

**Incorporação de lodo têxtil em blocos cerâmicos**  
**DIAS, Mauro Lúcio Júnior<sup>1</sup>, RIBEIRO, Valquíria Aparecida dos Santos<sup>2</sup>, ALMEIDA, Paulo Henrique Souza<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná/mauro\_dias\_junior@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná/valquiria@utfpr.edu.br

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Maringá/phsoal@yahoo.com.br

**Resumo**

A indústria têxtil é um dos segmentos industriais que mais contaminam o ambiente, devido à geração de grandes quantidades de resíduos, que nem sempre são tratados adequadamente antes de serem descartados na natureza. No processo de tratamento dos efluentes são gerados resíduos denominados por lodo têxtil, os quais devem ser tratados e dispostos de forma adequada. Devido há elevada quantidade de lodo resultante dos tratamentos de efluentes empregados e do alto custo para a destinação final em aterros industriais, a prática de reutilização do lodo têxtil pode ter grande contribuição para a diminuição do impacto ambiental causado pela disposição deste resíduo no ambiente. Sendo assim o presente trabalho teve como objetivo o aproveitamento do lodo de lavanderia industrial, por meio da sua incorporação em processo de solidificação/estabilização (S/E) em massa de argila para a fabricação de blocos cerâmicos utilizados na construção civil. Foram realizados testes de caracterização do lodo e da argila e os blocos cerâmicos foram produzidos com um terço do tamanho real, utilizando formulações com 5% e 10% de lodo, na massa de argila cerâmica, para definir a incorporação adequada.

Palavras-chave: Lodo de lavanderia industrial. Solidificação/Estabilização (S/E). Argila.

Área Temática: Resíduos Sólidos.

***Incorporation of sludge textile in ceramic blocks***

***Abstract***

*The textile industry is one of the industries that pollute the environment more, due to the generation of large amounts of waste, which are not always adequately treated before disposal in nature. In the process of wastewater treatment are called waste generated by textile sludge, which must be treated and disposed of properly. Due to high amount of sludge resulting from wastewater treatment employees and the high cost for disposal in landfills, the practice of reuse of textile sludge may have great contribution to reducing the environmental impact caused by the disposal of this waste in the environment. Thus the present work is to study the use of sludge from industrial laundry, through its incorporation in the process of solidification / stabilization (S / E) mass of clay for the manufacture of ceramic blocks used in construction. Tests were conducted to characterize the silt and clay and ceramic blocks were produced on a small scale with a third actual size, using formulations with 5% and 10% of clay, the clay material ceramic to define the maximum adequate incorporation. For comparison of results, have also been produced control blocks made of ceramic clay.*

*Key words: Industrial laundry sludge. Solidification/Stabilization (S/E). Clay. Ceramic block.*

*Theme Area: Solid Waste*

## 1 Introdução

A indústria têxtil é uma das que mais contaminam o ambiente, devido ao descarte de resíduos industriais sem o devido tratamento. Tais resíduos são oriundos dos diversos tipos de processos empregados neste segmento industrial, e variam quantitativamente e qualitativamente com as características da matéria-prima empregada. Devido a sua alta produção é um dos segmentos industriais que mais se envolve em problemas ambientais relacionados ao descarte inadequado de efluentes e resíduos sólidos perigosos (GRAVELET *et al.*, 1997).

Os resíduos sólidos gerados, em especial o lodo têxtil, são gerados no tratamento de efluentes, é um material semissólido, altamente tóxico, composto de matéria orgânica e inorgânica que apresenta difícil processo de tratamento e alto custo de disposição final. Quando não tratado e descartado em lugares impróprios, podem causar grandes impactos ambientais, tais como contaminação do solo, de águas superficiais, de organismos aquáticos, afetando direto ou indiretamente o ser humano (BRAILE e CAVALCANTI, 1993).

Diante dos fatos mencionados, observa-se a necessidade de tratamentos alternativos para diminuição efetiva da toxicidade dos resíduos têxteis. Dentre as alternativas existentes, temos a técnica de solidificação/estabilização (s/e) que é uma das formas de tratamento e disposição dos resíduos industriais que tem sido utilizada, pois visa isolar o material perigoso (resíduos) transformando-os em materiais menos poluentes através da adição de aglomerantes ou por processos físicos. 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 (CETESB, 1993).

A vantagem desta técnica é 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 (PRIM, 1998).

Neste contexto, o presente trabalho objetiva a incorporação do lodo de lavanderia industrial em blocos cerâmicos.

## 2 Desenvolvimento

O lodo utilizado foi proveniente de uma lavanderia industrial da região de Maringá-PR, a qual utiliza como método de tratamento de efluentes o processo físico-químico seguido de lodos ativados. Esse resíduo foi coletado no leito de secagem e armazenado em tambores de polietileno.

A caracterização do lodo foi realizada por meio da determinação das seguintes características: teor de umidade e matéria orgânica total, massa específica, pH, concentração de metais e características tóxicas.

Já a argila cerâmica foi extraída de uma jazida localizada próximo às margens do rio Ivaí no Município de Paranapoema - PR. Esta argila foi caracterizada quanto aos seguintes parâmetros: teor de umidade e matéria orgânica total, pH, 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. A análise granulométrica das argilas foi realizada segundo os procedimentos recomendados na norma NBR 7181(1984) – Solo – Análise Granulométrica, da ABNT.

A preparação da massa cerâmica nas quantidades em peso de 5 e 10% de lodo seco e peneirado foi incorporado na matriz argila, considerando a massa seca de ambos os materiais. Foram produzidas porções de 10 kg de massa representativa, em cada proporção lodo/argila. No procedimento realizado, os componentes formaram uma massa homogênea obtida por meio de mistura manual.

A confecção dos blocos cerâmicos em escala reduzida 1:3 foi realizada através de uma extrusora de laboratório conhecida como maromba, equipada por caixa alimentadora, adensador, câmara de vácuo, boquilha e mesa de corte.

Após a confecção, os blocos cerâmicos foram secos dentro do Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Estadual de Maringá (UEM) em temperatura ambiente e em local fechado e ventilado, durante 7 dias, para evaporação da água absorvida.

A queima dos blocos ocorreu em forno industrial de uma cerâmica localizada na cidade de Floresta - PR, a 850°C durante 72 horas, garantindo as condições de queima de um processo industrial. O resfriamento dos blocos se deu de forma natural por cinco dias, até alcançar a temperatura ambiente para o recolhimento do material pronto para análise.

Na caracterização final dos blocos cerâmicos foram realizados testes físicos, químicos e mecânicos.

A caracterização física dos blocos cerâmicos foi realizada por meio dos ensaios de absorção de água de acordo com procedimento descrito pela norma NBR 15270-3(2005) da ABNT.

A caracterização química dos blocos cerâmicos foi realizada por meio das análises dos extratos lixiviados e solubilizados, de acordo com os procedimentos descritos na norma NBR 10004(2004). Esses dois ensaios visaram simular o comportamento do bloco cerâmico, submetido a uma situação crítica de utilização. Os ensaios de lixiviação (NBR 10005(2004)) e solubilização (NBR 10006(2004)) permitem classificar segundo os anexos da NBR 10004(2004) os blocos cerâmicos em função de sua periculosidade.

A caracterização mecânica dos blocos cerâmicos foi realizada por meio do ensaio de resistência a compressão, conforme procedimentos descritos na norma NBR 15270-3(2005) Anexo C da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

### 3 Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos por meio da caracterização da argila e do lodo têxtil.

Tabela 1 - Caracterização da argila e lodo

Parâmetros	Argila	Lodo
Aspecto	Seco	Pastoso
pH	4,81	6,56
Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,62	1,86
Matéria Orgânica Total (%)	5,33	41,70
Umidade (%)	4,46	16,87
<b>Metais</b>	<b>(mg/kg)</b>	<b>(mg/kg)</b>
Alumínio	6.435,00	87.520,50
Bário	2.835,90	247,50
Cádmio	5,40	7,20
Chumbo	61,20	90,00
Cobre	196,20	337,50
Cromo	n.d	n.d
Ferro	2.486,70	21.231,00

Manganês	63,00	675,00
Mercurio	0,58	0,25
Prata	0,90	63,00
Sódio	14.845,50	14.845,50
Zinco	40,50	163,80

O lodo coletado apresentou quantidades significativas de umidade e matéria orgânica, características que influenciam na qualidade final do bloco cerâmico, pois praticamente toda esta água e matéria orgânica presente, acaba sendo volatilizada no processo de queima dos blocos.

Esse lodo apresentou quantidades elevadas de alumínio, ferro e sódio. O alumínio e ferro são provavelmente provenientes dos floculantes, tais como, sulfato de alumínio e cloreto férrico, utilizados durante o processo de tratamento do efluente industrial. O sódio é característico dos processos de tingimento de artigos têxteis, onde é utilizado na forma de cloreto de sódio.

Já para a caracterização da argila, esta apresentou aspecto seco, com umidade pouco significativa em relação a sua massa. O pH foi de 4,81, o qual, segundo Thomas (1996) indica a presença de alumínio trivalente em solos minerais e até em certos solos orgânicos.

Quanto aos metais presentes na argila, os que obtiveram resultados mais significativos foram o alumínio, sódio e ferro e sódio. A presença de metais na argila afeta diretamente as características física e química do material cerâmico que será fabricado.

Segundo Leite (2000) o ferro pode estar presente, na argila, tanto sob a forma de óxidos isolados, quanto na forma de substituições isofórmicas na rede cristalina. E a presença na estrutura da argila leva à diminuição da estabilidade térmica.

Geralmente o alumínio está presente na argila sob a forma de óxidos e de acordo com Vieira (2003), o alto teor de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), tende a aumentar a refratariedade da massa, aumentando a temperatura de queima das argilas, tendo seu ponto de fusão a 2050°C.

Conforme Kaminata (2008), os óxidos de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) são responsáveis pela coloração vermelha ou amarela na maioria das argilas, facilitam a secagem, reduzem a plasticidade e diminuem a retração. Durante a sinterização, os óxidos de ferro proporcionam dureza à massa cerâmica, reduzindo a resistência mecânica.

Os óxidos de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) presentes na massa de argila geralmente na forma de feldspatos, são fundentes e confere resistência mecânica, quando sinterizados entre 900 °C e 1000 °C, já os óxidos de manganês alteram apenas a cor da massa cerâmica para marrom (KAMINATA, 2008). O bário também é um fundente.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos ensaios de lixiviação e solubilização do lodo têxtil, os quais visaram analisar o impacto ambiental provocado pela exposição do resíduo ao ambiente. Fragmentos destes resíduos quando expostos à lavagem por água da chuva, poderiam provocar a contaminação do lençol freático, por meio do processo de infiltração dos metais tóxicos desprendidos do resíduo.

Tabela 2 - Ensaio de lixiviação e solubilização do lodo

Metais	Concentração Teste Solubilização (mg/L)	Limite Máximo (mg/L) NBR 10004(2004) (	Concentração Teste Lixiviação (mg/L)	Limite Máximo (mg/L) NBR 10004(2004)
Alumínio	0,220	0,200	-	-
Bário	3,299	0,700	4,929	70,0

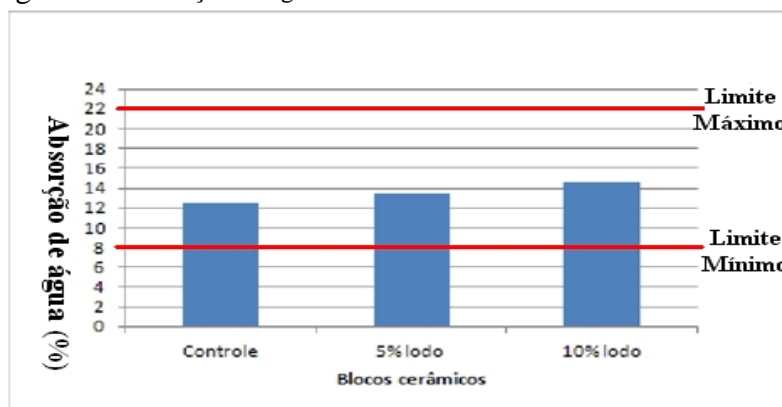
Cádmio	0,003	0,005	0,006	0,5
Chumbo	n.d	0,010	0,030	1,0
Cobre	0,020	2,000	-	-
Cromo	n.d	0,050	nd	5,0
Ferro	1,444	0,300	-	-
Fluoreto	-	-	0,600	150,0
Manganês	5,444	0,100	-	-
Prata	n.d	0,050	0,003	5,0
Sódio	101,128	200,0	-	-
Zinco	0,012	5,000	-	-

Por meio do extrato lixiviado do lodo têxtil, verificou-se que a concentração dos metais relacionados na norma ABNT NBR 10004(2004) está abaixo do valor de referência. Dessa forma, o lodo têxtil pode ser classificado como um resíduo de classe II, ou não perigoso.

Enquanto que para o extrato solubilizado do lodo têxtil, observou-se que as concentrações de alumínio, bário, ferro, manganês, apresentaram valores de concentração acima dos limites estabelecidos pela referida norma, o que leva a classificar o lodo como um resíduo classe II -A, ou não inerte.

Para os blocos cerâmicos produzidos, o ensaio da absorção de água foi realizado em um período de 24 horas à temperatura ambiente.

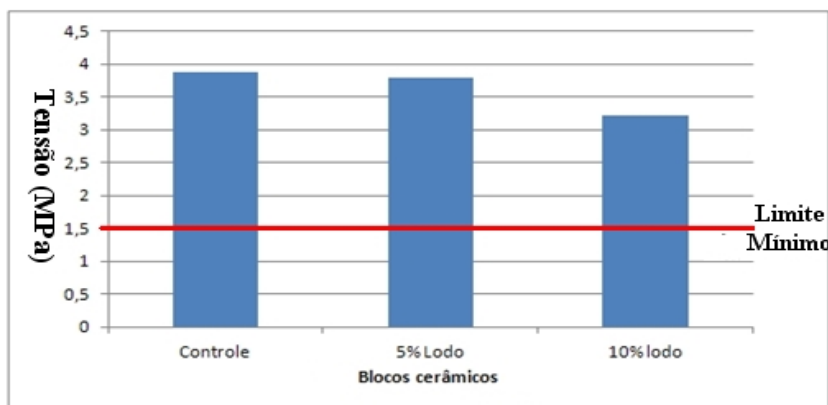
Figura 1 – Absorção de água nos blocos cerâmicos em escala reduzida 1:3



Observa-se que todas as amostras de blocos cerâmicos, de controle, 5% e 10% de lodo incorporado na argila, apresentaram índices de absorção de água dentro dos limites recomendados pela norma, sendo assim, no parâmetro absorção, não existe restrição quanto a incorporação de 10 % de lodo na massa argilosa. Com o aumento do teor de lodo, aumenta-se a absorção de água, devido ao processo de queima do bloco cerâmico, onde a matéria orgânica se volatiliza, formando poros no bloco cerâmico. Esses poros, quando o bloco fica sujeito a ação de líquidos, são preenchidos restando a água.

No teste de Resistência à Compressão dos Blocos Cerâmicos, os resultados obtidos são apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Resistência característica à compressão nos blocos cerâmicos em escala reduzida



A resistência mecânica dos blocos cerâmicos produzidos, para os teores estipulados de incorporação de lodo, atendeu aos limites mínimos especificados pela norma.

Observa-se que com o aumento da incorporação de lodo há uma redução dos valores 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. Quanto maior a quantidade de lodo incorporado na massa do bloco cerâmico, menor será sua resistência mecânica.

Conforme os resultados apresentados, o bloco que obteve melhor desempenho quanto resistência à compressão mecânica foi o que teve incorporação de 10% de lodo. Este resultado é animador visto que, a redução de 10% na disposição final de tal resíduo, ao longo do tempo, significa muito no meio industrial, tanto do ponto de vista financeiro como do ambiental.

Também foram realizados os ensaios de lixiviação e solubilização nos blocos cerâmicos produzidos e os resultados são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Concentração de metais do extrato lixiviado dos blocos cerâmicos (NBR 10005(2004))

Metais	Bloco Controle	5% lodo	10% lodo	Lim. Máx. (mg/L)
Bário	n.d	n.d	n.d	70
Cádmio	n.d	n.d	n.d	0,5
Chumbo	n.d	n.d	n.d	1
Cromo	0,002	0,0027	0,0031	5
Prata	n.d	n.d	n.d	5

n.d: valor não detectado pelo aparelho.

Tabela 4 - Concentração de metais do extrato solubilizado dos blocos cerâmicos (NBR 10006(2004))

Metais	Bloco Controle	5% lodo	10% lodo	Lim. Máx. (mg/L)
Alumínio	n.d	n.d	n.d	0,200
Bário	n.d	n.d	n.d	0,700
Cádmio	0,004	n.d	n.d	0,005
Chumbo	n.d	n.d	n.d	0,010
Cobre	n.d	n.d	n.d	2,000
Cromo	n.d	n.d	n.d	0,050
Manganês	0,023	0,021	0,020	0,100
Prata	0,005	0,035	0,040	0,050
Sódio	2,941	2,863	2,837	200,000
Zinco	0,304	0,247	0,244	5,000

n.d: valor não detectado pelo aparelho.

Os resultados obtidos mostram que as concentrações dos metais nos extratos lixiviados e solubilizados, dos blocos cerâmicos produzidos com as proporções de lodo, foram abaixo dos limites definidos pela NBR 10004(2004) da ABNT de Resíduos Sólidos. Assim, os resíduos dos blocos cerâmicos poderão ser classificados como não perigosos e inertes ou classe II – B.

Os blocos cerâmicos de controle e os incorporados com as proporções de 5% e 10% de lodo poderão ser utilizados como materiais inertes, pois os metais presentes no lodo foram estabilizados na massa de argila não oferecendo perigo durante a sua utilização, após a queima adequada. Desse modo pode-se observar que houve a estabilização/solidificação do resíduo na matriz sólida de argila, pois um resíduo que classe II-A na matriz de argila tornou-se classe II-B.

#### 4 Conclusão

O lodo têxtil estudado e caracterizado foi classificado segundo a NBR 10004(2004) como não perigoso e não inerte (Classe II-A), de acordo com a concentração de elementos químicos lixiviados e solubilizados presentes na amostra do resíduo. Sendo assim, este lodo deve receber o devido tratamento e disposição final adequada.

A aplicação do processo de Solidificação/Estabilização (S/E) mostrou-se eficiente na imobilização dos elementos químicos prejudiciais, contidos no lodo de lavanderia têxtil, pois inicialmente o lodo foi caracterizado como um resíduo sólido classe II – A, sendo não-perigoso e não-inerte, quando incorporado no bloco cerâmico depois da queima foi classificado como um resíduo sólido classe II – B, sendo não -perigoso e inerte, diminuindo sua periculosidade.

Os resultados obtidos nos ensaios físicos, químicos e mecânicos se mostraram dentro dos limites estabelecidos nas normas.

Portanto, conclui-se que o bloco cerâmico com a incorporação de 10% lodo na matriz de argila em escala reduzida não comprometeu a qualidade técnica do material, permanecendo dentro dos limites permitidos pelas as normas vigentes.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Fundação Araucária, CAPES e CNPq pelo continuo apoio à pesquisa

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

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

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

BRAILE, P.M. e CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. Environmental Science & Technology, v.34, São Paulo, 1993.

CETESB. **Resíduos Sólidos Industriais**. Trabalho elaborado pelo corpo técnico da CETESB, v.1. p. 32 - 43. São Paulo, SP, 1993.

GRAVELET, L.R.; BARCLAY, S.J.; CARLIELL, C.M. & BUCKLEY, C.A. *Management of Water Resources in South Africa with Respect to the Textile industry*. Water Science and Technology, 36 (2-3): 303-310, 1997.

KAMINATA, O. T. **Aproveitamento do lodo gerado no tratamento de efluente da indústria de lavanderia têxtil na produção de bloco de cerâmica vermelha**. 2008. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Departamento de Engenharia Civil - Universidade Estadual de Maringá. Maringá, PR. 2008.

LEITE, S.Q.M. *et al.* **Extração de ferro de esmectita brasileira com emprego do método ditiomito-citrato-bicarbonato**. Inst. Química – UFRJ. Química Nova, v.23(3), pp 297-302, 2000.

PRIM, E. C. C. **Reaproveitamento do Lodo da Indústria têxtil como Material de Construção Civil – Aspectos Ambientais e Tecnológicos**. 1998. 150 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis, SC. 1998.

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.

VIEIRA, C.M.F. , CARDOSO , B.R., MONTEIRO S.N. **Influência da adição de argila fundente em massa de cerâmica vermelha caulinítica**. Jornadas Sam/Conamet/Simpósio Matéria, PP 09-19, 2003.