

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE RESÍDUO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA VISANDO A PRODUÇÃO DE MATERIAL POZOLÂNICO PARA APLICAÇÃO GEOTÉCNICA

Joice Batista Reis

Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental e sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim-RS
email: joice.jbr.reis@gmail.com

Érissa A. C. M. Guimarães

Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental e sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim-RS
email: erissa.guimaraes@gmail.com

Josiane Bampi

Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental e sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim-RS
email: josibampi@hotmail.com

Vilson Conrado da Luz

Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental e sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim-RS
email: wilson.conradoluz@gmail.com

William M. Kubiaki Levandoski

Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental e sanitária da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim-RS
email: williankubi@gmail.com

Gean Delise Leal Pasquali Vargas, Dra.

Professora do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim-RS
email: geandelise@uffs.edu.br

Eduardo Pavan Korf, Dr.

Professor do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Erechim-RS
email: eduardo.korf@uffs.edu.br

Resumo. O aumento da industrialização e urbanização acarreta a produção de resíduos sólidos, que apresentam problemática relacionada à poluição por contaminantes ao meio, bem como a disposição final do volume gerado. Assim, objetivou-se neste trabalho caracterizar o lodo proveniente da Estação de Tratamento de Água, localizada no município de Erechim, RS, identificando o potencial de aplicabilidade do resíduo para produção de

pozolanas. Duas amostras do lodo foram estudadas, com e sem a presença de carvão ativado na composição. As análises físico-químicas foram realizadas em laboratórios e apresentaram altos teores de umidade, pH próximo a neutralidade, e baixo teor de carbono orgânico. O resíduo apresentou valores significativos de sílica e alumínio em sua composição. Desta forma, compatibiliza com aplicações na forma de cinza volantes

como agregado a materiais pertinentes a obras geotécnicas.

Palavras-chave: Lodo. Cinzas Volantes. Silico-Aluminosos.

1. INTRODUÇÃO

No processo de tratamento de águas para potabilização, destinadas ao abastecimento público, ocorre a produção de um resíduo sólido denominado lodo. A geração deste resíduo está diretamente relacionada aos tratamentos primário e secundário realizados nas Estações de Tratamento de Água (ETA).

O lodo é um resíduo sólido oriundo do processo de tratamento de água. O resíduo é composto sobretudo de sólidos orgânicos e inorgânicos, podendo se apresentar nos estados sólido, líquido e gasoso (SALES *et al.*, 2011). Pode também apresentar reagentes químicos utilizados durante o tratamento de água, fator com dependência direta da qualidade da água bruta tratada (BOSCOV, 2008).

Nos processos de coagulação, floculação e sedimentação, para a remoção de sólidos dissolvidos, há a formação de lodos com alta carga de metais, principalmente alumínio e ferro, assim como consideráveis quantidades de sílica (HAGEMANN *et al.*, 2019)

Isso ocorre devido a aplicação de coagulantes como $Al_2(SO_4)_3$ e sílica ativada, para aumento da estabilidade dos flocos. De acordo com Ahmad *et al.* (2016) “sílica, alumina, óxido férrico e cal constituem a maior porcentagem de componentes químicos presentes no lodo”.

Dados da literatura estimam, em uma escala mundial, que cerca de 10.000 toneladas de lodo sejam produzidas por dia (BABATUNDE e ZHAO, 2007).

Na literatura encontram-se diversas pesquisas de aplicabilidade a este resíduo, contudo estudos buscando a utilização do lodo como matéria-prima na produção de cinzas volantes foram pouco explorados. Os pozolânicos são materiais que em sua

composição contém sílica e alumínio, sendo assim correspondidos por materiais silicosos ou sílico-aluminosos. Estes, diante de condições específicas, como a presença de água e de hidróxido de cálcio, resultam em compostos cimentícios, exigindo aspectos como temperatura ambiente e estrutura finamente separada para sua reação (ABNT, 2014).

As cinzas volantes são exemplos de materiais com potencial pozolânico, de acordo com a NBR 12653 (ABNT, 2014). Segundo Kihara (1986), as cinzas volantes são classificadas como materiais pozolânicos devido a propriedade de contato com água apresenta capacidade de reação com cal, originando novos materiais com características de materiais aglomerantes.

Diante dessa perspectiva, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o resíduo produzido durante o tratamento de águas de abastecimento de uma estação localizada no município de Erechim - RS, vislumbrando sua possibilidade de aplicação geotécnica, na produção de material pozolânico na forma de cinza volante, assim como o emprego da mesma em outros produtos ou processos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Resíduo do tratamento de Água

O lodo é oriundo da Estação de Tratamento de Água (ETA) situada no município de Erechim-RS. No processo são gerados dois resíduos de lodo distintos, com e sem a adição de carvão ativado. A adição deste reagente químico ao tratamento de água não ocorre de forma rotineira, ela se deve principalmente ao aparecimento de algas, causadoras de odores. Este evento acontece predominantemente em períodos de estiagem, nos quais há o favorecimento de condições que propiciam a proliferação destes organismos.

Para fins deste estudo, foram utilizadas amostras de ambos tipos de lodo, visando um comparativo de propriedades químicas entre os

dois tipos de resíduos e suas correspondentes características favoráveis ou não ao interesse de aplicação.

2.2 Caracterização dos resíduos

A caracterização do resíduo foi realizada através de análises realizadas no laboratório de efluentes e resíduos da UFFS - Campus Erechim. Foi determinado o teor de umidade em base úmida, pelo método gravimétrico, cuja metodologia utilizada incorpora o manual de método de análise de solo (EMBRAPA,1997).

O teor de carbono orgânico foi mensurado utilizando o método da mufla proposto por Goldin (1987). Análises químicas também foram realizadas, como pH e condutividade elétrica, e em ambas se utilizou água como solvente (FALCÃO, 2005).

A composição química do resíduo foi verificada por meio da análise de Fluorescência de Raios-X (FRX) executadas no laboratório de Caracterização Tecnológica da Universidade de São Paulo. Todas as análises descritas foram realizadas para ambas as amostras, com e sem a presença de carvão ativado.

A determinação granulométrica das amostras foi executada de acordo com a NBR 7181 (ABNT, 1984) no Laboratório de Geologia, Geomorfologia, Física e Química dos Solos, da UFFS - Campus Erechim.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resíduo apresentou altos teores de umidade, caracterizando-se como um resíduo semi-sólido, as amostras que continham carvão conferiram umidade de 82,77% em base úmida, mostrando valor inferior às amostras sem a presença deste material, com 98,65%.

O carvão ativado apresenta propriedades adsorptivas, diretamente relacionadas a sua porosidade e área de superfície (MOR *et al.*, 2017), de tal forma a contribuir com a retenção de substâncias e diminuir o acúmulo de moléculas de água, confirmando o menor índice umidade verificada na análise.

O pH de ambos os tipos de resíduos se mostrou próximo a neutralidade, sendo o da amostra com carvão equivalente a 6,05 e a segunda 6,21, respectivamente.

O resíduo tem como característica o baixo teor de carbono orgânico, correspondente a 10,13% para as amostras sem a presença de carvão e 9,52% nas que possuíam o material em sua composição.

Os materiais apresentaram valores significativos de sílica e alumínio em sua composição equivalente a mais de 40% das amostras. Os valores respectivos estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Composição sílica-aluminosa do resíduo.

| (%) | Resíduo com Carvão | Resíduo sem Carvão |
|--------------------------|--------------------|--------------------|
| Óxido de Alumínio | 22,9 | 21,3 |
| Óxido de Silício | 24,4 | 24,7 |

Os resultados obtidos por meio das análises granulométricas e ensaio de sedimentação estão relacionados nas Fig. 1 e 2 e nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Composição granulométrica do lodo sem Carvão.

| Resultado (%) | |
|----------------------|-------|
| Argila: | 49,69 |
| Silte: | 22,82 |
| Areia Fina: | 23,23 |
| Areia Média: | 2,50 |
| Areia Grossa: | 1,76 |
| Pedregulho: | 0,00 |

Tabela 3: Composição granulométrica do Lodo com Carvão.

| Resultado (%) | |
|--------------------|-------|
| Argila: | 41,31 |
| Silte: | 25,17 |
| Areia Fina: | 30,76 |

| | |
|----------------------|------|
| Areia Média: | 2,04 |
| Areia Grossa: | 0,72 |
| Pedregulho: | 0,00 |

Com base nos dados, pode-se averiguar que os resíduos se enquadram como materiais argilo-siltosos com presença de alto teores de areia fina. Quando comparadas as amostras de

lodo com e sem carvão não apresentaram elevadas distinções em suas composições granulométricas. A distribuição granulométrica com predominância de diâmetro de partícula fina contribui para a resistência mecânica do material. Esta propriedade física apresenta conformidade com a exigência da NBR 1265 (ABNT, 2014), enquadrando como possível material pozolânico.

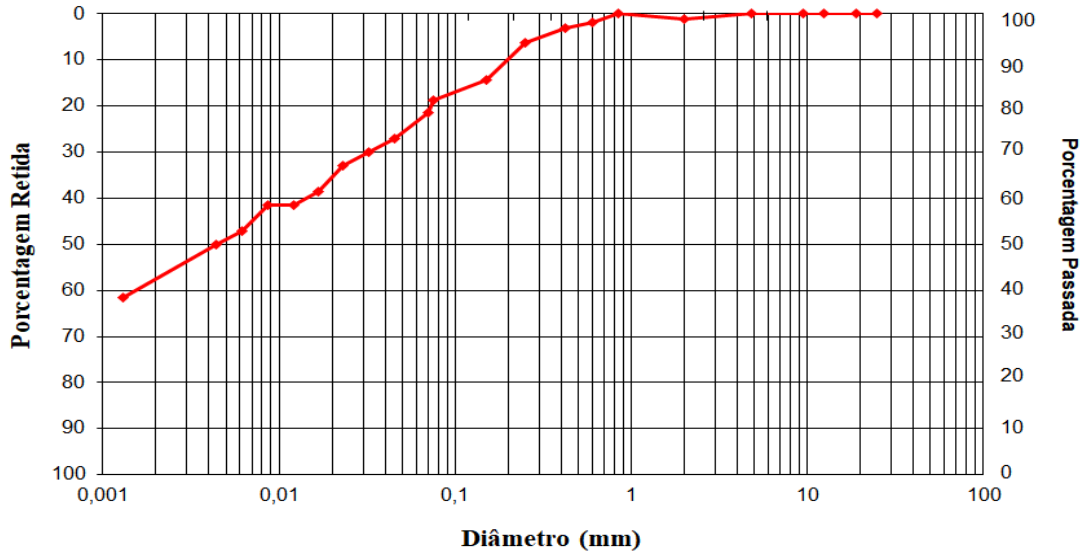


Figura 1: Distribuição granulométrica do Lodo sem carvão

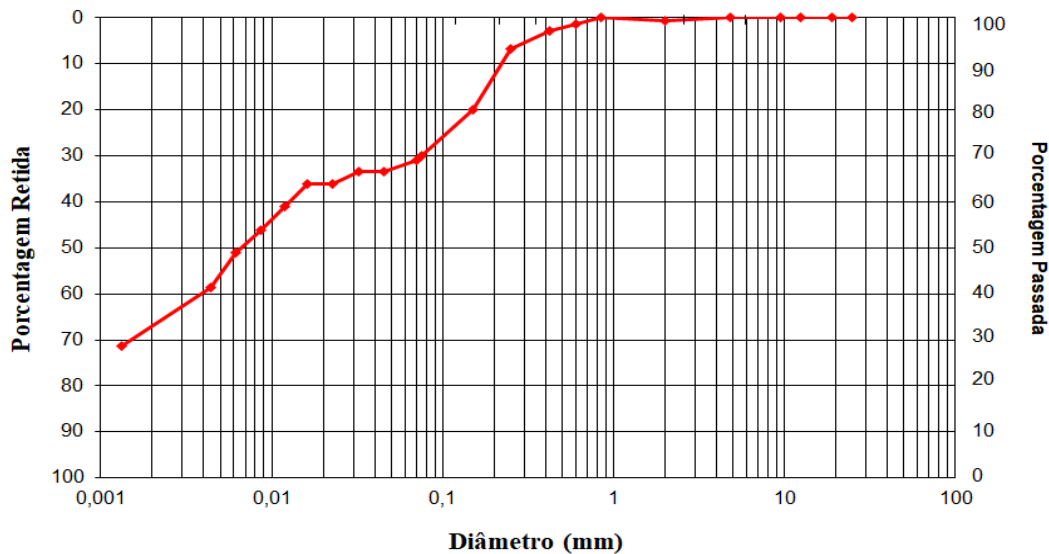


Figura 2: Distribuição granulométrica do Lodo com carvão

Materiais prioritariamente argilosos caulíníficos com proporções semelhantes de Al_2O_3 e SiO_2 quando calcinados, também chamados de metacaulim, são reconhecidos pela elevada atividade pozolânica e por serem altamente reativos (CARMO; PORTELLA, 2008). Segundo Murray (2007), a composição química teórica para o mineral caulinita é de 46,54% de SiO_2 e de 39,50% de Al_2O_3 , assim pode-se obter uma relação entre o Al_2O_3/SiO_2 equivalente a 0,85. De acordo com os dados obtidos, tanto os lodos com e sem carvão apresentam uma relação próxima a esta, o que evidencia o seu potencial a vir a ser um metacaulim com alta reatividade.

O lodo calcinado com atividade pozolânica elevada apresenta alto potencial de aplicabilidades pertinentes em obras geotécnicas, assim como na incorporação de materiais.

O uso de cinzas de lodo de ETA como material pozolânico na substituição parcial de cimento Portland foi avaliado de forma positiva pela literatura (HAGEMANN *et al.*, 2019). Em tais estudos foi observada uma resistência mecânica à compressão equiparável ou superior à mistura convencional de concreto. Estas pesquisas se mostram interessantes pelo potencial de recirculação que este resíduo possui dentro de um setor que apresenta uma alta demanda por matéria prima.

Estudos indicam potencial de incorporação do lodo calcinado em barreiras impermeáveis denominados *liners*, estas por sua vez são extremamente importantes para diminuição da percolação de lixiviados ácidos em aterros de resíduos. Heineck (2002) estudou o comportamento mecânico e hidráulico da adição de materiais reativos em *liners* horizontais, incluindo cinzas volantes. Neste estudo a autora verificou que a adição destes materiais não altera a condutividade hidráulica do solo, entretanto quando submetido a deformações axiais de cisalhamento ocorre uma tendência a diminuição da condutividade hidráulica da barreira e conseqüentemente baixa da permeabilidade.

A aplicação para melhoramento de solos com baixa capacidade de suporte é também uma possibilidade de emprego de materiais pozolânicos, visto que possuem valores de diâmetros médios muito pequenos, sendo capazes de penetrar nos vazios do solo, podendo garantir um aumento de sua resistência (Paula, 2013). Dalla Rosa (2009) mostra em seu estudo que a resistência à compressão simples do solo aumenta com o aumento da quantidade de material pozolânico, também demonstrou que o emprego de tal material reduziu a porosidade do solo, efeito que acarretou em um crescimento exponencial da resistência à compressão simples. Paula (2013) mostra que em solos orgânicos, o emprego de materiais sílico-aluminosos possibilita a redução da aplicação de cimento para estabilização, sem que exista perda da resistência do solo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou as propriedades físico-químicas do lodo de tratamento de água para verificar a possibilidade de produção de material pozolânico a partir do mesmo.

As amostras apresentaram baixo teor de carbono e um alto teor de sílica e alumínio, em que ambos juntos correspondem a 40% do total de cada amostra, sendo os valores similares para as duas amostras.

Esses valores correspondem positivamente para a produção de materiais pozolânicos a partir do resíduo de tratamento de água, tanto para a amostra contendo carvão, quanto para a sem carvão, sendo este material adequado para o uso em relação ao aumento da resistência dos solos e na diminuição da permeabilidade dos mesmos. Portanto, a sua produção a partir de um resíduo o qual seria destinado em um aterro sem uma valoração é de grande ganho socioeconômico, visando as inúmeras possibilidades de aplicação do mesmo.

Recomenda-se para a continuidade da pesquisa, estudos visando a produção, caracterização e a classificação ambiental deste

material, no que se refere a grave problemática de lixiviação de elementos químicos.

5. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira no. 12653. Materiais pozolânicos - Requisitos, 2014.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira no. 7181. Solos- Análise granulométrica- Métodos de ensaio, 1984.

AHMAD, T., AHMAD, K., & ALAM, M. (2016). Characterization of Water Treatment Plant 's Sludge and its Safe Disposal Options. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 950–955.

BABATUNDE, A. O., ZHAO, Y. Q. Constructive approaches towards water treatment works sludge management: a review of beneficial reuses. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, 37 (2007), pp. 129 - 164

BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez. Geotecnia Ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, p. 248. 2008.

CARMO, J. B. M. do; PORTELLA, K. F. Estudo comparativo do desempenho mecânico da sílica ativa e do metacaulim como adições químicas minerais em estruturas de concreto. *Cerâmicas* 54, p. 309-318, 2008.

DALLA ROSA, Amanda. Estudo dos parâmetros chave no controle da resistência de misturas solo-cinza-cal. 2009. Dissertação (Programa de pós-graduação em engenharia civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2009.

EMBRAPA, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Manual de Métodos de Análise de Solo. In: CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS, 1997, Rio de Janeiro. Manual [...]. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

FALCÃO, A. A. Análise química de resíduos sólidos para estudos agroambientais. 2005. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) -Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2005.

GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.*, 18:1111-1116, 1987.

HAGEMANN, S E; GASTALDINI, A. L. G.; COCCO, M.; JAHN, S. L.; TERRA, L. M. Synergic effects of the substitution of Portland cement for water treatment plant sludge ash and ground limestone: Technical and economic evaluation. *Journal of Cleaner Production*, v. 214, p. 916–926, 2019.

HEINECK, K. S. Estudo do comportamento hidráulico e mecânico de materiais geotécnicos para barreiras horizontais impermeáveis. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. 275 p.

KIHARA, Y. O estudo das cinzas volantes brasileiras. *Cerâmica*, 32 (193), 1986.

MOR, Suman *et al.* Utilization of nano-alumina and activated charcoal for phosphate removal from wastewater. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, [s.l.], v. 7, p.15-23, maio 2017. Elsevier BV.

MURRAY, H. H. *Applied clay mineralogy: Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-Sepiolite, and Common Clays.* Elsevier, 2007.

PAULA, Thais Martins de. Melhoramento de solos: adição de cimento, microssílica e cinza de arroz em um silte orgânico. 2013. Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2013.

SALES, A., RODRIGUES, F., SOUZA, D., ROSA, C. (2011). Mechanical properties of concrete produced with a composite of water treatment sludge and sawdust. *Construction and Building Materials*, 25(6), 2793–2798.