

ANÁLISE ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO OU ESTRUTURAIS INCORPORADOS COM LODO DE LAVANDERIA INDUSTRIAL

P. H. S. Almeida¹, V. Y. Q. Grippe¹, J. V. Goulart¹.

¹Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT

CEP: 78080-060 e-mail: phsoal@yahoo.com.br

RESUMO

O desenvolvimento industrial e comercial das últimas décadas tem ocasionado 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, em blocos cerâmicos de vedação ou estruturais. Foram produzidas amostras de blocos cerâmicos, utilizando formulação com 20% de lodo, na massa de argila cerâmica. A análise estrutural dos blocos observou a tendência do surgimento de mais vazios (poros) durante a queima dos blocos, à medida que se acrescentou lodo têxtil na composição da massa cerâmica. O ensaio mecânico de resistência à compressão dos blocos ficou acima do limite mínimo de 3,0 MPa especificado pela norma. O ensaio físico de absorção de água dos blocos ficou dentro da faixa de 8 a 22% especificado pela norma.

Palavras-chaves: Bloco de vedação ou estrutural, resistência, absorção de água.

INTRODUÇÃO

Um tipo especial de indústria do setor têxtil são as lavanderias industriais que realizam etapas de tingimento e lavagem de peças de vestuários, da própria produção ou de terceiros. Elas são caracterizadas por pequenas empresas, encarregadas de tratamentos finais de roupas e confecções. Estes tratamentos utilizam uma grande quantidade de produtos, como corantes e detergentes, no beneficiamento das peças, gerando efluentes que necessitam de tratamento antes do aporte ao ambiente (BITENCOURT, 2002).

A incorporação de resíduos industriais em matrizes sólidas, tais como argila cerâmica e argamassas de cimento vêm sendo amplamente estudada como alternativa para minimizar o custo do descarte. A argila pode ser facilmente moldada, pelo seu alto teor de plasticidade, fornecendo resistência e estabilidade estrutural aos constituintes da massa, após a queima desta a alta temperatura em fornos.

A técnica de Solidificação/Estabilização é uma das formas de tratamento e disposição para este tipo de resíduo. As vantagens desta técnica são que ela apresenta a possibilidade de reaproveitamento do solidificado como material de construção, além das exigências simples de processamento e o uso de equipamentos prontamente disponíveis na construção civil (MALVIYA; CHAUDHARY, 2006).

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.

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 uma lavanderia industrial situada na região de Cuiabá-MT. Esses resíduos são provenientes 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 da argila. A argila e o resíduo foram triturados em moinho com esferas metálicas, passando em seguida pela peneira mesh 10 com malha de 2 mm, para posterior mistura e homogeneização da massa seca.

A Indústria Cerâmica Santa Luzia, é uma indústria de médio porte, semi-automatizada, onde predominam técnicas mecanizadas de fabricação, produzindo atualmente, blocos de vedação e lajotas.

A massa composta preparada com lodo e argila foi introduzida na caixa alimentadora acoplada ao misturador e posteriormente umedecida com água para facilitar a homogeneização seguindo para o laminador, garantindo maior rigor na mistura. A mistura em forma de pasta consistente foi transportada por meio de uma correia para a extrusão, com capacidade para produção de 80 blocos por minuto, equipado com câmara de vácuo para retirada do ar incorporado. A massa extrusada em forma de barra contínua, foi cortada em tamanhos pré-fixados de 450 mm de comprimento, utilizando-se cortadeira automática de 5 fios de aço tensionados.

Após a confecção os blocos cerâmicos foram secos em temperatura ambiente, no interior de galpão, sem incidência de luz solar ou vento, para evaporação da água absorvida. Após a secagem natural, durante sete dias, os blocos de ensaio foram colocados no interior do forno da cerâmica 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.

Para a análise estrutural dos blocos cerâmicos foram realizados os ensaios de Difração de Raios-X (DRX) e Fluorescência de Raios-X (FRX). O ensaio de DRX foi realizado no Departamento de Química da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) e o ensaio de FRX no Departamento de Física da mesma instituição.

Os ensaios de resistência à 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. Ambos os ensaios foram realizados no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise estrutural dos blocos cerâmicos

Para a análise estrutural dos blocos foram realizados os ensaios de Difração de Raios-X (DRX) e Fluorescência de Raios-X (FRX).

O estudo mineralógico das amostras utilizadas no presente trabalho, realizado por meio de difração de raios-X (DRX), foi efetuado nos blocos cerâmicos, cujos resultados podem ser observados nas Figuras 1 e 2.

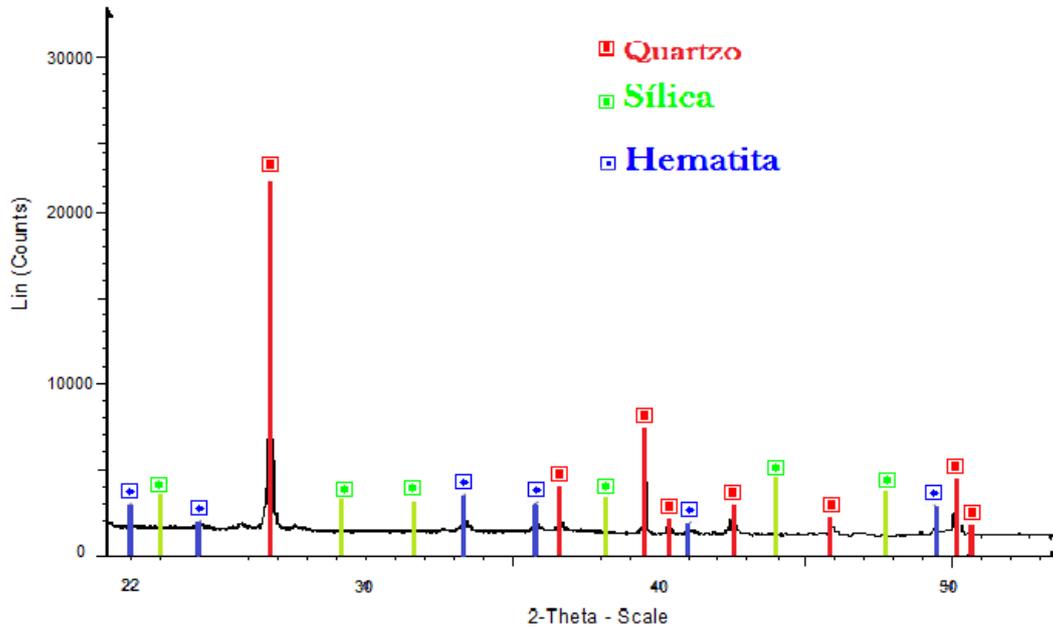


Figura 1. Difração de Raios-X (DRX) do bloco produzido apenas com argila (controle).

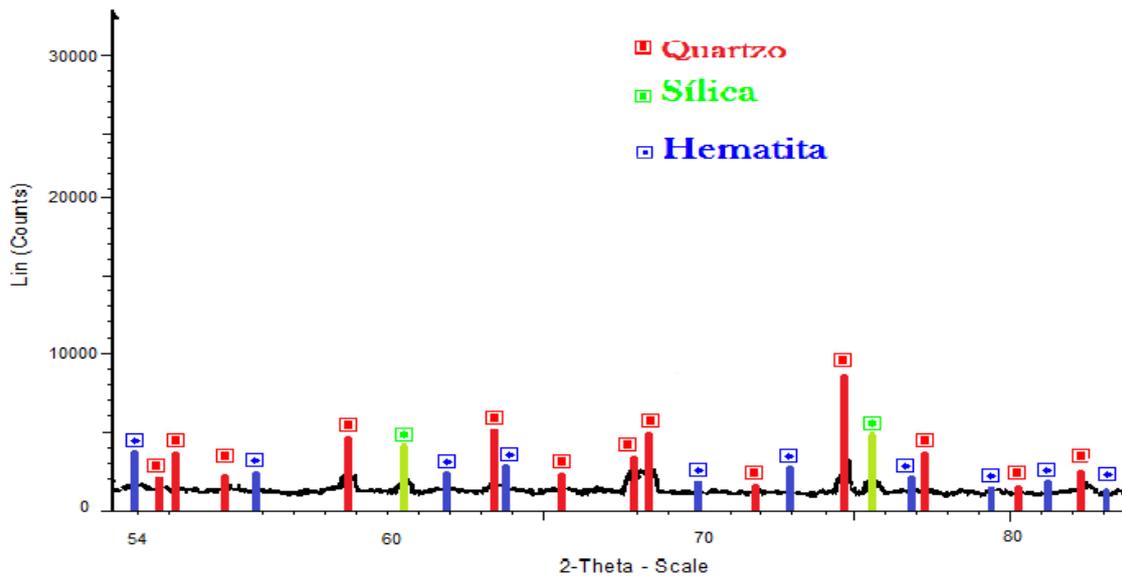


Figura 2. Difração de Raios-X (DRX) do bloco com incorporação de 20% de lodo têxtil.

Analisando os difratogramas, verifica-se a presença dos seguintes minerais: quartzo (Qz), hematita (Hm) e sílica (Si). Os picos desses minerais comprovam a característica mineralógica da massa cerâmica, e são indicativos de um material com diferentes tamanhos de partículas.

Da presença de quartzo, resultam picos bem definidos e de grande intensidade. Este fato dificulta a devida caracterização e identificação de outras fases presentes, em menor quantidade ou menos cristalizadas, como evidencia a má definição e o alargamento dos picos de difração de menor intensidade.

O quartzo possui estrutura cristalina trigonal composta por tetraedros de sílica (dióxido de silício, SiO_2), pertencendo ao grupo dos tectossilicatos. O quartzo é o principal componente na fabricação de vidros e é característico de blocos com boas propriedades, como dureza e aspecto vítreo (CORTIVO, 2000).

Em virtude do elevado percentual de quartzo, pode-se dizer que a massa cerâmica utilizada para a fabricação desses blocos apresentava uma textura mais grosseira e microestrutura mais porosa em relação às outras argilas plásticas, propriedades estas que irão influenciar nos valores de absorção de água dos blocos acústicos.

Segundo Santos (1989), a hematita é um mineral do grupo das montmorilonitas (compostos por alumínio, magnésio e ferro, e algumas vezes cálcio e sódio). É muito plástica, e possui grande capacidade de retenção de água. A presença da hematita (Fe_2O_3) propicia uma coloração vermelha ou avermelhada ao bloco, característica das argilas de cerâmica vermelha. Também conhecidas como argilas expansivas devido à relativa facilidade com que variam de volume. No processo de queima dos blocos acústicos, a expansão da hematita proporcionou rigidez à argila, influenciando significativamente na resistência mecânica dos blocos.

A sílica (Si) também se destaca nas amostras estudadas. O termo sílica refere-se aos compostos de dióxido de silício, SiO_2 , nas suas várias formas incluindo sílicas cristalinas, sílicas vítreas e sílicas amorfas. A sílica age como redutor de plasticidade da massa do bloco acústico. Caso as amostras apresentassem alta plasticidade provavelmente seriam inadequadas (ou comprometeriam em muito) o processamento dos blocos cerâmicos por extrusão.

O ensaio de Fluorescência de Raios-X (FRX) foi realizado para determinar a porcentagem de compostos ou substâncias presentes no bloco cerâmico, após a queima, podendo ser utilizado para justificar os resultados obtidos com os ensaios

de resistência à compressão dos blocos cerâmicos, uma vez que alguns óxidos aumentam a rigidez da estrutura cristalina deste.

Na Tabela 1 e Tabela 2 são apresentadas as concentrações dos óxidos contidos no bloco cerâmico controle e do bloco com incorporação de 20% de lodo têxtil, avaliado por meio da análise de Fluorescência de Raios-X.

Tabela 1 - Compostos contidos no bloco controle - Fluorescência de Raios-X (FRX).

Compostos	Massa (%)
Al ₂ O ₃	9,966
SiO ₂	44,696
K ₂ O	1,041
CaO	10,525
TiO ₂	3,285
MgO	3,571
Fe ₂ O ₃	25,971
CuO	0,127
P ₂ O ₅	0,545
SrCO ₃	0,273

Os resultados do ensaio de FRX do bloco controle evidenciam um elevado percentual de óxido de silício (SiO₂) e óxido de ferro (Fe₂O₃), em torno de 44% e 26% respectivamente. Os óxidos de ferro (Fe₂O₃) encontrados nos blocos controle são responsáveis pela coloração avermelhada das peças cerâmicas.

O teor de óxido de ferro é característico de argilas com alta plasticidade, assim como pode atuar no aumento da capacidade de retenção de água dos blocos produzidos com argilas com essa característica.

Tabela 2 - Compostos contidos no bloco incorporado com 20% de lodo -
Fluorescência de Raios-X (FRX).

Compostos	Massa (%)
Al ₂ O ₃	19,094
SiO ₂	63,023
K ₂ O	3,627

CaO	4,052
TiO ₂	4,953
Fe ₂ O ₃	4,739
P ₂ O ₅	0,512

Os resultados do ensaio de FRX do bloco cerâmico incorporado com lodo têxtil evidenciam um elevado percentual de óxido de silício (SiO₂) e óxido de alumínio (Al₂O₃), em torno de 63% e 19% respectivamente. Os óxidos de alumínio (Al₂O₃) encontrados nos blocos aumentam a porosidade do bloco cerâmico, podendo aumentar os valores de absorção de água do mesmo.

Análise mecânica e física dos blocos cerâmicos

A caracterização mecânica dos blocos cerâmicos foi realizada por meio do ensaio de resistência à compressão, obedecendo aos procedimentos descritos na norma NBR 15270-2:2005 da ABNT. De acordo com a norma, os blocos cerâmicos devem atender ao requisito mínimo de 3,0 MPa.

Utilizaram-se, para esse ensaio, 20 amostras de blocos com incorporação de 20% de lodo de lavanderia industrial e 20 blocos cerâmicos controle observando recomendações da norma. Foi considerada a média aritmética dos resultados individuais, para determinação do resultado final.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores médios de resistência à compressão dos blocos cerâmicos em escala real.

Tabela 3 - Resistência à compressão dos blocos cerâmicos.

Identificação	Blocos cerâmicos	
	Controle	20% lodo
Resistência à compressão (MPa)	17,3	10,4
Variância	0,06	0,09
Desvio Padrão	0,24	0,30

Na Figura 3, tem-se uma melhor visualização do ensaio de resistência mecânica dos blocos cerâmicos de vedação ou estruturais testados.

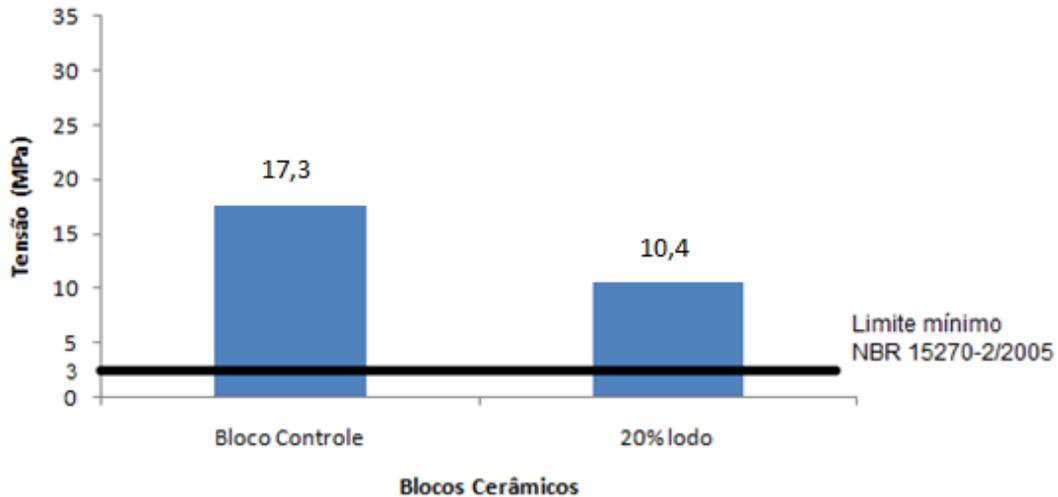


Figura 3. Resistência à compressão em amostras dos blocos cerâmicos.

Nesse ensaio verificou-se a capacidade de carga, que os blocos cerâmicos 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.

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, devido principalmente à volatilização da matéria orgânica e da água durante o processo de queima presente no lodo.

A caracterização física dos blocos foi realizada por meio do ensaio do índice de absorção de água. O objetivo do ensaio proposto 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 Tabela 4 são apresentados os índices médios de absorção de água dos blocos cerâmicos em escala real.

Tabela 4 - Absorção da água dos blocos cerâmicos.

Identificação	Blocos cerâmicos	
	Controle	20% lodo
Índice de absorção de água (%)	13,12	20,92
Variância	0,37	0,59
Desvio Padrão	0,14	0,35

Na Figura 4, tem-se uma melhor visualização do processo de absorção de água, obtido em blocos cerâmicos de vedação ou estruturais.

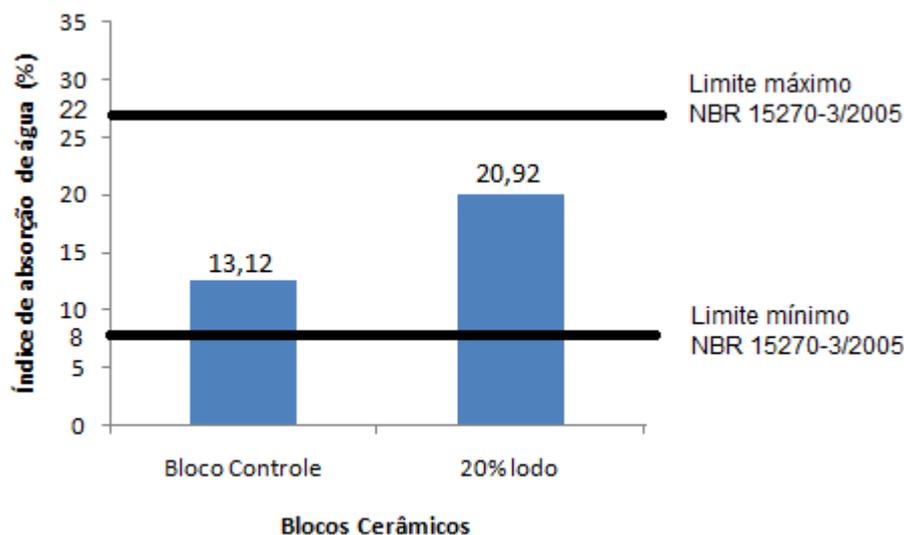


Figura 4. Índice de absorção de água em amostras dos blocos cerâmicos.

Verificou-se que todos os blocos atenderam as especificações da norma NBR 15270-3:2005 da ABNT, ou seja, ficaram dentro da faixa de 8 a 22% especificado pela norma, não comprometendo a qualidade técnica do material.

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

Nos ensaios mecânicos, 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

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

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

BITENCOURT, M. P. **Reaproveitamento do lodo gerado no processo de tratamento dos efluentes de lavanderia (tingimento e lavagem).** 2002. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.

CORTIVO, N. D. **Materiais Cerâmicos - Conceito,** 2000. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/nelvio/materiais/Aula_5_a_CMT.pdf> Acesso em: 06 agosto 2016.

MALVIYA, R.; CHAUDHARY, R. **Factors affecting hazardous waste solidification/stabilization: A review.** Journal of Hazardous Materials B137, p. 267-276, 2006.

SANTOS, P. S. **Ciência e tecnologia das argilas.** Edgard Blucher Ltda, São Paulo, v. 1, 2ª ed, p. 374-390, 1989.

STRUCTURAL ANALYSIS OF CERAMIC BLOCKS SEALING OR STRUCTURAL INCORPORATED WITH THE INDUSTRIAL LAUNDRY SLUDGE

ABSTRACT

Industrial and commercial development of recent decades has led to an increase in waste generation. Thus, it is necessary to develop alternative and effective methods of treatment, replacing the simple disposal of these wastes in landfills. The objective of this work is to study the incorporation of textile industrial laundries sludge in ceramic blocks sealing or structural. Samples of ceramic blocks were produced using formulation with 20% sludge, the mass of ceramic clay. Structural analysis of the block was observed the tendency of most empty emergence (pores) during the firing of the blocks, as textile sludge was added in the ceramic paste composition. The mechanical testing of blocks compressive strength was above the minimum 3.0 MPa specified by the standard limit. The physical test water absorption of the blocks was within the range 8 to 22% specified by the standard.

Key-words: block sealing or structural, resistance, water absorption.