

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA INCORPORAÇÃO DE LODO DE LAVANDERIAS TÊXTEIS NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO OU ESTRUTURAIS

P. H. S. Almeida, O. T. Kaminata, C. R. G. Tavares.
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ – UEM
CEP: 87030-140 e-mail: phsoal@yahoo.com.br

RESUMO

O desenvolvimento industrial e comercial das últimas décadas foi acompanhado de um processo acelerado de urbanização e um aumento da concentração populacional. Tanto as indústrias como o comércio, bem como a população em geral, têm aumentado sua procura por matérias-primas, produtos e energia, ocasionando um aumento na geração de resíduos. Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de métodos de tratamento alternativos e eficazes, em substituição ao simples descarte desses resíduos em aterros sanitários. O objetivo deste trabalho é estudar a incorporação do lodo de lavanderias industriais têxteis, por meio do processo de Solidificação/Estabilização em blocos cerâmicos de vedação ou estruturais na atenuação do ruído gerado pelo tráfego de veículos. Foram produzidas amostras de blocos cerâmicos, em escala real, utilizando formulação com 20% de lodo, na massa de argila cerâmica. Os ensaios de resistência a compressão e absorção de água dos blocos apresentaram-se dentro dos limites estabelecidos nas normas vigentes.

Palavras-chaves: Bloco cerâmico, resistência, absorção de água.

INTRODUÇÃO

O ramo de lavagem de roupas é um importante setor de serviços na sociedade moderna e responsável por uma parcela significativa no consumo de água no meio urbano. O crescimento da demanda por produtos têxteis impulsiona a expansão das lavanderias industriais e, conseqüentemente, aumenta-se a geração de efluentes e

resíduos. Portanto, é necessário que sejam pesquisadas tecnologias de tratamento que garantam o reaproveitamento desses resíduos (LIU et al, 2007).

A incorporação de resíduos industriais em matrizes sólidas, tais como argila cerâmica e argamassas de cimento, produzindo-se amostras de materiais aplicáveis na construção civil, vem sendo amplamente estudada como alternativa para minimizar o custo do descarte. A argila pode ser moldada facilmente, pela sua alta plasticidade, fornecendo resistência estrutural e estabilidade aos constituintes da massa, após a queima em alta temperatura.

Um dos materiais cerâmicos que atualmente vêm sendo bastante estudados e que atuam como barreira acústica, são os blocos cerâmicos de vedação ou estruturais, chamados de ressoadores de Helmholtz.

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, evitando a lixiviação ou solubilização dos elementos constituintes do resíduo, considerados nocivos ao ambiente.

Os benefícios do uso de resíduos como aditivos cerâmicos incluem além da imobilização de metais pesados na matriz queimada, a oxidação da matéria orgânica e a destruição de qualquer organismo patogênico durante o processo de queima.

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi estudar a incorporação do lodo de lavanderias industriais têxteis, por meio do processo de Solidificação/Estabilização, em blocos cerâmicos de vedação ou estruturais na atenuação do ruído gerado pelo tráfego de veículos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os blocos cerâmicos de vedação ou estruturais em escala real foram produzidos utilizando formulação com 20% de lodo, na massa de argila cerâmica.

O resíduo têxtil (lodo) utilizado neste trabalho foi proveniente de 10 lavanderias industriais situadas na região de Maringá-PR. Esses resíduos são derivados do processo de tratamento de efluentes das lavanderias industriais, apresentando uma consistência pastosa, ao ser retirado na fase de decantação (tratamento primário).

Inicialmente foi realizada uma caracterização do lodo e das argilas. O lodo foi caracterizado quanto aos seguintes parâmetros: teor de umidade e matéria orgânica total (Método Kiehl, 1985), massa específica (método do picnômetro), pH (Embrapa, 1979), análise química (relacionada aos metais por meio da digestão ácida) e quanto suas características estruturais relacionadas ao ensaio de Fluorescência de raios-X (FRX). Para determinação dos elementos químicos do extrato da digestão ácida foi utilizado o espectrofotômetro de absorção atômica modelo SpectrAA 50B da Varian. O ensaio de FRX foi realizado no Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará (UFC).

A argila cerâmica utilizada neste trabalho foi caracterizada quanto ao teor de umidade e matéria orgânica total (Método Kiehl, 1985), pH (método da APHA, 2005), análise química (relacionada aos metais), análise granulométrica (NBR 7181/1984), limite de plasticidade (NBR 7180/1984), limite de liquidez (NBR 6459/1984), índice de plasticidade (NBR 7180/1984) e massa específica (método do picnômetro). Também foi realizado o ensaio de Fluorescência de Raios-X (FRX).

A argila e o resíduo foram triturados em moinho com barras cilíndricas, passando em seguida pela peneira 10 com malha de 2 mm, para posterior mistura, em porcentagem de massa seca, e homogeneização.

Após a mistura e homogeneização, a massa foi transferida para recipiente de amassamento, adicionando-se água de forma gradativa, até formar uma massa consistente com plasticidade a ponto de abastecer uma extrusora de laboratório. A boquilha de saída da extrusora dá o formato ao bloco cerâmico acústico.

Após a confecção os blocos cerâmicos eram secos em temperatura ambiente em local fechado e ventilado, durante 7 dias, para evaporação da água absorvida. Após a secagem eram queimados no forno de uma cerâmica localizada na cidade de Paranapoema - PR, a 850°C durante 72 horas, garantindo as condições de queima de um processo industrial.

O resfriamento dos blocos ocorreu de forma natural por cinco dias, até alcançar a temperatura ambiente para o recolhimento do material pronto para análise.

Os ensaios de resistência a compressão e absorção de água foram realizados conforme procedimento descrito na norma NBR 15270-3/2005 da ABNT. Para o ensaio de resistência a compressão axial, foi utilizada uma prensa de modelo EMU 100 com capacidade para 20.000 Kg, provida de dispositivo que assegurou a

distribuição uniforme dos esforços nas amostras ensaiadas e transmitiu a carga de modo progressivo e sem choques.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do lodo têxtil

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

Tabela 1 - Características do resíduo têxtil (lodo).

Parâmetros	Lodo
Aspecto	pastoso
pH	6,56
Massa Específica (g/cm ³)	1,86
Matéria Orgânica Total (%)	41,70
Umidade (%)	16,87
Metais (mg/Kg)	
Alumínio	87.520,50
Arsênio	n.d
Bário	247,50
Cádmio	7,20
Chumbo	90,00
Cobre	337,50
Cromo	n.d
Ferro	21.231,00
Manganês	675,00
Mercúrio	0,25
Prata	63,00
Selênio	n.d
Sódio	14.845,50
Zinco	163,80

n.d: valor não detectado pelo aparelho.

Por meio da análise de caracterização do resíduo, observou-se que o lodo da lavanderia têxtil possui uma grande quantidade de alumínio, cobre, 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.

Os resultados de caracterização do lodo mostram que este resíduo não pode ser descartado em aterros comuns, havendo necessidade de um processo de

tratamento adequado, ou ainda, a sua reutilização como matéria-prima secundária, ou então ser disposto em aterros de resíduos industriais.

Na Tabela 2 são apresentadas as concentrações dos elementos contidos no resíduo têxtil.

Tabela 2 - Concentração (%) dos elementos avaliados por fluorescência de raios-X.

Elementos	% massa
MgO	0,756
Al ₂ O ₃	27,111
SiO ₂	50,851
P ₂ O ₅	3,534
SO ₃	4,204
Cl	0,267
K ₂ O	5,304
CaO	1,483
TiO ₂	0,755
Cr ₂ O ₃	0,113
MnO	0,237
Fe ₂ O ₃	5,268
NiO	0,038
ZnO	0,057
Rb ₂ O	0,021

O ensaio de Fluorescência de Raios-X (FRX) foi realizado para determinar a porcentagem de óxidos presentes no resíduo. O FRX pode ser utilizado para justificar os resultados obtidos com os ensaios de resistência a compressão dos blocos cerâmicos, uma vez que alguns óxidos aumentam a rigidez da estrutura cristalina deste.

Para o estudo proposto, os valores relevantes com relação à resistência a compressão são aqueles que se referem aos teores de sílica (SiO₂), óxido de ferro (Fe₂O₃) e óxido de alumínio (Al₂O₃).

Caracterização da argila cerâmica

A argila é a principal matéria-prima para a confecção de massas para cerâmica vermelha. Sua caracterização pode ser considerada uma das etapas mais importantes do processamento industrial, fundamental para se obter produtos de boa qualidade.

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises de caracterização da argila utilizada para a fabricação dos blocos cerâmicos de vedação ou estruturais.

Tabela 3 - Características da argila cerâmica.

Parâmetros	Argila
Aspecto	seco
pH	4,81
Massa Específica (g/cm ³)	2,62
Matéria Orgânica Total (%)	5,33
Umidade (%)	4,46
Metais (mg/Kg)	
Alumínio	6.435,00
Arsênio	n.d
Bário	2.835,90
Cádmio	5,40
Chumbo	61,20
Cobre	196,20
Cromo	n.d
Ferro	2.486,70
Manganês	63,00
Mercúrio	0,58
Prata	0,90
Selênio	n.d
Sódio	14.845,50
Zinco	40,50

n.d: valor não detectado pelo aparelho.

As características das argilas dependem da sua formação geológica e da localização da extração. A argila estudada é proveniente da Bacia do Ivaí, norte do estado do Paraná, onde predominam as rochas sedimentares, folhetos, arenitos e calcários (MINEROPAR, 2013).

O valor de pH da argila analisada foi de 4,81. Segundo Thomas (1996) geralmente valores de pH do solo de 4 a 6, indicam a presença dos minerais: hematita (Fe₂O₃), alumina (Al₂O₃) e quartzo (SiO₂), que influenciam muito o comportamento de plasticidade da argila analisada, bem como a capacidade de retenção de água no bloco acústico. Tal fato se confirma ao analisar a Tabela 4, na qual são apresentadas as concentrações dos elementos contidos na argila cerâmica.

Tabela 4 - Concentração (%) dos elementos avaliados por fluorescência de raios-X.

Elementos	% massa
------------------	----------------

Al ₂ O ₃	17,646
SiO ₂	66,728
K ₂ O	1,429
CaO	0,493
TiO ₂	3,229
MnO	0,081
Fe ₂ O ₃	10,298
CuO	0,028
ZrO ₂	0,068

Observou-se que os valores encontrados para sílica (SiO₂), no lodo têxtil bem como na argila cerâmica estiveram próximos ou acima dos valores de sílica encontrados na fabricação de vidros (> 50%), o que melhora as propriedades das cerâmicas, como dureza e aspecto vítreo.

O termo consistência é utilizado para designar as manifestações das forças físicas de coesão entre partículas do solo, e de adesão entre as partículas e outros materiais.

Outras características do material cerâmico referem-se à análise granulométrica e os limites de consistência da argila utilizada para a fabricação dos blocos cerâmicos acústicos, ou seja, o limite de plasticidade (LP), limite de liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP).

Na Tabela 5 são apresentados os valores obtidos quanto à análise granulométrica e os limites de consistência da amostra da argila cerâmica.

Tabela 5 - Análise granulométrica e limites de consistência da amostra de argila.

Parâmetro	(%)
Argila (< 0,002mm)	51
Silte (0,002mm - 0,06mm)	27
Areia fina (0,06mm - 0,2mm)	15
Areia média (0,2mm – 0,6mm)	6
Areia grossa (> 0,6mm)	1
Limite de Plasticidade (%)	19
Limite de Liquidez (%)	60
Índice de Plasticidade (%)	41

A amostra de argila utilizada apresenta características físicas apropriadas para produção de materiais cerâmicos de boa qualidade, visto que, por meio da análise granulométrica apresentada na Tabela 5, verificou-se que 50% da argila bruta referem-se à fração argila, ou seja, trata-se de um material com alta capacidade de coesão após o umedecimento adequado, contendo principalmente partículas da fração argila e silte, que são preponderantes para formação de rigidez durante a queima em forno.

A argila estudada pode ser considerada um material de alta plasticidade ($LP > 15\%$). O limite de plasticidade indicado para cerâmica vermelha varia entre 17,2 e 32%.

O limite de liquidez (LL) foi superior a 50%, o que indica que esta argila apresenta uma alta compressibilidade. De acordo com Campos (1999) no caso específico da tecnologia cerâmica, para moldagem de blocos cerâmicos por extrusão, as faixas de limite de liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP), recomendadas para argilas plásticas, correspondem a: LL variando de 26,50% a 71,60% e IP variando de 4,00% a 47,70%.

Caracterização dos blocos cerâmicos de vedação ou estruturais

Na Figura 1, tem-se uma melhor visualização do ensaio de resistência mecânica dos blocos cerâmicos de vedação ou estruturais testados.

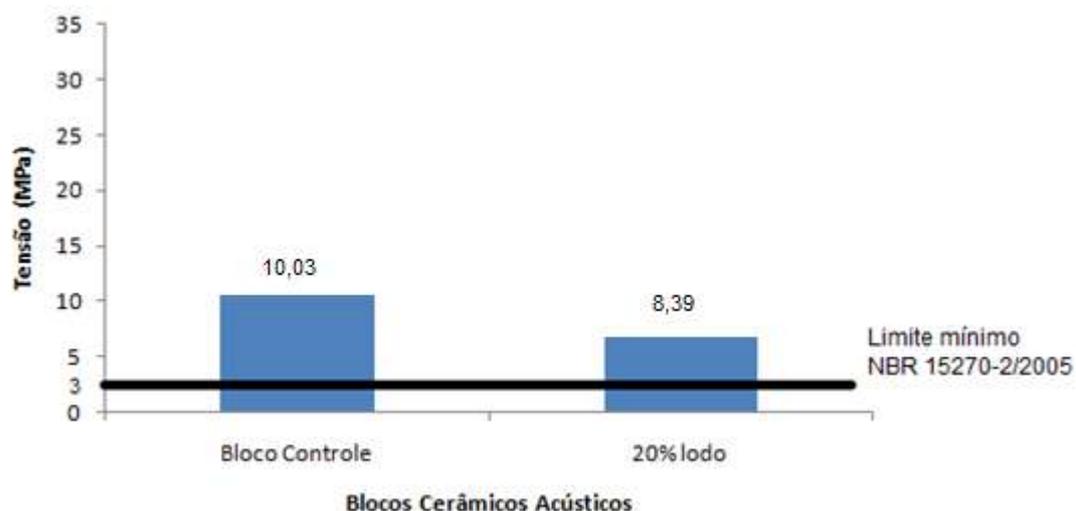


Figura 1. Resistência a compressão em amostras dos blocos cerâmicos.

Nesse ensaio verificou-se a capacidade de carga, que os blocos acústicos suportavam, quando submetidos à forças exercidas perpendicularmente sobre suas

faces opostas, determinando se as amostras ofereciam resistência mecânica adequada, simulando a pressão exercida pelo peso da construção sobre os blocos.

Para os ensaios mecânicos das amostras, foram obedecidos os procedimentos descritos na norma NBR 15270-2/2005 da ABNT. De acordo com a norma, os blocos cerâmicos acústicos devem atender ao requisito mínimo de 3,0 MPa.

O não atendimento aos parâmetros normativos mínimos indica que a parede poderá apresentar problemas estruturais, como rachaduras e, conseqüentemente, oferecerá riscos de desabamento da construção.

Verificou-se que em todas as proporções (blocos somente com argila e com 20% de incorporação de lodo têxtil) utilizadas a resistência característica à compressão dos blocos cerâmicos de vedação ou estruturais produzidos atendeu aos limites mínimos especificados na NBR 15270-2/2005. 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.

O objetivo da determinação do índice de absorção de água é a verificação da porcentagem de água absorvida no período de 24 horas, à temperatura ambiente, isto é, quanto maior a quantidade de água absorvida, maior a porosidade existente na massa cerâmica.

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

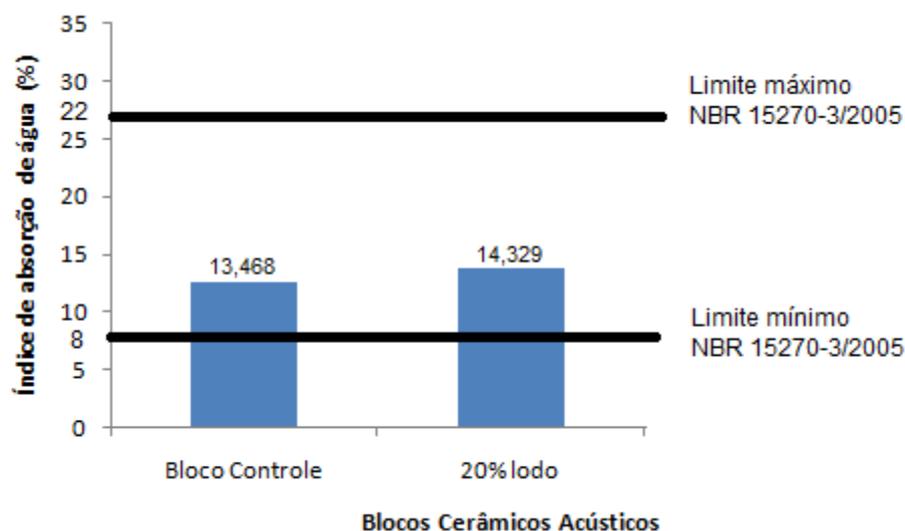


Figura 2. Índice de absorção de água em amostras dos blocos cerâmicos.

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. Blocos cerâmicos com alto índice de absorção água podem sofrer aumento de carga quando expostas à chuva, podendo acarretar problemas estruturais à construção.

CONCLUSÕES

Os blocos incorporados com lodo têxtil apresentaram resultados inferiores aos blocos fabricados somente com argila (controle) por razão da grande quantidade de matéria orgânica verificada na amostra, o que ocasionou aumento de porosidade e diminuição da coesão entre as partículas na estrutura da massa cerâmica, reduzindo substancialmente a resistência mecânica do bloco confeccionado com tal resíduo.

Os blocos incorporados com lodo têxtil apresentaram maiores valores de absorção de água em virtude do aumento de porosidade em sua estrutura.

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

APHA. Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater, Método 4500-H⁺ B, 21^a ed. Washington, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459:** *Solo - Determinação do limite de liquidez.* Rio de Janeiro, RJ, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180:** *Solo - Determinação do limite de plasticidade.* Rio de Janeiro, RJ, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181:** *Solo - Análise granulométrica.* Rio de Janeiro, RJ, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2:** Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro, 2005.

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

CAMPOS, L. F. A.; MACEDO, R. S.; KIYOHARA, P. K.; FERREIRA, H. C. *Características de plasticidade de argilas para uso em cerâmica vermelha ou estrutural.* Revista Cerâmica, São Paulo, v. 45, n. 295, 1999.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Serviço nacional de levantamento e conservação de solos.* Manual de métodos de análise de solos. Ed.SNLCS, Rio de Janeiro, 1979.

KIEHL, E.J. *Manual de Edafologia: Relação solo-planta.* Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, 262p, 1985.

LIU, R.; CHIU, H. M.; SHIAU, C.; YEH, R.Y.; HUNG, Y. Degradation and sludge production of textile dyes by Fenton and photo-Fenton processes. *Dyes Pigments*, London, v. 73, p. 1-6, 2007.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S/A. Indústria da Cerâmica Vermelha. Disponível em: <www.mineropar.pr.gov.br> Acesso em: 12 de Março de 2013.

THOMAS, G. W. *Soil pH and Soil Acidity.* In: *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*, Soil Science Society of America, Book Series n. 5, p. 475-490, 1996.

PERFORMANCE ASSESSMENT OF INCORPORATION OF SLUDGE IN LAUNDRY TEXTILES MANUFACTURING CERAMIC BLOCKS OR STRUTURAL SEALING

ABSTRACT

The industrial and commercial development in recent decades has been accompanied by an accelerated process of urbanization and increased population concentration. Both industries like trade, as well as the general population, have increased their demand for raw materials, products and energy, causing an increase in waste generation. Thus, it is necessary to develop alternative methods of treatment and effective, replacing the simple disposal of these wastes in landfills. The objective of this study is to incorporate the sludge industrial laundries textiles, through the process of Solidification / Stabilization in ceramic blocks or structural sealing the

attenuation of noise generated by vehicular traffic. Samples were produced of ceramic blocks in real scale, using formulation with 20% clay, the clay material ceramics. The tests of compressive strength and water absorption of the blocks were within the limits set in regulations.

Key-words: ceramic block, resistance, water absorption.