



## Utilização do Lodo de Drenagem Ácida da Mineração de Carvão em Cerâmica Vermelha

*M. Peterson<sup>1,3</sup>; K. A. Cardoso<sup>1</sup>; F. Pelisser<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC / Departamento de Engenharia de Materiais, Campus I, Av. Universitária nº 1105, Bairro Universitário, CEP 88.806-000, Criciúma, Santa Catarina, Brasil (michael@unesc.net)

<sup>2</sup>Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC / Departamento de Engenharia Civil, Campus I, Av. Universitária nº 1105, Bairro Universitário, CEP 88.806-000, Criciúma, Santa Catarina, Brasil (kellyaraldi\_c@hotmail.com)

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário, Trindade, CEP 88.040-900, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil (fep@unesc.net)

### Resumo

O objetivo principal deste artigo foi estudar a incorporação do lodo de drenagem ácida de mina de carvão em formulações de cerâmica vermelha para medição e avaliação de propriedades mecânicas para posterior utilização, reduzindo o impacto ambiental na região.

Palavras-chave: Lodo de drenagem ácida do carvão. Cerâmica vermelha. Avaliação de propriedades.

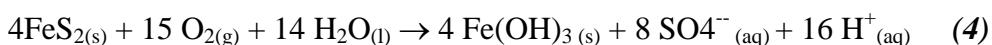
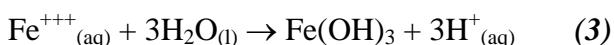
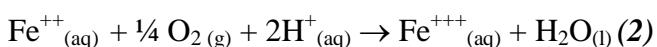
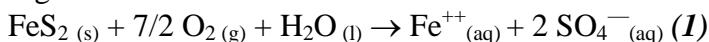
Área Temática: Resíduos Sólidos

### 1 Introdução

Novas tecnologias foram desenvolvidas no sentido de tratar os efluentes ácidos gerados numa mina de carvão. O efluente em questão é denominado “drenagem ácida de mina” também indicada por “DAM”. Vários autores estudaram as reações envolvidas e seus mecanismos para elucidar e impedir o processo de acidificação dos mananciais aquíferos da região sul catarinense. (ALEXANDRE, N. Z.; KREBS, A. S. J, 1995)

Junto ao carvão está o mineral pirita ( $FeS_2$ ), com nome de sulfeto de ferro. Este é responsável pelo mecanismo gerador de drenagem ácida em combinação com o Oxigênio ( $O_2$ ) do ar e a água.

O mecanismo químico de geração de drenagem ácida em minas (DAM) de carvão é o seguinte:



O nível de acidez, a concentração e a composição dos metais dependem do tipo e quantidade de sulfetos e da presença ou ausência de materiais alcalinos. O carvão extraído em minas a céu aberto e subterrâneas é enviado às usinas de beneficiamento sendo que, para cada tonelada lavrada, são gerados cerca de 60% de resíduos sólidos (rejeitos grossos e finos) e aproximadamente  $1,5 m^3$  de efluentes ácidos. No ano de 2000 foram gerados cerca de 4 milhões de toneladas de rejeitos e estérreis do carvão beneficiado nas carboníferas. Tendo em vista o quadro mostrado acima, são necessários monitoramentos e investimentos constantes para minimizar os danos ambientais.



# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

Em razão disto, pesquisadores do Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT/UNESC) e Departamentos de Engenharia Ambiental da UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense e Colaboradores, na busca de alternativas de tratamento da DAM, permitiram em 2002, a instalação de um sistema de tratamento em escala piloto que utiliza o processo de neutralização seguido de flotação por ar dissolvido (FAD). Esta unidade está localizada na Estação de Embarque de Carvão Mineral pertencente à Carbonífera Metropolitana S.A., na Vila Fiorita, município de Siderópolis.

Em 2006, foi implantada uma Estação de Tratamento de Efluentes em escala industrial (ETDAM) com capacidade para tratar entre 150 a 280 m<sup>3</sup>/h de efluente de DAM, situada no complexo mineiro Esperança e Fontanella pertencente à Carbonífera Metropolitana S.A., município de Treviso, utilizando princípio similar do tratamento adotado na escala piloto, porém, como maior agregado tecnológico.

Como resultado deste tratamento está sendo gerado um resíduo com teor de sólidos em torno de 20 a 30% (lodo desidratado em filtro-prensa) e composição química de hidróxidos de Ferro, Manganês, Cálcio, Alumínio, Magnésio e Sílica, entre outros elementos em menor proporção. A partir deste material, o IPAT em associação com o Departamento de Engenharia de Materiais da UNESC desenvolveu uma série de análises e experimentos visando aplicabilidade do resíduo como matéria-prima no Setor de Cerâmica Vermelha, evitando-se seu descarte ou deposição no meio ambiente, ao mesmo tempo em que contribui com a preservação dos recursos minerais utilizados nos processos produtivos em Cerâmica Vermelha. Diante disto, é justificado um estudo mais detalhado da incorporação deste lodo identificando os possíveis problemas como o aparecimento de sais solúveis na superfície dos produtos cerâmicos. Uma solução tecnológica para este problema dentro da ciência dos materiais aliando a adição de produtos que podem insolubilizar os sais presentes no lodo e ainda aumentar a resistência mecânica dos tijolos/telhas em questão.

É importante lembrar que este trabalho é uma continuação de um projeto que já gerou uma publicação em congresso internacional de Cerâmica – QUALICER 2006 e ainda a submissão de artigo científico em revista indexada com o estudo da utilização do lodo de DAM como pigmento inorgânico na indústria cerâmica de revestimento. (MARCELO, REGINALDO ROSSO, 2005. TCC).

## 2 Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizada a estrutura laboratorial do curso de engenharia de materiais e o laboratório do curso de tecnologia em cerâmica da UNESC. As formulações foram realizadas em extrusora (comumente chamada de maromba) do laboratório do sindicato das indústrias de cerâmica vermelha da cidade de Morro da Fumaça. Estes laboratórios serviram de base para o estudo proposto.

Com relação às matérias primas, a Companhia Metropolitana de Mineração situada na cidade de Treviso cedeu o lodo da estação de tratamento de efluentes ácidos de mineração. A formulação base de tijolos e telhas foi fornecida pelo Laboratório do sindicato de Morro da Fumaça.

## 3 Procedimento Experimental

Inicialmente foram realizados dois testes com o lodo, o teste de teor de umidade e de sais solúveis. Os resultados obtidos nos testes foram de 80% de umidade da massa total, e 0,4% de sais solúveis. Para a incorporação do lodo na cerâmica vermelha foram desenvolvidas quatro formulações com percentuais de lodo diferentes para a adição na massa de argila padrão, os percentuais de lodo foram respectivamente 3%, 5%, 7% e 10%.



# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

Devido ao alto teor de umidade do lodo tornou-se inviável trabalhar com as massas com os teores de 7% e 10%, pois se observou que durante a extrusão os tarugos estavam sofrendo deformações. Para minimizar este problema foi trabalhado com uma umidade de 24% da massa com os percentuais de lodo estabelecidos. Para isto, a massa com as respectivas formulações foram expostas à temperatura ambiente durante 48 horas.

Após a extrusão da massa padrão (sem adição de lodo), e das massas com 3%, 5%, 7% e 10% de lodo, foram fabricados os corpos de prova para os testes posteriores. Foram fabricados um total de 150 corpos de prova englobando todas as formulações.

A figura 1 mostra todos os corpos de prova fabricados ainda úmidos.

Antes de serem secados e queimados todos os corpos de prova foram medidos com um pacmômetro.



Figura 1 – Corpos de prova das 5 formulações (úmidos)

Os corpos de prova foram secados ao ar e em estufa a uma temperatura de 110 °C. Após a secagem foram queimados em um forno mufla (marca Jung) a 950 °C durante três horas a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min.

Para os ensaios de resistência mecânica, retração de queima, perda ao fogo e absorção de água foram utilizados 50 corpos de prova, ou seja, 10 corpos de prova de cada formulação. Destes 10 corpos de prova, 7 foram utilizados no ensaio de resistência mecânica, 3 destinados ao ensaio de absorção e com os mesmos 10 corpos de prova foi verificado a de retração de queima e perda ao fogo.

A análise do teor de sais solúveis foi realizada com as seguintes formulações: 3%, 6% e 10% de lodo DAM misturados com uma argila de cor de queima vermelha (argila Pizete), com a adição de 0,5% e 1% de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) e carbonato de bário, resultando em um total de 18 formulações. A análise foi realizada através do método empírico de imersão destes produtos em água deionizada por 3 dias para posterior secagem.

## 4 Resultados e Discussões

*Resistência mecânica, perda ao fogo, retração de queima e absorção de água.*

Nos gráficos 1 e 2 seguem os resultados obtidos nos ensaios de resistência mecânica, perda ao fogo, retração de queima e absorção de água:

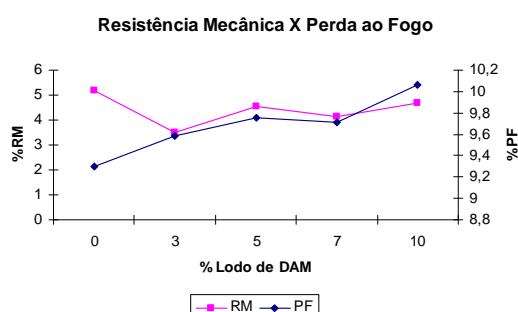


Gráfico 1 – Resistência Mecânica X Perda ao Fogo



# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

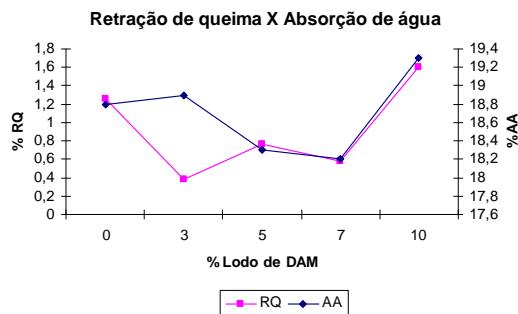


Gráfico 2 – Retração de queima X Absorção de água

Observa-se que os corpos de prova com os teores de 5%, 7% e 10% mantiveram uma boa resistência quando comparados com os corpos de prova da massa padrão. Porém, a formulação com a adição de 3% de lodo obteve uma resistência muito abaixo do esperado. Essa diminuição da resistência pode estar relacionada com a deformação dos tarugos durante o processo de extrusão, em consequência da alta umidade.

Nos testes de perda ao fogo e absorção de água não houve variações consideráveis como pode ser observado nos resultados acima apresentados. Porém, no teste de retração as amostras não mantiveram regularidade nos resultados.

## Sais Solúveis

No gráfico 3 estão representados os resultados obtidos no teste de sais solúveis.

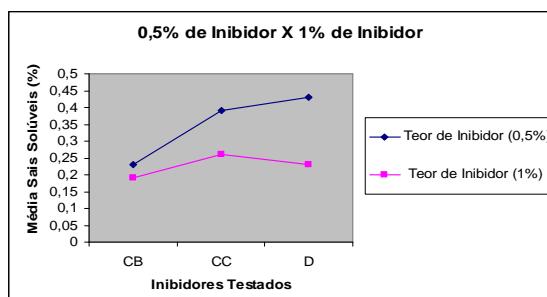


Gráfico 3 – Média dos resultados do teste de sais solúveis

Como já esperado o carbonato de bário foi o inibidor de sal solúvel mais eficiente dentre os três produtos testados.

## 5 Conclusão

Os resultados obtidos nos ensaios indicam que o lodo pode ser incorporado na massa de cerâmica vermelha, pois não alterou significativamente as suas propriedades mecânicas quando comparados com a massa sem adição de lodo. Os resultados do ensaio de retração de queima apresentaram variações consideráveis, esta variação é consequência da alta umidade do lodo que pode ser minimizada com a realização de uma pré-secagem à temperatura ambiente da massa com o lodo incorporado. Esta secagem além de melhorar o parâmetro retração de queima, melhora também o processo de extrusão do produto.

Quanto à precipitação de sais solúveis na superfície dos produtos, esta pode ser controlada com a adição de carbonato de bário, que se mostrou um bom inibidor.



## 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

### Referências

**ALEXANDRE, N. Z.; KREBS, A. S. J. Qualidade das águas superficiais do município de Criciúma, SC. Vol. 6, CPRM, 1995, Porto Alegre, RS**

**IPAT/UNESC.** Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Pesquisa e desenvolvimento de metodologias para o controle de drenagem ácida e tratamento de efluentes da indústria carbonífera.** Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas - Universidade do Extremo Sul Catarinense. Relatório técnico. Criciúma, 2000, 184p

**ZIVKOVIC,Z.D.; MILOSAVLJEVIC.** “Kinetics and Mecanism of Pyrite Oxidation”; Thermochim. Acta, 157: 215-219

**MARCELLO, Reginaldo Rosso. Incorporação do lodo obtido no tratamento de drenagem ácida de mina de carvão na composição de pigmentos inorgânicos.** Criciúma, UNESC, 2005, 133 p. (Trabalho de conclusão de curso)

**R.R. Marcello, S. Galato, M. Peterson, H.G. Riella, A.M. Bernardin. Inorganic pigments made from the recycling of coal mine drainage treatment sludge.**