

## **INCORPORAÇÃO DE LODOS DE LAVANDERIAS EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**

### **Michely Patrícia de Bitencourt**

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química. Av. Colombo, 5790 – CEP 87020 - 900 – Maringá – Pr.  
[mmichely2@zipmail.com.br](mailto:mmichely2@zipmail.com.br)

### **Marcelino L. Gimenes**

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química. Av. Colombo, 5790 – CEP 87020 - 900 – Maringá – Pr.  
[marcelino@deq.uem.br](mailto:marcelino@deq.uem.br)

### **Rosângela Bergamasco**

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química. Av. Colombo, 5790 – CEP 87020 - 900 – Maringá – Pr.  
[rosangela@deq.uem.br](mailto:rosangela@deq.uem.br)

**Resumo.** As lavanderias industriais geram lodo, pela decantação dos sólidos em suspensão presentes nos efluentes líquidos mediante adição de sulfato de alumínio. A caracterização do lodo demonstrou existir metais tais como Fe, Mg, Al, Ca, Cr, Co, Cu, Mn, Zn e Na em sua constituição. A exposição deste lodo ao meio ambiente é um problema ambiental para as lavanderias devido sua complexa composição resultante dos produtos utilizados nas etapas de tingimento, lavagem e tratamento dos efluentes. Visando minimizar os problemas ambientais causados por sua má disposição, foi estudada a incorporação do lodo em argamassa utilizando a técnica de solidificação/estabilização baseada em cimento. Para avaliar os efeitos causados por essa incorporação foram feitos testes de resistência à compressão e lixiviação nas argamassas fabricadas. Os resultados de resistência à compressão mostraram que existe um decréscimo na resistência a medida em que ocorre o acréscimo de lodo na argamassa, devido principalmente a matéria orgânica presente no lodo, que é superior a 50% e os testes de lixiviação mostraram a capacidade da argamassa em reter satisfatoriamente os contaminantes (metais).

**Palavras chave:** lodo, incorporação, metais.

### **1. Introdução**

As lavanderias industriais que realizam processos de tingimento e lavagem utilizam de maneira geral grande quantidade de produtos químicos e água no beneficiamento das peças, gerando assim efluente líquido em abundância. Estes resíduos passam por um tratamento físico, mediante adição de sulfato de alumínio o que acarreta na produção de lodo. A exposição deste ao meio ambiente é um problema para as lavanderias devido sua complexa e variada composição.

Visando uma disposição adequada para o lodo de lavanderia industrial, fez-se estudos de incorporação do mesmo em argamassa, mediante a técnica de solidificação e estabilização baseada em cimento.

Prim et al (1998) apresentaram uma metodologia de valorização de resíduos semi-sólidos de uma indústria têxtil como materiais de construção civil utilizando esta técnica.

A estabilização/solidificação tem como objetivos: melhorar as características físicas e de manuseio dos resíduos, diminuir a área superficial através da qual possa ocorrer a transferência ou perda de poluentes, limitar a solubilidade ou destoxificar quaisquer constituintes perigosos contidos no resíduo (Cetesb, 1993).

Com o objetivo de se estudar os efeitos causados pela incorporação do lodo de lavanderia em argamassa, ensaios de resistência à compressão e lixiviação foram realizados em corpos de prova fabricados.

### **2. Metodologia Experimental**

#### **2.1. Caracterização do Lodo**

Para se realizar a incorporação do lodo em argamassa, este foi primeiramente caracterizado quanto a densidade, pH, sólidos totais, fixos e voláteis, demanda química de oxigênio (DQO) e presença de metais.

A densidade foi obtida pelo método do picnômetro e o pH medido através do pHmetro digital digimed.

Os sólidos totais, fixos e voláteis assim como a DQO foram realizados de acordo com o método do Standart Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 1995).

A determinação de metais presentes no lodo foi mediante o espectrofotômetro de absorção atômica modelo Varian Spectr AA 10 plus, porém para se realizar esta detecção o lodo foi primeiramente digerido a quente.

A digestão a quente baseada em Malavolta (1997), foi feita adicionando ao lodo seco uma mistura de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) com ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ ) na proporção 2:1. A mistura de lodo com os ácidos foi então aquecida gradativamente em um bloco digestor, sendo que a temperatura atingida ao final foi de 210 °C. As amostras foram então resfriadas e diluídas com água deionizada num balão de 50 mL. Finalmente elas foram filtradas e levadas para as análises de metais.

Os metais analisados foram Cu, Cr, Na, Zn, Sn, Al, Na, Mg, Mn, Co e Fe.

## 2.2. Resistência à compressão

Após a caracterização o lodo com umidade de 73% base úmida foi incorporado em argamassa. Os corpos de prova foram preparados, seguindo as recomendações da norma NBR 7215 – Cimento Portland. Foram feitos corpos de prova chamados de brancos com mistura de areia com granulometria variada, cimento CP II Z 32 Votoran além de água potável que desse as argamassas índices de consistência de 22 cm  $\pm$  2 cm. Os corpos de prova com lodo incorporado utilizaram os mesmos materiais que os brancos, porém com acréscimo de lodo.

As argamassas feitas foram rompidas aos três, sete e vinte e oito dias de cura. Sendo que para cada idade existia dois corpos de prova de mesma composição. Os corpos de prova apresentavam relações lodo/ cimento de 10% e 20% além dos brancos.

Os ensaios de resistência à compressão consistiram em submeter os corpos de prova à cargas de compressão, sendo que estas foram aplicadas no sentido do eixo longitudinal do corpos de prova, realizados em prensa, onde foi obtido os resultados da carga máxima de ruptura em MPa.

## 2.3. Lixiviação

As argamassas que passaram pelos ensaios de resistência à compressão passaram então pela análise de lixiviação, verificando o impacto ambiental provocado pela incorporação do lodo nos corpos de prova. Para a realização do teste, seguiu-se as recomendações descritas pela norma NBR 10005/1987 – Lixiviação de Resíduos.

Este teste foi realizado em batelada utilizando-se um agitador para promover o contato das fases líquido-sólida. Para tanto utilizou-se o agitador ilustrado na Fig. (1). O agitador consta de quatro recipientes de 2000 mL onde as amostras, contendo as fases foram colocadas. A rotação ajustada no agitador foi de 30 rpm.



Figura 1 Agitador utilizado nos testes de lixiviação.

Após ter-se realizado a lixiviação, as amostras foram filtradas e analisadas quanto a presença de metais.

## 3. Resultados e discussões

### 3.1. Caracterização do lodo

O lodo proveniente do tanque de decantação apresentava coloração azul escura, devido principalmente aos corantes utilizados nos processos de tingimento. Este foi caracterizado quanto aos aspectos físico-químicos. A Tab. (1) contém os resultados desses parâmetros no lodo *in natura*, contendo 97,5% de água em peso.

Tabela 1: Características físicas e químicas do lodo da lavanderia industrial

Característica	Resultado
Sólidos Totais	24.772 mg/L
Sólidos Fixos	12.000 mg/L
Sólidos Voláteis	12.772 mg/L
PH	5,14
DQO	23.730 mg/L
Densidade	1,22 g/cm <sup>3</sup>

Os sólidos totais são resultados da soma da parte sólida orgânica e inorgânica. Os sólidos voláteis indicam a matéria orgânica presente e os sólidos fixos a presença de sólidos minerais. A relação entre sólidos voláteis e sólidos totais é maior que 50%, indicando uma quantidade de matéria orgânica superior a 50%. Os valores de densidade e pH são funções dos componentes utilizados até formação do lodo.

A análise de DQO é uma determinação indireta da matéria orgânica presente no lodo. Observou-se uma alta DQO para o lodo a qual juntamente com grande quantidade de sólidos voláteis caracterizam uma grande proporção de matéria orgânica no lodo.

Na análise de metais não foi detectada a presença de estanho no lodo, porém os demais metais analisados foram encontrados e em concentrações apresentadas pela Tab. (2).

Tabela 2: Concentração de metais no lodo seco.

Elemento	Concentração (mg/L)
Na	26,23
Al	999,37
Mg	6,54
Ca	4,11
Cr	0,66
Co	0,13
Cu	1,091
Fe	20,55
Zn	2,68
Mn	0,11

Pela análise de metais verifica-se uma alta concentração do alumínio no lodo. Esta concentração é resultante principalmente do sulfato de alumínio utilizado como agente floculante na lavanderia onde o lodo foi coletado e representa que 9,99% da massa de lodo é constituída de alumínio,.

Os outros elementos, em menor quantidade, provem dos produtos utilizados nos processos de tingimento, lavagem e tratamento dos efluentes.

### 3.2. Resistência à compressão

Após uma prévia caracterização, o lodo foi incorporado em argamassa numa relação lodo/ cimento variada. Os valores das resistências médias encontradas para os corpos de prova estão ilustrados pelo gráfico da Fig. (2).

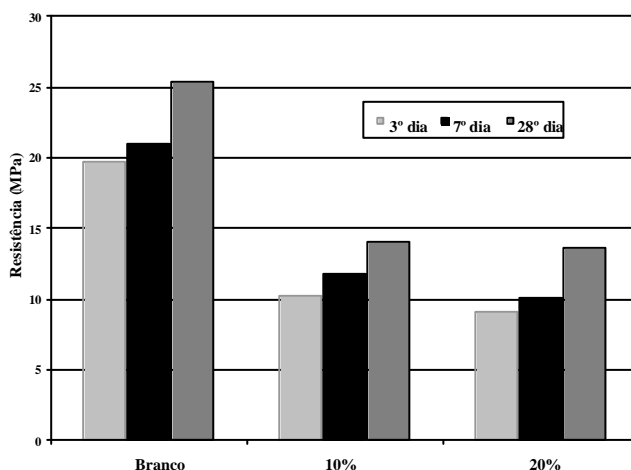


Figura 2: Resistências à compressão obtidas para os corpos de prova.

Pelos resultados obtidos no teste de resistência à compressão, a incorporação do lodo em argamassa resulta em um decréscimo na resistência. E para cada constituição a resistência aumenta com o aumento do tempo de cura.

De acordo com Prim (1998) as resistências necessárias para o uso de materiais como tijolo maciço é de 1,5 a 4,0 MPa, dependendo da classe segundo NBR 7170, para bloco vazado simples sem função estrutural a resistência média deve ser em torno de 2,5 MPa (NBR 6136) e para alvenaria estrutural de 4,5 a 16 MPa (NBR 6136). Pelos resultados obtidos os corpos de prova apresentaram resistências aos vinte e oito dias nestas faixas.

### 3.3. Lixiviação

Os corpos de prova provenientes dos estudos de resistência à compressão foram submetidos a testes de lixiviação. De maneira geral os metais lixiviados apresentaram concentrações da mesma ordem de grandeza nos corpos com lodo incorporado e os brancos. Indicando que os metais em solução não são provenientes apenas do lodo incorporado, estes pode fazer parte dos constituintes da argamassa.

Dentre os metais analisados, a lixiviação do alumínio era a mais preocupante devido sua maior concentração no lodo. A Fig. (3) mostra a lixiviação do mesmo nos corpos de prova.

A partir do gráfico ilustrado na Fig. (3), observa-se um decréscimo na concentração do alumínio para cada composição ao se comparar a última idade de rompimento com as demais. Mostrando uma fixação do metal com o passar dos dias de cura.

De forma geral a lixiviação do alumínio ocorreu em todos os corpos de prova o que indica que o elemento não é proveniente apenas do lodo, o cimento Portland (puro) apresenta um teor de  $Al_2O_3$  variando entre 4,5 a 7%..

Ao se comparar os corpos de prova de lodo incorporado com os respectivos brancos, nota-se que sua lixiviação é relativamente baixa, a máxima quantidade lixiviada é inferior a 3%, sendo observado que alguns corpos de prova com lodo incorporado tiveram concentrações de Al lixiviado menores que o correspondente branco. Tais resultados indicam que apesar do alto teor de Al no lodo a incorporação em material de construção conduz ao aprisionamento do metal, reduzindo assim os riscos deste metal no meio ambiente.

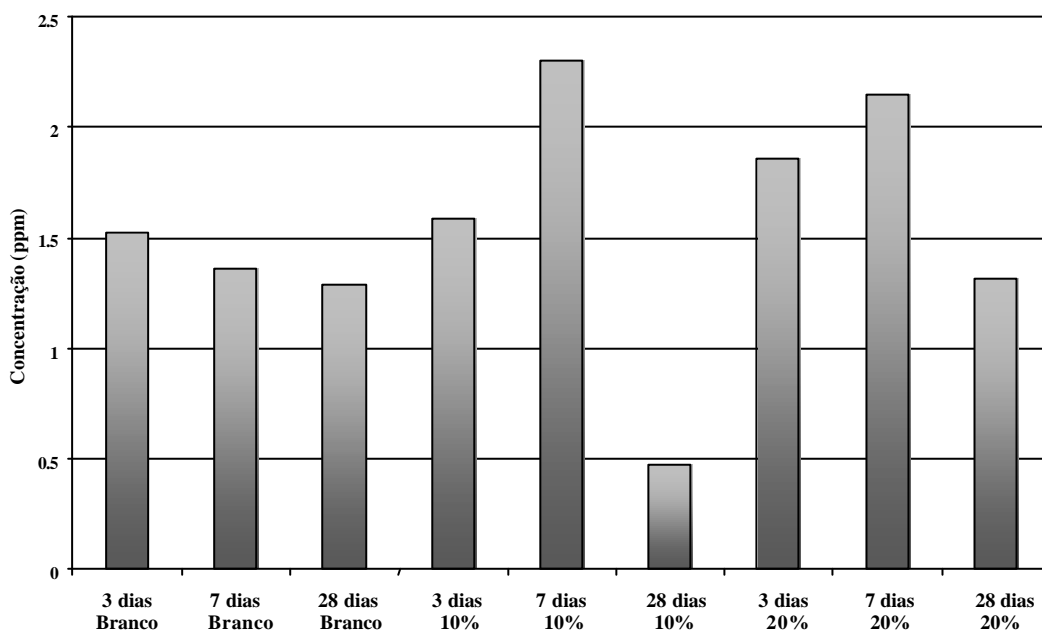


Figura 3 – Concentração de alumínio nos corpos de prova lixiviados.

### 4. Conclusões

O lodo apresentou em sua composição metais como Na, Ca, Fe, Al, Zn, Co, Cu, Cr, Mn e Mg. Sendo o alumínio encontrado em maior proporção, representando 9,99% da massa do lodo, devido principalmente ao sulfato de alumínio utilizado como agente flocculante.

Os ensaios de resistência à compressão mostraram um decréscimo nas resistências com o aumento da massa de lodo, esta queda é devida principalmente a matéria orgânica presente no lodo, que é superior a 50%, mostrada pela relação de sólidos voláteis por sólidos totais.

O teste de lixiviação serviu para mostrar a capacidade da argamassa em reter contaminantes, do tipo metais, através da técnica de solidificação/estabilização utilizada. De maneira geral a lixiviação ocorrida nos brancos é da mesma ordem de grandeza dos corpos de prova com lodo incorporado.

## 5. Referências Bibliográficas

- APHA, 1995. American Public Health Association, *Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater* (APHA). 19th ed. Washington D.C.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1987. Rio de Janeiro. NBR-10005: Lixiviação de Resíduos.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1982. Rio de Janeiro. NBR – 7215. *Cimento Portland – Determinação de resistência à compressão*. 15p
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A., 1997, *Avaliação do Estado Nutricional das Plantas – Princípios e Aplicação*. 2ª ed. Piracicaba, S.P., Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato.
- Cetesb, 1993. *Resíduos Sólidos Industriais*. Trabalho elaborado pelo corpo técnico da Cetesb.
- Prim, E. C. C., 1998, Reaproveitamento de lodo têxtil e da cinza pesada na construção civil: Aspectos tecnológicos e ambientais. Dissertação de MSc., UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
- Prim, E.C.C.; Cheriaf, M.; Castilhos Jr, A. B.; Rocha, J.C.; Luz, C. A. “Valorização do Lodo da Indústria Têxtil como novo Material de Construção Civil.” Florianópolis, SC, 1998. V.1. p. 871-878. In: *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7º, Florianópolis, 1998*.

## INCORPORATION OF SLUDGE OF LAUNDRY IN MATERIAL OF CONSTRUCTION

### Michely Patrícia de Bitencourt

State University of Maringá. Department of Chemical Engineering. Colombo Avenue, 5790 - CEP 87020 - 900 - Maringá - Pr  
[mmichely2@zipmail.com.br](mailto:mmichely2@zipmail.com.br)

### Marcelino L. Gimenes

State University of Maringá. Department of Chemical Engineering. Colombo Avenue, 5790 - CEP 87020 - 900 - Maringá - Pr  
[marcelino@deq.uem.br](mailto:marcelino@deq.uem.br)

### Rosângela Bergamasco

State University of Maringá. Department of Chemical Engineering. Colombo Avenue, 5790 - CEP 87020 - 900 - Maringá - Pr  
[Rosangela@deq.uem.br](mailto:Rosangela@deq.uem.br)

**Abstract.** *Industrial laundries generate sludge from the settling of the solids in suspension, which are presents in the liquid effluents. The characterization of this sludge demonstrated the presence of metals such as: Mg, Al, Ca, Cr, Co, Cu, Mn, Zn. Disposal of this sludge is an environmental problem to the laundries due to the presence of these metals and chemicals products used in the dying and washing processes as well as those chemicals used in the final treatment of effluents. In order to minimize the environmental problems caused by inadequate sludge disposition, it was studied the sludge incorporation in to mortar using the solidification/stabilization technique based on cement. Mortar proof bodies containing 10% and 20% of sludge had the resistance to compression tested and after were tested for metals leaching. The results of resistance to compression showed a decrease in the resistance with an increase of sludge due mainly the presence organic matter in the sludge, which was superior to 50%. The leaching tests showed the capacity of the mortar in retaining the metal pollutants satisfactorily*The abstract text is to be included here.

**Keywords.** *Sludge, incorporation, metals.*