



## **ESTUDO SOBRE SOLIDIFICAÇÃO/ESTABILIZAÇÃO DE LODO DE LAVANDERIAS INDUSTRIAIS PARA FABRICAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS ACÚSTICOS (RESSOADORES DE HELMHOLTZ)**

*Paulo Henrique Souza Almeida<sup>1</sup>, Célia Regina Granhen Tavares<sup>2</sup>, Oswaldo Teruo Kaminata<sup>3</sup>, Janaina de Melo Franco<sup>4</sup>*

**RESUMO:** As lavanderias industriais têxteis, durante o tratamento de seus efluentes, geram quantidades consideráveis de lodo. Outro grave problema ambiental está relacionado com o ruído gerado pelo tráfego de veículos principalmente no meio urbano. O uso de materiais absorvedores de energia sonora e de barreiras acústicas tem se difundido como uma alternativa para o controle de ruído. O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade da incorporação do lodo de lavanderias industriais têxteis, por meio do processo de Solidificação/Estabilização em blocos cerâmicos acústicos (ressoadores de Helmholtz). Foram produzidas amostras de blocos cerâmicos, em escala reduzida, utilizando formulação com 20% de lodo, na massa de argila cerâmica. As análises físicas, mecânicas e químicas dos blocos apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos nas normas vigentes.

**PALAVRAS-CHAVES:** Lodo, argila, bloco cerâmico acústico, solidificação/estabilização.

### **1 INTRODUÇÃO**

No último século, foi constatado um crescimento urbano intenso na maioria das cidades brasileiras. Paralelamente a este crescimento surgiram problemas de cunho social e ambiental, tal como o crescente processo de geração de resíduos, principalmente industriais. Outro problema ambiental comum nas metrópoles brasileiras é o ruído gerado, principalmente pelo tráfego de veículos no meio urbano, o qual é capaz de provocar efeitos danosos à saúde da população.

A técnica de Solidificação/Estabilização (S/E) é umas das formas de tratamento e disposição dos resíduos industriais. O processo consiste no encapsulamento do resíduo junto à matriz sólida, para que este se mantenha fixado na massa, em consequência da fusão com queima ou cimentação com aditivos quimicamente reativos entre os materiais envolvidos.

O objetivo deste trabalho foi estudar a incorporação do lodo de lavanderias industriais têxteis, por meio do processo de Solidificação/Estabilização, em blocos

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia Química – bolsista CNPq, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá - Paraná. E-mail: [phtoal@yahoo.com.br](mailto:phtoal@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Professora-orientadora do programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá – Paraná. E-mail: [celia@deq.uem.br](mailto:celia@deq.uem.br)

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Engenharia Civil, Centro Universitário de Maringá (CESUMAR), Maringá - Paraná. E-mail: [ostka@bol.com.br](mailto:ostka@bol.com.br)

<sup>4</sup> Mestre em Engenharia Urbana - bolsista CAPES, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana. Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá - Paraná. E-mail: [janydemelo@gmail.com](mailto:janydemelo@gmail.com),

cerâmicos acústicos (ressoadores de Helmholtz). A incorporação do lodo têxtil em matriz sólida foi realizada na proporção de 20% de m relação à argila, produzindo-se materiais aplicáveis na construção civil.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A argila cerâmica utilizada neste trabalho foi extraída da jazida formada por sedimentação aluvial, localizada próximo às margens do rio Ivaí no Município de Paranapoema-PR. A mesma foi caracterizada quanto ao teor de umidade e matéria orgânica total, pH, análise química (relacionada aos metais por meio da digestão ácida), e massa específica (método do picnômetro).

O resíduo têxtil (lodo) utilizado neste trabalho foi proveniente de 10 lavanderias industriais situadas na região de Maringá-PR, e é gerado no processo de tratamento de efluentes, na fase de decantação (tratamento primário). O lodo foi caracterizado quanto aos seguintes parâmetros: teor de umidade e matéria orgânica total, massa específica (método do picnômetro), pH, análise química (relacionada aos metais) e quanto suas características tóxicas relacionadas aos procedimentos de lixiviação (NBR 10005/2004) e solubilização (NBR 10006/2004).

Os ensaios de resistência a compressão e absorção de água foram realizados conforme procedimento descrito na norma NBR 15270-3/2005 da ABNT. A caracterização dos blocos cerâmicos referentes às análises químicas foi feita por meio da determinação de suas características tóxicas, relacionadas aos procedimentos de lixiviação (NBR 10005/2004) e solubilização (NBR 10006/2004).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da caracterização do lodo e da argila cerâmica, bem como os resultados das análises de metais.

**Tabela 1** - Características do resíduo têxtil (lodo) e da argila cerâmica.

PARÂMETROS	LODO	ARGILA
Aspecto	pastoso	seco
pH	6,56	4,81
Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	1,86	2,62
Matéria Orgânica Total (%)	41,70	5,33
Umidade (%)	16,87	4,46
<b>Metais (mg/Kg)</b>		
Alumínio	180.380,00	9.170,00
Chumbo	240,00	155,00
Cobre	496,50	7,50
Cromo	129,50	2,00
Ferro	27.540,50	6.241,00
Manganês	5.014,00	415,50
Sódio	10.785,70	882,80
Prata	97,00	68,50
Arsênio	705,00	335,00

Por meio da análise de caracterização do resíduo, observou-se que o lodo têxtil possui uma grande quantidade de alumínio, ferro, manganês e sódio. Provavelmente estes metais são provenientes do processo de tratamento dos efluentes que se fixam no resíduo sólido, que na maioria das indústrias, é feito por processo de coagulação/floculação, utilizando sulfato de alumínio e cloreto férrico como agentes coagulantes.

As Tabelas 2 e 3 apresentam os resultados das análises de caracterização tóxica do lodo têxtil, relacionadas aos ensaios de lixiviação (NBR 10005/2004) e solubilização (NBR 10006/2004), respectivamente.

**Tabela 2** - Características tóxicas do resíduo (procedimento de lixiviação)

METAIS	Concentração (mg/L)	Lim. Máx. (mg/L) NBR 10004/2004 (Anexo F)
Bário	4,69	70,0
Cádmio	0,02	0,5
Chumbo	0,18	1,0
Cromo	0,04	5,0
Fluoreto	0,60	150,0
Prata	0,17	5,0

Verificou-se no ensaio de lixiviação que pelo fato de nenhum dos elementos químicos terem seus constituintes lixiviados acima do valor de referência do Anexo F da NBR 10004/2004, o resíduo pode ser classificado como não perigoso – Classe II.

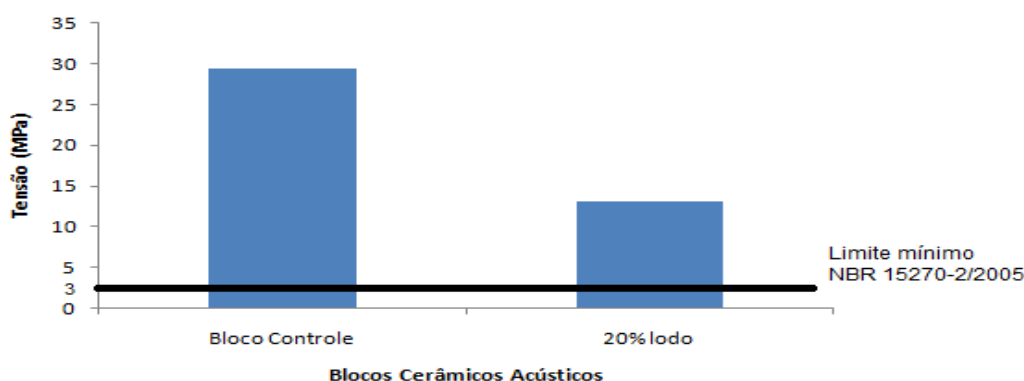
**Tabela 3** - Características tóxicas do resíduo (procedimento de solubilização)

METAIS	Concentração (mg/L)	Lim. Máx. (mg/L) NBR 10004/2004 (Anexo G)
Bário	0,210	0,700
Cádmio	0,017	0,005
Chumbo	0,190	0,010
Cromo	0,05	0,050
Prata	0,121	0,050
Alumínio	0,630	0,200
Ferro	1.556	0,300
Sódio	459,321	200,0

Os resultados das concentrações dos metais presentes no extrato solubilizado mostram que, Al, Pb e Na estão acima dos limites estabelecidos, demonstrando que no resíduo têxtil há ocorrência de metais que solubilizam em quantidades superiores aos permitidos pela NBR 10004/2004 da ABNT, o que leva a classificá-lo como um resíduo de classe II A - não inerte.

### **Caracterização dos blocos cerâmicos acústicos**

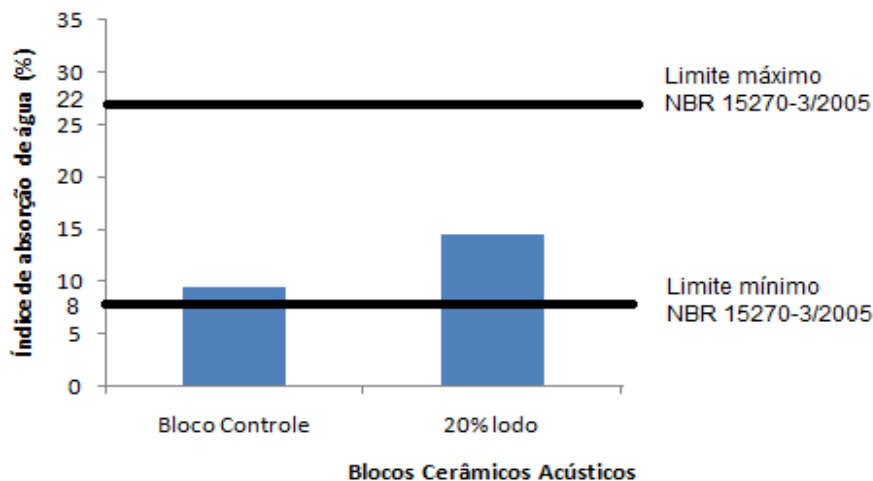
Na Figura 1, tem-se uma melhor visualização do ensaio de resistência mecânica dos blocos acústicos testados.



**Figura 1.** Resistência a compressão em amostras dos blocos cerâmicos acústicos.

Observa-se que com a incorporação de lodo houve uma tendência de redução do valor da resistência à compressão, este comportamento pode ser associado ao aumento da porosidade formada na queima dos blocos cerâmicos acústicos, devido principalmente à volatilização da matéria orgânica e da água durante o processo de queima presente no lodo.

Na Figura 2, tem-se uma melhor visualização do processo de absorção de água, obtido em blocos cerâmicos acústicos.



**Figura 2.** Índice de absorção de água em amostras dos blocos cerâmicos acústicos.

Verificou-se que todos os blocos atenderam as especificações da norma NBR 15270-3/2005 da ABNT. Os blocos fabricados com o lodo incorporado a massa cerâmica apresentaram maior valor de absorção de água, em virtude da maior área superficial que as partículas de argila ocupam no bloco juntamente com a quantidade de poros, decorrente da volatilização da matéria orgânica durante o processo de queima dos blocos cerâmicos.

As Tabelas 5 e 6 referem-se às análises dos extratos lixiviados e solubilizados, segundo a NBR 10005/2004 e NBR 10006/2004, dos blocos acústicos, preparados com 20% de lodo têxtil.

**Tabela 5 -** Concentração de metais do extrato lixiviado dos blocos acústicos.

METAIS	Controle	20% lodo	Lim. Máx. (mg/L)
Bário	0,66	0,66	70,0
Cádmio	0,087	0,006	0,50
Chumbo	0,15	0,14	1,00
Cromo	0,082	0,007	5,00
Prata	0,067	0,037	5,00

**Tabela 6 -** Concentração de metais do extrato solubilizado dos blocos acústicos.

METAIS	Controle	20% lodo	Lim. Máx. (mg/L)
Alumínio	0,16	0,068	0,200
Chumbo	$8,0 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	0,010
Prata	0,006	0,035	0,050
Sódio	6,739	2,838	200,0
Zinco	0,478	0,018	5,000

Os testes de análise química mostraram que as concentrações dos metais estão abaixo dos limites estabelecidos na norma NBR 10004/2004 da ABNT. Os elementos químicos contidos no lodo têxtil foram incorporados na massa cerâmica e permanecerão imobilizados no bloco, sem haver prejuízos ou riscos de futura contaminação do solo durante a sua vida útil.

#### **4 CONCLUSÕES**

A incorporação de 20% lodo misto na matriz de argila para confecção de blocos cerâmicos acústicos não comprometeu a qualidade técnica do material, já que de acordo com os ensaios físicos e mecânicos, os blocos estiveram dentro dos limites permitidos de acordo com as normas vigentes.

O processo de Solidificação/Estabilização mostrou-se como uma alternativa eficaz de disposição do resíduo, reduzindo o impacto causado pelo resíduo caso fosse disposto no solo sem tratamento prévio.

#### **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: *Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro, RJ, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005**: *Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, RJ, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10006**: *Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, RJ, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-3**: *Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio*. Rio de Janeiro, RJ, 2005.

SANTOS, P. S. *Ciência e tecnologia das argilas*. V.1, 2ª ed., Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1989.