

AVALIAÇÃO DA DURABILIDADE DE MATRIZ DE CIMENTO CONTENDO MERCÚRIO ESTABILIZADO POR SOLIDIFICAÇÃO

G. C. Oliveira^{1*}, A. C. L. Patrício¹, A. A. S. Bandeira¹, A. L. F. Brito¹, A. C. S. Muniz¹

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, Laboratório de Gestão Ambiental e Tratamento de Resíduos, Fone: +55 83 2101 1026, Brasil.

*guilhermecostadeoliveira@gmail.com

RESUMO

A fim de avaliar a durabilidade a longo prazo e a perda de massa um material obtido pela estabilização por solidificação de um resíduo sintético de mercúrio em uma mistura de cimento e argila bentonítica, foram realizados ensaios de umidificação/secagem após 14 e 28 dias de cura. Os ensaios foram realizados seguindo o protocolo estabelecido pelo Wastewater Technology Center (1991), onde as amostras foram submetidas a seis ciclos de umidificação com água a $22 \pm 0,5$ °C e secagem em estufa sob temperatura de 105 ± 5 °C e umidificação por 24 horas. A perda de massa encontrada nas amostras após 28 dias de cura foi inferior a apresentada pelas amostras com 14 dias de solidificação, sendo menor do que 15%, que é o recomendado pelo Protocolo de Avaliação de Materiais Estabilizados por Solidificação, dessa forma o material obtido apresenta potencial durabilidade para ser utilizado na construção civil.

Palavras-chave: estabilização, solidificação, cimento, resíduo, mercúrio.

INTRODUÇÃO

A extensa contaminação do meio ambiente por metais pesados oriundos de diversas atividades industriais tem recebido muita atenção nos últimos anos dos países industrializados devido ao aumento do abandono das instalações industriais, dando início a crescente necessidade do desenvolvimento de tecnologias limpas e de baixo custo que promovam proteção suficiente ao meio ambiente e à saúde humana ⁽¹⁾. Nesse contexto a Estabilização por Solidificação (S/S) surgiu como uma

alternativa promissória para reduzir a lixiviabilidade de contaminantes através de meios físicos e químicos, e converter o resíduo perigoso em uma forma ambientalmente aceitável ⁽²⁾.

Conforme ⁽³⁾, a tecnologia de estabilização por solidificação (S/S) tem sido utilizada desde a década de 80 para manejar resíduos industriais; empregando-se materiais selecionados (cimento Portland, cinza volante, calcário entre outros) para alterar as características físicas e químicas dos resíduos a fim de dispô-los em aterros ou transformá-los em novos produtos.

O material utilizado para a S/S não só solidifica resíduos perigosos por meios químicos, mas também torna insolúvel, imobiliza, encapsula, destrói, absorve/adsorve, ou interage de outra maneira com os constituintes do resíduo. O resultado destas interações são materiais sólidos não perigosos ou menos perigosos do que o resíduo original ⁽⁴⁾.

Segundo ⁽⁵⁾, o cimento é o ligante mais utilizado e amplamente estudado. Solidificação com cimento é amplamente compreendida e simples, é facilmente disponível e resulta em um produto estável. Quando empregado o cimento como ligante no processo de S/S, a caracterização química do resíduo é importante com o intuito de prevenir a ocorrência de efeitos deletérios ao concreto, principalmente quando o objetivo é a produção de um material comercializável. Nesse caso, a influência do resíduo sobre a resistência do concreto representa um ponto importante no processo de decisão de empregá-lo como matéria-prima.

No entanto, alguns contaminantes presentes nos resíduos que são imobilizados podem comprometer a integridade do concreto. A fim de que sua propriedade de imobilização de contaminantes seja mantida, o concreto gerado deve ter sua integridade mantida, ou seja, não deve possuir rachaduras, fragmentações ou outros danos físicos ⁽⁶⁾. Conforme ⁽⁷⁾, o maior risco para a ocorrência de tais danos provêm da formação de compostos expansivos formados por reações químicas entre o resíduo e o próprio cimento.

Os mecanismos de hidratação da pasta de cimento são uma série complexa de reações químicas, dissoluções, precipitações, trocas e cristalizações que pode ser alterados de muitas maneiras diferentes. A perturbação mais comum resultante da

presença de espécies químicas alteradas provenientes dos resíduos é a inibição ou aceleração da taxa prevista de alguma fase do processo. É comum misturas de resíduos conter espécies químicas "problemáticas" que interferem na hidratação do cimento ou na estabilidade da forma final dos resíduos ⁽⁷⁾.

O ensaio de umidificação e secagem, simula a disposição das matrizes em um aterro sanitário ou quando submetidos a diferentes usos, avaliando a durabilidade da matriz quando submetida a diferentes temperaturas. De acordo com o Protocolo de Avaliação de ⁽⁸⁾, ao final do ensaio a perda em massa do material não pode ser superior a 15% do seu peso inicial.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar a perda de massa de um material obtido pelo processo de solidificação/estabilização (S/S), em matriz cimentícia, de um resíduo sintético de mercúrio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Preparação do resíduo sintético

O Resíduo sintético de mercúrio (RSHg) foi preparado seguindo a metodologia proposta por ⁽⁹⁾, onde uma massa de óxido de mercúrio foi misturada com hidróxido de cálcio e água destilada, homogeneizando a cada adição, deixando decantar e, em seguida, filtrando-o. O resíduo contido no papel de filtro foi seco durante 24 horas ao ar livre.

Preparação dos corpos de prova

Conforme sugerem o Protocolo de Avaliação de Materiais Estabilizados/Solidificados proposto por ⁽⁸⁾ e a norma brasileira ⁽¹⁰⁾, os corpos de provas foram preparados utilizando Cimento Portland Tipo II (CPII), argila bentonítica (AB) e resíduo sintético de mercúrio (RSHg), conforme apresentados na Figura 1. Os aglomerantes foram pesados separadamente na seguinte proporção: 75% de CPII, 15% de AB e 5% de RSHg. Em seguida foram misturados, e acrescentado água destilada numa proporção 50% em peso de aglomerante. A massa homogênea obtida foi transferida para moldes cilíndricos medindo 5cm de diâmetro e 10cm de altura. Após o preenchimento dos moldes, uma placa de vidro foi posta sobre os mesmos objetivando evitar a perda de água do material; deixou-se

em repouso por 24 horas. Após esse período, o material foi retirado do molde, e após 14 e 28 dias de cura foram realizados os ensaios de umidificação/secagem.



Figura 1. Aglomerantes utilizados para a preparação dos corpos de prova: Cimento Portland Tipo II, Argila Bentonítica e Resíduo Sintético de Mercúrio

Ensaio de Umidificação/Secagem

O ensaio de umidificação/secagem foi realizado com base no procedimento recomendado por ⁽¹¹⁾. Amostras íntegras de 35 gramas (P_{nat}) dos corpos-de-prova foram submetidas a seis (06) ciclos do seguinte procedimento: umidificação com água deionizada a $22 \pm 3^\circ\text{C}$, na proporção de 2:1 em relação à massa da amostra natural; secagem em estufa a temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$ por 24 horas até total evaporação da água; esfriamento em dessecador e pesagem ($P_{ciclo\ i}$). Após cada ciclo foi calculada a perda de peso, pela expressão A.

$$(\%) = \left(\frac{P_{nat} - P_{ciclo\ i}}{P_{nat}} \right) \times 100 \quad (A)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos de perda de massa após os ensaios de umidificação e secagem estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Perdas de massa após os ensaios de umidificação/secagem.

Tempo de Cura	Umidificação/Secagem
14 dias	10,84%
28 dias	8,56%

Verificou-se uma diminuição da perda de massa do material, quando comparado 14 e 28 dias de cura. Após 14 dias, o material apresentou uma perda de massa, após os ciclos de umidificação e secagem, de 10,84%, esse valor decresceu para 8,56% ao atingir o 28º dia de cura. Diminuição essa esperada, pois aos 28 dias as reações de hidratação do cimento estarão mais consolidadas do que aos 14 dias de cura. Esses valores estão dentro dos padrões estabelecidos pelo Protocolo definido por ⁽⁸⁾, onde a perda em peso do material não pode ser superior a 15%.

CONCLUSÕES

No ensaios de umidificação e secagem o valor obtido após 28 dias de cura foi 8,56%. De acordo com o Protocolo de Avaliação de Materiais Estabilizados por Solidificação, após seis ciclos de umidificação e secagem a perda em peso não deve ser superior a 15% do seu peso inicial. Portanto o valor encontrado está dentro do limite máximo permissível, tendo esse material potencial para ser utilizado na construção civil. Para se ter mais precisão ao definir a rota de destinação, ou reuso do material, é necessário realizar outros ensaios pré-estabelecido pelo Protocolo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

- (1) VOGLAR, G.E.; LESTAN, D. Equilibrium leaching of toxic elements from cement stabilized soil. *Journal of Hazardous Materials*. v.246, p.18-25, 2013.
- (2) SHI, C.; SPENCE, R.D. General guidelines for S/S of wastes. In: SHI, C.; SPENCE, R.D. *Stabilization/Solidification of Hazardous, Radioactive and Mixed Wastes*. Boca Raton, FL.: CRC Press, 2005, p.378.

- (3) COCKE, D.L.; MOLLAH, M.Y.A.; PARGA, J.R.; HESS, T.R.; ORTEGO, J.D. An XPS and SEM/EDS characterization of leaching effects on lead – and zinc – doped Portland cement. *Journal of Hazardous Materials*, v.30, p.83-95, 1992.
- (4) MALVIYA, R.; CHAUDHARY, R. Factors affecting hazardous waste solidification/ stabilization: a review, *Journal of Hazardous Materials*. v.137, p.267-276, 2006.
- (5) ROY, A.; EATON, H.C.; CARTLEDGE, F.K.; TITTLEBAUM, M.E. Solidification/Stabilization of a Heavy Metal Sludge by a Portland Cement/Fly Ash Binding Mixture. *Hazardous Waste and Hazardous Materials*. v.8, n.1, p.33-41, 1991.
- (6) GLASSER, F.P. Progress in the immobilization of radioactive wastes in cement. *Cement and Concrete Research*. v.22, n.2, p.201-216, 1992.
- (7) Mattus, C.H.; Gilliam, T.M. A literature review of mixed waste components: sensitivities and effects upon solidification/stabilization in cement-based matrices. Washington, D.C: U.S Department of Energy Office of Technological Development, 1994.
- (8) BRITO, A. L. F. Protocolo de avaliação de materiais resultantes da estabilização por solidificação de resíduos. 2007, 179p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – UFSC, Florianópolis.
- (9) MINOCHA, A.K.; JAIN, N.; VERMA C.L.; Effect of inorganic materials on the solidification of heavy metal sludge. Environmental Science and Technology Division, Central Building Research Institute, India, 2003. p. 1695-1701.
- (10) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 7.215: Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 8p, 1996.
- (11) WASTEWATER TECHNOLOGY CENTER - WTC-EC-EPS-3/HÁ/9. Proposed evaluation protocol for cement-based stabilization/solidification wastes. Canada: Environment Canada. 1991.

DURABILITY EVALUATION OF CONCRETE MATRIX CONTAINING MERCURY STABILIZED BY SOLIDIFICATION.

ABSTRACT

In order to evaluate the long-term durability and mass loss for a material obtained by solidification/stabilization process of a synthetic residual mercury in a mixture of

cement and bentonite clay, humidification/drying tests were performed after 14 and 28 days of curing. Assays were performed following the protocol established by Wastewater Technology Center (1991), where the sample was subjected to six cycles of humidification with water at 22 ± 5 ° C and drying in at a temperature of 105 ± 5 ° C and humidification for 24 hours. The mass loss found in the samples after 28 days of curing was lower than that shown by samples 14 days solidification being less than 15%, which is the recommended by Protocol for Evaluation of Solidification/Stabilization Materials, thus the material obtained presents potential durability to be used in construction.

Keywords: stabilization, solidification, cement, waste, mercury.