produção de água potável. A ETA de Cubatão gera aproximadamente 60 a 70 t/dia, e esse resíduo tem sido transportado para um aterro industrial no local (MONTALVAN, 2016, p. 67). Durante o processo de produção de água potável ocorre a concentração de diversos elementos no lodo que podem ser nocivos ao meio ambiente e à saúde do ser humano. A determinação da composição química é uma etapa inicial importante para caracterizar o lodo quanto aos elementos presentes, seja para fins de preservação ambiental ou para reaproveitamento do resíduo.

2. OBJETIVO

Caracterização da composição química de lotes do lodo da ETA de Cubatão para observar a variabilidade dos elementos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O lodo provém da estação de tratamento de água (ETA) da Sabesp de Cubatão, município industrial do estado de São Paulo. Ele é gerado do tratamento da água bruta captada no rio Cubatão com cloreto férrico como agente coagulante, cal virgem, ácido fluorsilícico e cloro líquido (MONTALVAN, 2016, p. 67). O lodo foi coletado diretamente da centrífuga da estação em janeiro de 2017 (lodo 5, quinto lote) e março de 2018 (lodo 7, sétimo lote). O lodo 5 foi coletado de uma única vez e o lodo 7 foi composto por meio de 18 amostras de massa superior a 7 kg coletadas durante um mês, cada uma em um dia. As

amostras foram homogeneizadas, reduzidas e fracionadas de acordo com a Teoria de Amostragem, produzindo uma amostra representativa de 18 kg (TSUGAWA, 2019).

O lodo foi caracterizado quanto à umidade, pH, matéria orgânica e composição química. A umidade foi determinada por método gravimétrico e calculada na base úmida e seca (Embrapa, 1997, p. 7) ao longo de um ano. O pH foi determinado em água e em solução de cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ (Embrapa, 1997, p. 83). A matéria orgânica foi determinada por método gravimétrico pela queima do lodo em mufla a 375°C com base na norma NBR 13600 (ABNT, 1996).

A composição química foi determinada por espectrometria de fluorescência de raios X em amostra seca e prensada em dois laboratórios. No Laboratório de Caracterização Tecnológica da Universidade de São Paulo (LCT-USP) a análise foi realizada sem padrões dos elementos químicos compreendidos entre o flúor e o urânio, em espectrômetro da marca Malvern Panalytical, modelo Zetium. Os valores foram normalizados a 100%. A perda ao fogo (PF) foi realizada a 1020°C por 2h e apresentou um valor de 22%. O limite de quantificação foi 0,01%. No Laboratório do Centro de Química e Meio Ambiente do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (CEQMA-IPEN) os teores foram obtidos por análise semiquantitativa utilizando o método de parâmetros fundamentais em espectrômetro de fluorescência de raios X por dispersão de comprimento de onda (WDXRFS), marca RIGAKU, modelo RIX 3000 (GUILHEN, 2019, p. 611). Os limites de quantificação para os elementos foram:

em %, Al (0,4), Fe (0,1), Si (1,2), Ca (0,05), Mg (0,07), Na (0,04), K (0,15), Ti (0,03) e em mg kg⁻¹, P (32), S (54), Cr (10), Cu (4), Zn (14), Ni (8), Mn (73), Sr (19), Zr (15), Pb (2), V (11).

4. RESULTADOS

As características químicas do lodo, pH, matéria orgânica e umidade, foram apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do lodo.

Lodo	pH(KCl)	MO ¹ (%)	Umidade ² (%)	
	pH(H ₂ O)		Base seca	Base úmida
5	5,9	18,2	253,8±7,9	71,5±1,2
	6,6		(n=10)	(n=10)
7	6,4	18,2	266,0±12,6	72,7±0,9
	7,2		(n=16)	(n=16)

¹ MO: matéria orgânica

² Umidade = média ± desvio padrão

Os valores de pH do lodo apresentaram caráter levemente ácido a neutro e semelhantes aos valores de outro lote (Lodo 1) coletado na mesma estação em maio de 2015, pH_(KCl) 6,7 e pH_(H₂O) 7,2 (MONTALVAN, 2016, p. 82). O pH é uma característica importante na mobilidade de metais. Em geral, a lixiviação de metais aumenta em meio ácido e diminui em meio básico (ALLOWAY, 1990, p. 9). Segundo Richter (2001, p. 6), o pH de lodo de ETA proveniente do tratamento da água com coagulante férrico apresenta um caráter básico variando de 7,4 a 9,5 e segundo Hsieh e Raghu (2008, p. 371) o pH deste tipo de lodo varia de 6,25 a 7,15.

Os dois lotes do lodo (5 e 7) apresentaram 18,2% de matéria orgânica. Esse teor está dentro do intervalo entre 15% e 25% determinado em lodo de ETA tratado com sulfato de alumínio (RICHTER, 2001, p. 4). A matéria orgânica é uma fração do lodo que pode influenciar na mobilidade dos elementos presentes nele.

O lodo desidratado em centrífuga apresentou um teor de umidade elevado de 72%

aproximadamente. O teor de sólidos entre 20 e 25% (MONTALVAN, 2016, p. 69), não determinado neste trabalho, complementa a composição do lodo.

A composição química elementar do lodo foi apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Composição química elementar do lodo.

Elementos	L 5 ¹	L 7 ¹	L 7 ²	L 1 ^{2,3}	Média	Dpr ⁴ (%)
	Composição elementar (%)					
Fe	51,8	53,2	43,8	32,2	45,2	21,3
Si	6,53	5,60	4,06	8,54	6,18	30,3
Al	3,65	3,18	1,93	4,71	3,37	34,2
Ca	1,43	2,29	1,43	1,14	1,57	31,6
K	0,79	0,66	0,37	0,83	0,66	31,4
Mg	0,28	0,28	0,16	0,26	0,25	23,4
Ti	0,24	0,21	0,16	0,25	0,22	18,8
Cl	0,14	0,17	0,12	0,13	0,14	15,4
Na	0,10	0,05	0,06	0,07	0,07	30,9
Composição elementar (mg kg ⁻¹)						
Mn	3176	2092	1472	1627	2092	36,8
P	1441	1528	1004	1087	1265	20,4
S	1160	1360	1200	944	1166	14,7
Ni	236	142	<LQ ⁵	1196	525	111
Cu	304	256	160	936	414	85,3
Cr	397	137	274	164	243	48,8
Sr	186	178	254	288	227	23,5
Zn	225	104	<LQ ⁵	160	163	37,2
Zr	44	37	<LQ ⁵	104	62	59,7
Pb	<LQ ⁶	<LQ ⁶	<LQ ⁵	102	-	-
V	<LQ ⁶	<LQ ⁶	<LQ ⁵	28	-	-

¹ Analisado no Laboratório CEQMA-IPEN

² Analisado no Laboratório LCT-USP

³ Valores calculados para o Lodo 1 com base nos dados de Montalvan (2016, p.84)

⁴ Dpr: desvio padrão relativo

⁵ LQ (Limite de Quantificação): <0,01% (Ni, Zn, Zr, Pb, V)

⁶ LQ (Limite de Quantificação): <2 mg kg⁻¹ (Pb), <11 mg kg⁻¹ (V)

O lodo é composto majoritariamente de ferro, seguido de silício, alumínio e cálcio. A quantidade elevada de ferro pode ser explicada pelo agente coagulante (FeCl₃) utilizado no tratamento de água bruta. Os elementos potencialmente tóxicos, Ni, Cu, Cr, Zn e Pb foram encontrados no lodo em menores quantidades, da ordem de mg kg⁻¹. O desvio padrão relativo da média dos elementos nos três lotes de lodo (L7, L5 e L1) variaram de 14,7 a 111%. Isso indica uma variabilidade da composição química do lodo, principalmente para os elementos em menor quantidade, como Ni, Cu e Cr.

5. CONCLUSÕES

A análise da composição química do lodo indicou uma variabilidade na concentração dos elementos potencialmente tóxicos, Cu, Cr e Ni, e um pH ligeiramente ácido que pode favorecer a mobilidade destes elementos. É bom ressaltar que a concentração total destes elementos no lodo não representa a concentração deles no lixiviado do lodo. A concentração destes elementos no lixiviado do lodo não foi apresentada neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo suporte financeiro (processo 2013/50448-8).

À Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) pelo fornecimento das amostras do lodo de ETA de Cubatão.

REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. 1. ed. New York: John Wiley & Sons, 1990. 321 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13600. Solo – Determinação do teor de matéria orgânica por queima a 440°C**. Rio de Janeiro, 1996.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212 p.

GUILHEN, S. N. *et al.* Application of the fundamental parameter method to the assessment of major and trace elements in soil and sediments from Osamu Utsumi uranium mine by WDXRF. **IntEngJ. Ouro Preto** v. 72, n. 4, p. 609-617, oct./dez. 2019.

HSIEH, H. N.; RAGHU, D. Characterization of Water Treatment Residuals and Their Beneficial Uses. *In: GEOCONGRESS: GEOTECHNICS OF WASTE MANAGEMENT AND REMEDIATION*, 177., 2008, New Orleans. **Proceedings [...]**. New Orleans: American Society of Civil Engineers, 2008.

MONTALVAN, E. L. T. **Investigações do Comportamento Geotécnico de Misturas de Solo Arenoso com Lodo da Estação de Tratamento de Água do Município de Cubatão, SP**. 2016. 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

RITCHER, C. A. **Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2001. 112 p.

TSUGAWA, J. K. *et al.* Importance of composing representative samples according to the Theory of Sampling (TOS) for the reuse of water treatment sludge. *In: PANAMERICAN CONFERENCE*, 117., 2019, **Proceedings [...]**