

Estudo da Solidificação/Estabilização do Lodo da Indústria Têxtil em Material Cerâmico

**Luciana C. S. Herek*, Rosângela Bergamasco, Célia R. G. Tavares,
Vinícius Oliveira Uemura, Luiz P. Pancotte**

*Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá – UEM
e-mail: lucianacsh@bol.com.br

Resumo: O setor têxtil vêm crescendo continuamente nos últimos anos e, conseqüentemente, aumentou a quantidade de efluente gerada por estas indústrias. Estes efluentes, após um tratamento primário produzem um resíduo sólido gerado na fase de decantação, conhecido como “lodo”. Sua composição química é variada e, segundo a NBR 10004 - Resíduos Sólidos se enquadra na classe II, não podendo, portanto, ser depositado a céu aberto. Inicialmente foi realizada uma caracterização dos materiais utilizados: lodo e argila. O processo de solidificação/estabilização foi utilizado na construção dos corpos de prova lodo/argila (tijolos) nas dosagens de 0% e 10% e 20% de m relação à argila. Esses tijolos foram submetidos à testes de resistência à compressão de acordo com a norma NBR 7170, lixiviação (NBR 10005 – Lixiviação de Resíduos), solubilização (NBR 10006 – solubilização de Resíduos) e absorção de água (NBR 8947 – Absorção de água) nos tempos de cura de 7, 14, 28 e 90 dias. Verificou-se nas condições estudadas que os tijolos apresentaram boa resistência à compressão; e os resultados de análise do lixiviado e solubilização. O teste de absorção de água mostrou que os tijolos apresentaram uma boa porcentagem de absorção. Portanto, a fabricação de tijolos com lodo de lavanderia incorporado em argila mostra-se como um processo promissor na possibilidade de seu reaproveitamento na construção civil e contribuindo assim para a minimização do lodo têxtil gerado.

Palavras-chave: indústria têxtil, material de construção civil, solidificação/estabilização, lodo têxtil

1. Introdução

De acordo com a classificação fornecida pela norma brasileira NBR 10004 – Resíduos Sólidos o resíduo gerado no processo de lavanderias industriais deve ter uma disposição correta devido à sua composição complexa, pois utilizam corantes nos processos de tingimento, além de soda, polímero, sulfato de alumínio, ferro, cal e produtos utilizados no tratamento de efluentes.

Este resíduo sólido conhecido como “lodo” não pode ser disposto no ambiente, pois além de sua composição variada, este lodo é solúvel em água, e quando colocado em contato com a natureza sem nenhum tratamento pode causar poluição.

Dentre as várias formas de tratamento e disposição dos resíduos sólidos está a solidificação/estabilização. A solidificação consiste em encapsular resíduos perigosos dentro de uma matriz sólida de grande integridade estrutural¹²; e a estabilização consiste em estabilizar os resíduos perigosos e transformá-los em materiais menos poluentes⁹. A argila vem sendo muito utilizada como uma matriz sólida devido principalmente as suas características tais como: boa resistência mecânica, capacidade de suportar altas temperaturas e boa estabilidade.

Os principais fatores, que levam a fabricação desses corpos de prova (tijolos) são a minimização do problema ambiental causado por este resíduo e a fabricação de novos materiais que podem ser utilizados na construção civil minimizando desta forma os custos gerados.

2. Objetivos

Estudar o processo de solidificação/estabilização do lodo da indústria têxtil em material cerâmico, avaliando aspectos técnicos e ambientais sobre as possibilidades de seu reaproveitamento como material de construção civil.

3. Metodologia

3.1. Caracterização da matriz sólida

A matriz sólida utilizada foi a argila que foi caracterizada quanto ao teor de umidade (secagem em estufa a 105 °C por 16 horas), densidade (método do picnômetro), análise química e porosidade.

3.2 Caracterização do lodo

O lodo utilizado neste trabalho foi proveniente de uma lavanderia industrial situada na região de Maringá/Pr, e é gerado no processo de tratamento de efluentes, na fase de decantação (tratamento primário).

Este foi caracterizado quanto aos seguintes parâmetros: densidade (método do picnômetro), pH, umidade (secagem em estufa a 105 °C por 16 horas), matéria orgânica-aquecimento em estufa por mais 24 horas do material resultante da análise de umidade, odor, cor e análise química.

A análise química foi determinada em relação aos metais realizando a abertura da amostra segundo Malavolta (1997), na qual utiliza-se água-régia (mistura dos ácidos nítrico e clorídrico na proporção de 2:1).

3.3 Preparação dos corpos de prova

Os corpos de prova lodo/argila foram confeccionados com lodo seco nas proporções de 0% e 10%. Após o preparo, estes foram moldados numa extrusora de laboratório, modelo 51, série 038, fabricada pela Verdes S. A. – Máquinas e Instalações. A boquilha de saída da extrusora dá o formato ao bloco cerâmico de um tijolo de seis furos com 1/3 das dimensões do encontrado no mercado (10 x 15 x 20) (largura x altura x comprimento).

Após a confecção os blocos foram deixados descansar por 24 horas e em seguida foram secos em estufa a 100 °C por 24 horas. Após

a secagem foram queimados no forno de uma cerâmica, garantindo as condições de queima de um processo industrial. Os blocos são empilhados no forno, e inicia-se o aquecimento até a temperatura de 800 °C que é mantida por 8 horas e interrompe-se o aquecimento. O resfriamento ocorre de forma natural por cinco dias; abre-se o forno e os blocos são retirados. A partir desse período começa a contar o tempo de cura, que consistiu de 7, 14, 28 e 90 dias. Após cada tempo de cura realizou-se ensaio de resistência à compressão, testes de lixiviação, solubilização e absorção de água.

O ensaio de resistência à compressão foi realizado conforme procedimento descrito na NBR 6460 – Resistência à Compressão da ABNT, e o de absorção de água conforme NBR 8947 – Absorção de Água da ABNT.

Os testes de lixiviação foram realizados conforme a NBR 10005 - Lixiviação de Resíduos e o de solubilização conforme a NBR 10006-Solubilização de Resíduos.

4. Resultados e Discussão

4.1. Caracterização dos materiais (lodo e argila)

Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentados os parâmetros físico-químicos e a presença de metais que foram determinados no lodo de lavanderia.

Estes resultados mostram que o lodo da indústria têxtil possui uma grande quantidade de alumínio, cobre, ferro, magnésio, cálcio, potássio e sódio. O alumínio, ferro, sódio e o potássio são metais provenientes do tratamento de efluentes que se fixam no resíduo sólido.

Tabela 2. Metais analisados no lodo.

| Parâmetros | Análise de Massa (mg/Kg) | Limite Máximo (mg/Kg) NBR 10004 |
|------------|--------------------------|---------------------------------|
| Chumbo | 39,074 | 1 |
| Alumínio | 6106,853 | * |
| Cádmio | 0,376 | * |
| Cobalto | 3,006 | * |
| Cobre | 124,136 | * |
| Cromo | 18,034 | 100 |
| Ferro | 674,031 | * |
| Magnésio | 3755,636 | * |
| Manganês | 31,559 | * |
| Níquel | 10,519 | * |
| Zinco | 48,768 | * |
| Selênio | 26,299 | 100 |
| Cálcio | 1946,799 | * |
| Potássio | 44,071 | * |
| Sódio | 984,896 | * |

* Parâmetros não contidos na norma.

Tabela 1. Características físico-químicas do lodo de lavanderia.

| Parâmetros | Valores |
|------------------|------------------------|
| pH | 7,26 |
| Densidade | 0,55 g/cm ³ |
| Matéria orgânica | 0,1596 |
| Umidade | 60,47% |
| Odor | Forte |
| Cor | Cinza |
| Aspecto | Sólido |

O cálcio e o magnésio são provenientes da dureza presente na água, pois a água utilizada no processo de lavagem da indústria de onde foi retirado o lodo para a realização desses ensaios é considerada uma água com altos teores de cálcio e magnésio; porém estes metais não são avaliados na norma.

4.2. Caracterização da argila

De acordo com a análise de umidade, verificou-se que a argila bruta utilizada no presente trabalho apresentou um teor de umidade de 30%.

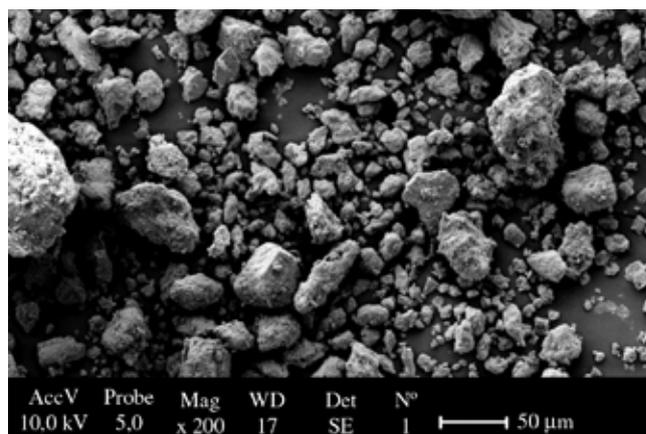
As análises granulométricas, cujos resultados encontram-se na Tabela 3 permitiram verificar que 54% da argila bruta utilizada era referente à fração argila, o que a caracteriza como um material de alta plasticidade.

A análise da fração argila em espectrofotômetro de absorção atômica, permitiu observar uma concentração de ferro de 1,93 mg/L e de alumínio de 1,95 mg/L.

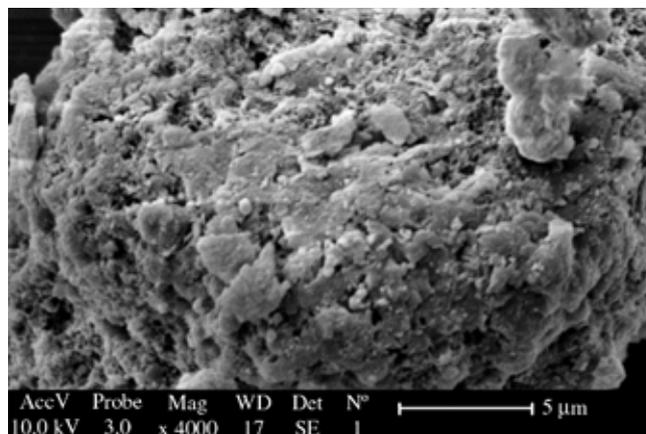
Os resultados obtidos no MEV quanto a porosidade da argila encontram-se na Figura 1.

Tabela 3. Porcentagem das diferentes frações presentes na argila obtidas pela análise granulométrica.

| Amostra | Areia Grossa (%) | Areia Fina (%) | Silte (%) | Argila (%) |
|--------------|------------------|----------------|-----------|------------|
| Argila bruta | 6 | 14 | 26 | 54 |



(a)



(b)

Figura 1. MEV para amostra de argila bruta. (a) 4000x e (b) 200x.

As micrografias da argila bruta apresentam uma amostra homogênea e compacta, apresentando, portanto, uma boa resistência à compressão.

4.3. Caracterização dos blocos cerâmicos

4.3.1. Resistência à compressão

Avaliou-se a resistência à compressão em função do tempo de cura, bem como da quantidade de lodo adicionada à massa cerâmica, tendo como referência o bloco cerâmico fabricado com 0% de lodo. Estes resultados foram também comparados àqueles valores estabelecidos na NBR 7170 e estão apresentados na Figura 2.

Verifica-se que o tempo de cura pouco influenciou na resistência à compressão dos blocos cerâmicos, com exceção daqueles corpos de prova fabricados com 20% de lodo. Muito provavelmente este comportamento pode ser devido à maior quantidade de lodo incorporada à massa que também levou a uma maior absorção de água, conforme será visto posteriormente. Verifica-se ainda que esta influência se deu de forma mais significativa para o tempo de cura de 28 e 90 dias.

Com relação à quantidade de lodo adicionada à massa cerâmica verificou-se que o aumento da quantidade de lodo levou a uma diminuição da resistência à compressão do bloco cerâmico, tendo-se como referência o bloco cerâmico fabricado somente com argila. No entanto, no geral, todos os valores encontrados para a resistência à compressão estão de acordo com aqueles estabelecidos na norma 7170 da ABNT.

Deve-se ressaltar que, muito provavelmente a presença de fibras têxteis no lodo deve ter contribuído para o aumento da resistência à compressão dos corpos de prova fabricados com 10% de lodo, no entanto, a dificuldade em manter a homogeneidade da massa cerâmica, quando trabalhou-se com 20% e lodo pode ter contribuído para a diminuição dos valores da resistência para estes corpos de prova.

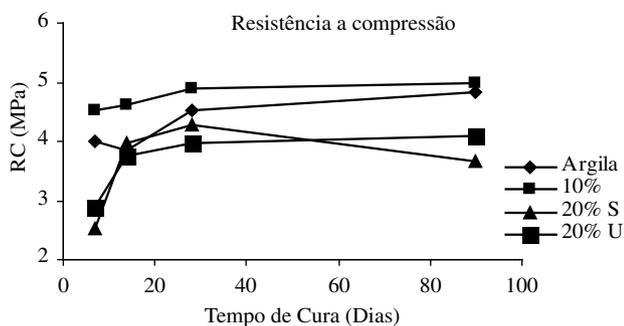


Figura 2. Resistência à Compressão versus Tempo de Cura.

4.3.2. Absorção de água

Da mesma forma que no item anterior a absorção de água foi avaliada em função da influência do tempo de cura e da adição de lodo à massa cerâmica. Estes resultados encontram-se na Figura 3.

Verifica-se que houve uma pequena influência do tempo de cura no processo de absorção de água, principalmente no tempo de cura de 90 dias. Observa-se ainda que esta influência foi mais significativa para os blocos cerâmicos fabricados a partir da mistura lodo/argila, provavelmente devido à higroscopicidade do lodo.

É interessante ressaltar que o processo de absorção de água foi diferente, quando se trabalhou com lodo seco e com lodo úmido, verifica-se que o processo se deu de forma inversa. Muito provavelmente a umidade do lodo deve ter influenciado neste processo, uma vez que a retração na queima foi muito maior nos blocos fabricados com lodo úmido, levando à uma maior absorção de água no decorrer do processo de cura.

De um modo geral todos os valores de absorção de água estão de acordo com o estabelecido na norma 7171 da ABNT.

4.3.3. Lixiviação de resíduos segundo a NBR 10005 da ABNT e por Ampessan¹

A lixiviação é uma operação unitária que tem por objetivo separar certas substâncias contidas nos materiais por meio de lavagem ou percolação com solventes.

Este teste determina ou avalia a estabilidade química dos resíduos tratados, quando em contato com soluções aquosas que podem ser encontradas em um aterro, permitindo assim verificar o grau de imobilização dos contaminantes⁹.

Os metais analisados no teste de lixiviação foram os exigidos pela NBR 10004 – Resíduos Sólidos.

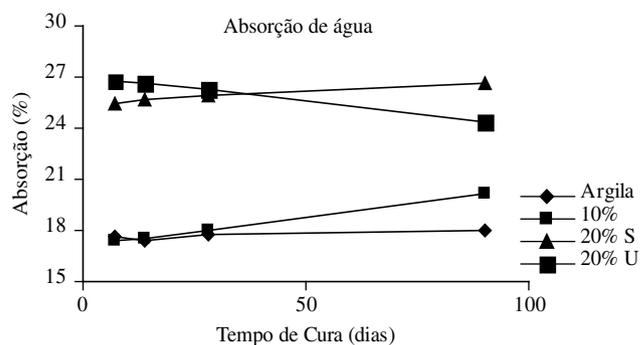


Figura 3. Absorção de Água versus Tempo de Cura para 0%, 10% e 20% S e 20% U.

Tabela 4. Teor de metais nos testes de lixiviação.

| Metais | 10% | | | | 20% S | | | | 20% U | | | | NBR 10004 (mg/L) |
|--------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|------------------|
| | 7 dias | 14 dias | 28 dias | 90 dias | 7 dias | 14 dias | 28 dias | 90 dias | 7 dias | 14 dias | 28 dias | 90 dias | |
| Se | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 1 |
| Ba | nd | nd | 0,08 | nd | 0,11 | nd | nd | nd | 0,12 | 0,12 | nd | nd | 100 |
| Cd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 0,5 |
| Pb | 0,01 | nd | nd | nd | nd | 0,07 | nd | 0,09 | nd | nd | nd | 0,10 | * |
| Cr | 0,03 | 0,02 | nd | nd | nd | 0,14 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,003 | 0,04 | 0,04 | 5 |
| Cu | 0,05 | 0,11 | 0,05 | 0,05 | 0,14 | 0,02 | 0,009 | 0,15 | 0,04 | 0,004 | 0,01 | 0,14 | * |
| Ni | nd | nd | nd | nd | nd | 0,06 | 0,30 | 0,01 | nd | nd | 0,3 | 0,01 | * |
| Zn | 0,17 | 0,09 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,36 | 0,11 | 0,03 | 0,15 | 0,14 | 0,08 | 0,02 | * |
| Fe | nd | nd | nd | nd | 0,31 | 0,02 | nd | 0,06 | nd | nd | nd | 0,06 | * |
| Al | 0,33 | 0,52 | 0,32 | 0,32 | nd | nd | nd | nd | 2,17 | 2,21 | nd | nd | * |

*Parâmetros não apresentados na norma NBR 10004. nd: Valores não detectados pelo aparelho.

A Tabela 4 apresenta os valores encontrados para os blocos cerâmicos preparados com 10, 20% S (seco) e 20% U (úmido) de lodo em relação à argila, e a Tabela 5 apresenta os valores de metais encontrados para os blocos cerâmicos fabricados somente com argila.

Os resultados do teste de lixiviação mostraram que o processo de solidificação/estabilização levou a uma excelente retenção dos metais avaliados.

Verifica-se ainda que o tempo de cura não influenciou de forma significativa no processo de retenção de metais.

A adição de lodo à massa cerâmica não levou a diferenças significativas no processo de retenção de metais, com excesso ao processo de retenção de cobre que de um modo geral foi melhor para os corpos de prova fabricados com 20% de argila.

Considerando que os blocos cerâmicos são submetidos às intempéries, propõe-se uma nova metodologia de avaliação da lixiviação de metais destes blocos como descrita por Ampessan¹ no qual utilizou-se a média mensal do índice pluviométrico do ano de 2003, que de acordo com a Estação Climatológica Principal de Maringá foi de 125 mm, este valor foi o utilizado na simulação de chuva do teste de lixiviação.

Na lixiviação realizada pelo método descrito por Ampessan¹, não foi detectada a presença de nenhum metal.

Segundo Ampessan¹ acredita-se que este novo método represente melhor as condições às quais estes materiais serão submetidos, quando forem utilizados na construção civil.

Tabela 5. Metais analisados nos testes de lixiviação.

| Metais | Argila | | | | NBR 10004 (mg/L) |
|--------|--------|---------|---------|---------|------------------|
| | 7 dias | 14 dias | 28 dias | 90 dias | |
| Se | nd | nd | nd | nd | 1 |
| Ba | nd | nd | nd | nd | 100 |
| Cd | nd | nd | nd | nd | 0,5 |
| Pb | 0,009 | nd | nd | nd | * |
| Cr | 0,01 | 0,01 | nd | nd | 5 |
| Cu | 0,04 | 0,009 | 0,009 | 0,05 | * |
| Ni | nd | nd | nd | nd | * |
| Zn | 0,11 | 0,005 | 0,001 | 0,01 | * |
| Fe | nd | nd | nd | nd | * |
| Al | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | * |

*Parâmetros não apresentados na norma NBR 10004. nd: Valores não detectados pelo aparelho.

Tabela 6. Teor de metais analisados nos testes de solubilização.

| Metais | 10% | | | | 20% S | | | | 20% U | | | | NBR 10004 (mg/L) |
|--------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|------------------|
| | 7 dias | 14 dias | 28 dias | 90 dias | 7 dias | 14 dias | 28 dias | 90 dias | 7 dias | 14 dias | 28 dias | 90 dias | |
| Se | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 0,01 |
| Ba | nd | nd | nd | 0,05 | 0,03 | 0,08 | nd | nd | 0,05 | 0,09 | nd | nd | 1 |
| Cd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 0,005 |
| Pb | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | 0,1 | nd | nd | nd | 0,11 | 0,05 |
| Cr | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,002 | nd | 0,07 | 0,06 | 0,09 | nd | 0,05 | 0,04 | 0,08 | 0,05 |
| Cu | 0,004 | 0,002 | 0,002 | nd | 0,001 | nd | 0,04 | 0,001 | 0,003 | nd | 0,04 | 0,001 | 1 |
| Ni | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | nd | * |
| Zn | 0,04 | 0,04 | 0,04 | nd | nd | 0,02 | 0,002 | 0,01 | nd | 0,009 | 0,001 | 0,006 | 5 |
| Na | 6,37 | 6,36 | 6,37 | 6,3 | - | 0,54 | - | - | - | 0,49 | - | - | 200 |
| K | 6,78 | 6,7 | 6,78 | 6,74 | - | 1,06 | - | - | - | 0,88 | - | - | * |
| Fe | 7,88 | 7,78 | 7,78 | 0,04 | 0,75 | nd | nd | nd | 0,05 | nd | nd | nd | 0,2 |
| Al | 1,68 | 1,64 | 1,66 | 0,02 | 1,28 | nd | nd | nd | 0,07 | nd | nd | nd | 0,3 |

*Parâmetros não apresentados na norma NBR 10004; nd: Valores não detectados pelo aparelho; -: Parâmetros não analisados.

4.3.4. Solubilização de resíduos

O teste de solubilização fixa as condições exigíveis para diferenciar os resíduos da Classe I e II (NBR 10006/87 – Solubilização de Resíduos).

A Tabela 6 apresenta os valores de solubilização encontrados para os blocos cerâmicos preparados com 0,10 e 20%(seco) e 20% (úmido) de lodo.

Verifica-se na Tabela 7 que o tempo de cura teve uma influência significativa no processo de solubilização, principalmente para aqueles metais que se encontravam no lodo em concentração mais elevadas.

De um modo geral no tempo de cura de 90 dias a concentração de metais foi bem abaixo daquelas determinadas nos tempos de cura anteriores, para todos os corpos de prova. O aumento do teor de argila na massa cerâmica também contribuiu de forma significativa, de um modo geral, para a diminuição da concentração de metais no solubilizado. Confirmando a eficácia do processo de solidificação/estabilização.

Após um tempo de cura de 90 dias verifica-se que todos os corpos de prova encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela norma NBR 10004 da ABNT, para classificação como resíduo de classe II. No entanto, a finalidade do presente trabalho é de utilização dos blocos cerâmicos na construção civil, os quais terão destino e condições de

Tabela 7. Teor de metais analisados nos testes de solubilização.

| Metais | Argila | | | | NBR 10004 (mg/L) |
|--------|--------|---------|---------|---------|------------------|
| | 7 dias | 14 dias | 28 dias | 90 dias | |
| Se | nd | nd | nd | nd | 0,01 |
| Ba | nd | nd | nd | nd | 1 |
| Cd | nd | nd | nd | nd | 0,005 |
| Pb | nd | nd | nd | nd | 0,05 |
| Cr | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,05 |
| Cu | 0,003 | 0,002 | 0,002 | 0,001 | 1 |
| Ni | nd | nd | nd | nd | * |
| Zn | 0,039 | 0,038 | 0,03 | 0,03 | 5 |
| Na | 6,40 | 6,50 | 6,58 | 6,50 | 200 |
| K | 6,80 | 6,90 | 6,89 | 6,87 | * |
| Fe | 7,10 | 7,10 | 7,05 | 6,89 | 0,2 |
| Al | 1,70 | 1,60 | 1,59 | 1,54 | 0,3 |

*Parâmetros não apresentados na norma NBR 10004. nd: Valores não detectados pelo aparelho.

intempéries, completamente diferentes daqueles encontrados para os resíduos.

Desta forma, pode-se considerar que a incorporação de lodo à argila por meio do processo de solidificação/estabilização é extremamente eficiente e eficaz para a diminuição do impacto ambiental que os resíduos em questão poderiam causar, caso fossem disposto no solo sem qualquer tratamento.

4.3.5. Análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Nas Figuras 4 a 7 estão apresentadas as micrografias, que tem por objetivo analisar a porosidade da amostra. As análises foram realizadas com duas resoluções para amostra, uma resolução de 4000x com poros de 5 µm e uma resolução de 200x com 50 µm.

As Figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam a superfície porosa dos blocos cerâmicos confeccionados com 10%, 20% (seco e úmido) e 0% de lodo respectivamente, no tempo de cura de 90 dias.

Analisando as Figuras 4 a 7 verifica-se que a mistura mais homogênea foi obtida para os blocos confeccionados somente com argila, ao passo que se adicionou lodo a homogeneidade da amostra diminui, tornando-a menos compacta, ou seja, a porosidade da amostra aumentou. Segundo Moreira¹¹, ao se adicionar lodo têxtil à argila, a porosidade da amostra aumenta, uma vez que a matéria orgânica existente no lodo resulta no desprendimento de gases, e que após o aumento de temperatura durante a queima desprende-se causando o aumento dos poros.

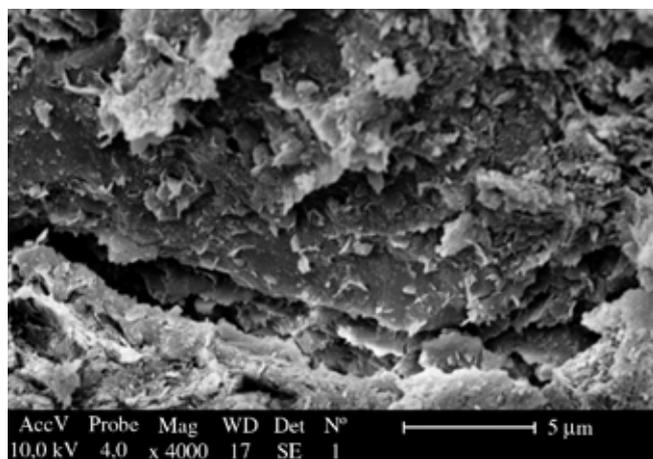
Este fato pode explicar a diminuição da resistência dos blocos cerâmicos com 20% de lodo (seco e úmido), pois uma melhor compactação do material diminuiria os poros da amostra, tornando-a mais resistente.

Analisando as micrografias das Figuras 5 e 6 observa-se que a adição de lodo úmido promoveu uma melhor compactação do material, confirmando os resultados obtidos nos testes de resistência à compressão.

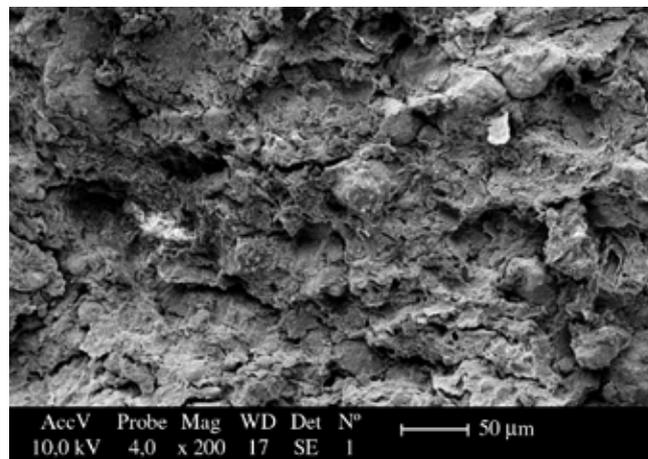
5. Conclusão e Sugestões

Os resíduos sólidos gerados em processos de tratamento são um problema ambiental grave e isto vem se tornando mais freqüente a cada dia; sendo cada vez maior a procura por formas de tratamento e valorização destes resíduos, principalmente na construção civil. Os testes de resistência à compressão, absorção de água e as análises de lixiviação e solubilização apresentaram valores que atendem os estabelecidos pelas normas para os blocos confeccionados com 10% de lodo. Nesta porcentagem e fazendo uso da técnica aqui utilizada, é possível o uso desses blocos como material de construção, e também com a finalidade de diminuir o impacto ambiental causado por resíduo proveniente de tratamento de efluente têxtil.

Pelos valores encontrados para o teste de resistência, e solubilidade e analisando-se as micrografias, conclui-se que a compactação do material não foi adequada quando utilizou-se a incorporação de 20% de lodo à argila, nas condições utilizadas neste trabalho.

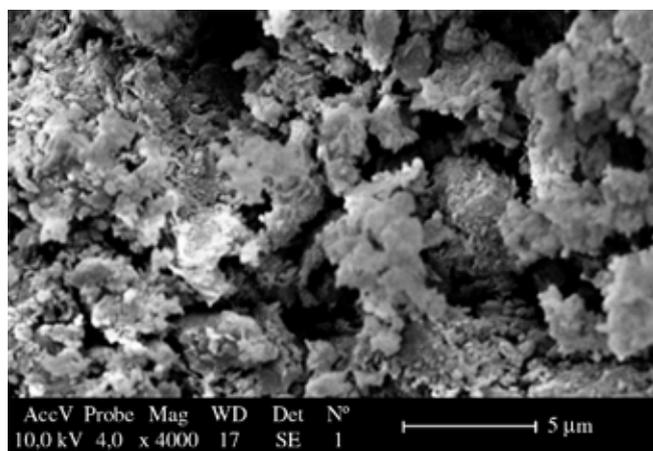


(a)

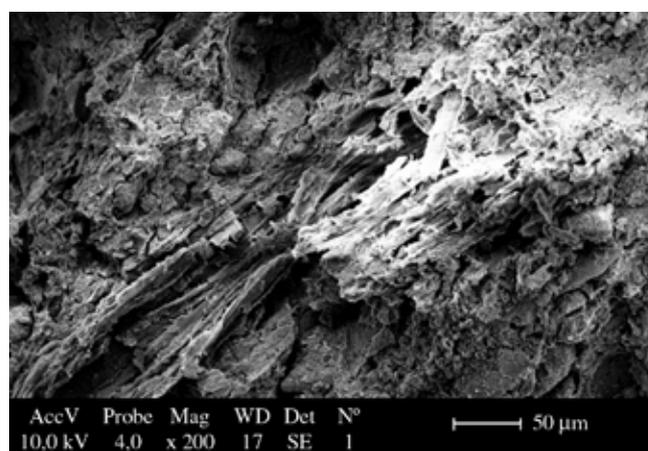


(b)

Figura 4. MEV para blocos cerâmicos com 10% de lodo; a) 4000x; e b) 200x.

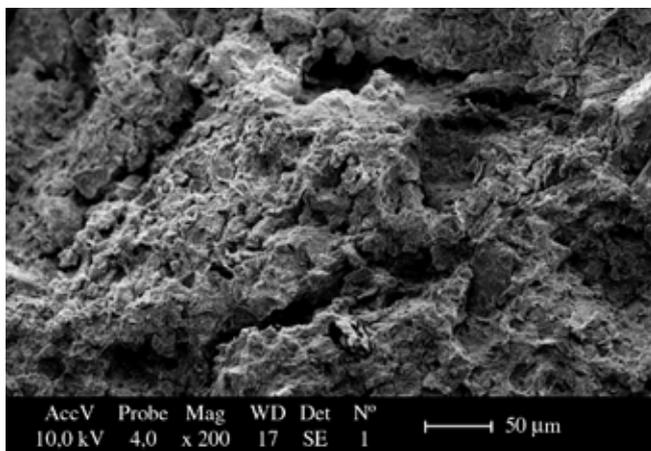


(a)

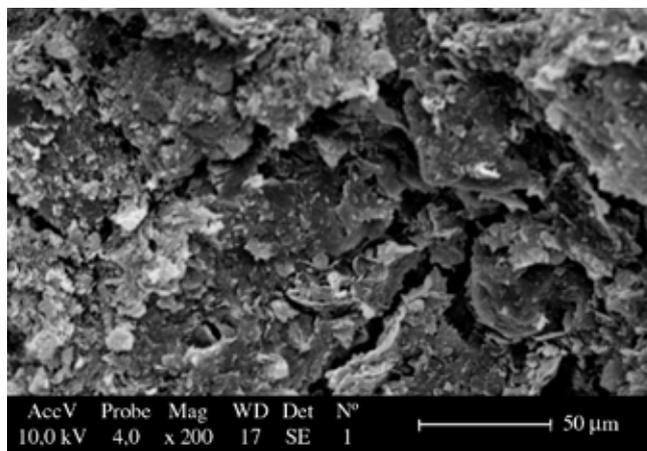


(b)

Figura 5. MEV para blocos cerâmicos com 20% de lodo seco; a) 4000x; e b) 200x.

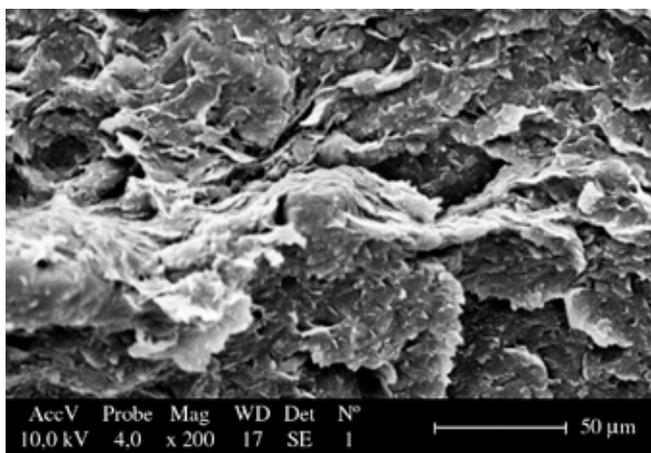


(a)

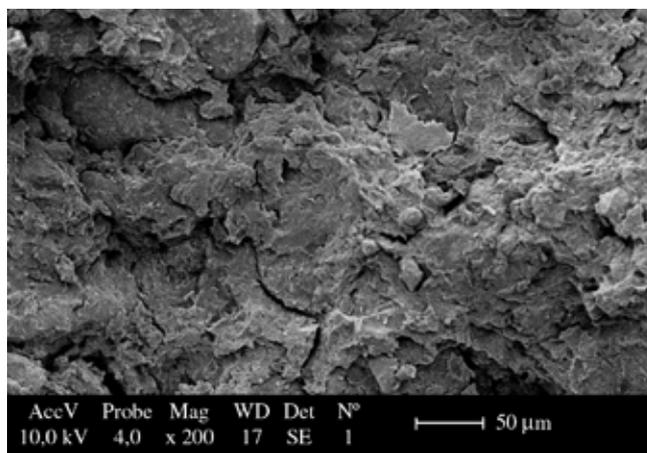


(b)

Figura 6. MEV para blocos cerâmicos com 20% de lodo úmido; a) 4000x; e b) 200x.



(a)



(b)

Figura 7. MEV para blocos cerâmicos com 100% de argila; a) 4000x; e b) 200x.

De certa forma, os objetivos deste trabalho foram alcançados. Dada a necessidade das lavanderias industriais em destinarem de forma mais adequada e ambientalmente correta o seu resíduo sólido – o lodo.

Fica demonstrada neste trabalho que a utilização em blocos cerâmicos pode ser uma alternativa viável, uma vez que segue as normas técnicas vigentes para o reaproveitamento de resíduo sólido de origem têxtil em blocos cerâmicos.

Para futuros trabalhos utilizando lodo na incorporação de matrizes de argila, sugere-se que este seja previamente tratado. Visto ao fato de que os resultados obtidos nos testes de solubilidade com 20% de lodo adicionado à argila para os metais cromo, ferro e alumínio excederam os valores limite fixados pela norma NBR 10004.

Os resultados podem ser melhorados, com a utilização de misturadores, para uma melhor compactação na mistura lodo têxtil/argila. A otimização deste processo segue como uma sugestão para posteriores trabalhos, que venham também comprovar a eficácia da utilização do lodo têxtil no fabrico de blocos cerâmicos e sua posterior utilização na área de construção civil.

Referências

1. Ampessan, S. B., 2004, **Solidificação/estabilização de lodo da indústria de couro em material cerâmico**. Dissertação de MSc, PEQ/UEM, Maringá, PR.

2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR - 7170**. Tijolo maciço cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1983.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR - 7171**. Bloco cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1992.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR - 8947**. Telha cerâmica. Determinação da massa e da absorção de água. Rio de Janeiro, 1983.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR - 10.004**: Resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 1987.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR - 10.005**: Lixiviação de resíduos. Rio de Janeiro, 1987.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR - 10.006**: Solubilização de resíduos. Rio de Janeiro, 1987.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR - 10.007**: Amostragem de resíduos. Rio de Janeiro, 1987.
9. CETESB, 1993. **Resíduos Sólidos Industriais**. Trabalho elaborado pelo corpo técnico da CETESB.
10. Malavolta, E., 1997. **Avaliação Nutricional das Plantas - Princípios e Aplicação**. 2ª ed., Piracicaba, SP.
11. Moreira, A. H., et. al., Efeito da adição de lodo de águas residuais da indústria têxtil nas propriedades de materiais de construção. **Cerâmica Industrial**. São Carlos, SP. v. 47, n. 303, p. 158-162, 2001.
12. Prim, E. C. C. **Reaproveitamento de lodo têxtil e da cinza pesada na construção civil: aspectos tecnológicos e ambientais**. 1998. Dissertação de MSc., PPEA/UFSC, Florianópolis, SC. 1998.