



## Estudo de metodologias de valorização da drenagem ácida de mina de carvão do sul catarinense.

M. Peterson<sup>1</sup>, G. B. Vieira<sup>2</sup>, J. P. Pizzolo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC (michael@unesc.net)

<sup>2</sup>Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC (gabinha24@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC (jussara\_pavei@hotmail.com)

### Resumo

Com o objetivo de caracterizar e estudar possibilidades tecnológicas de utilização de produtos obtidos a partir da drenagem ácida da mineração de carvão, este projeto têm criado alternativas para a redução do impacto ambiental da drenagem ácida de mineração na região sul catarinense, sendo muito importante para o futuro da mineração do carvão. O efluente em questão é denominado “drenagem ácida de mina” também indicada por “DAM”, que é gerada pela presença do mineral pirita ( $FeS_2$ ), com nome de sulfeto de ferro, em combinação com o oxigênio ( $O_2$ ) do ar e a água. O estudo está sendo realizado em duas etapas distintas: a primeira de caracterização e revisão bibliográfica sobre a drenagem ácida de mina de carvão e suas possibilidades de aplicação e valorização; a segunda etapa consiste na precipitação química ou eletroquímica dos metais solubilizados como ferro, zinco, cálcio e silício. A literatura indica o aumento de pH como uma opção para a precipitação destes metais que poderão ser utilizados para a separação seletiva destes com um alto grau de pureza. Espera-se uma precipitação significativa de algum composto de ferro que poderá ser o hidróxido de ferro, o qual passará por um processo de calcinação (tratamento térmico) para que seja obtida a hematita ( $Fe_2O_3$ ) que é um importante pigmento com várias aplicações na região sul catarinense. Resultados de pesquisas anteriores com a oxidação direta da pirita demonstram esta possibilidade de utilização.

Palavras-chave: Drenagem ácida de mina. Carvão. Impacto ambiental.

Área Temática: Tecnologias ambientais.

### 1 Introdução

O estudo de alternativas para a redução do impacto ambiental da drenagem ácida de mineração na região sul catarinense é muito importante para o futuro da mineração do carvão. Assim, como principal objetivo, este trabalho vem buscar alternativas tecnológicas de utilização da drenagem ácida para o desenvolvimento de novos produtos ou ainda matérias primas para outros processos industriais da própria região sul catarinense, incluindo os seguintes segmentos industriais: Cerâmico, plásticos, tintas e pigmentos e metalúrgico. A presença do elemento ferro na forma oxidada na drenagem ácida ( $Fe^{+++}$  e  $Fe^{++}$ ) justifica o estudo da precipitação e estudo de sua utilização em alguns segmentos industriais como matéria prima.(JOAQUIM, J. T., 2009)

### 2 Fundamentação Teórica

A região sul Catarinense tem um histórico de mais de um século de mineração de carvão. O lado negativo desta exploração sem cuidados ambientais foi o surgimento de um grande número de áreas degradadas pela mineração do carvão. Uma das principais consequências foi a destruição de terras e poluição dos principais rios da região, com aumento



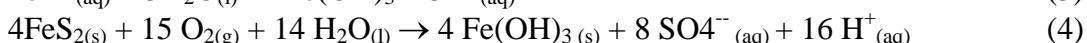
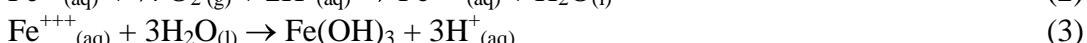
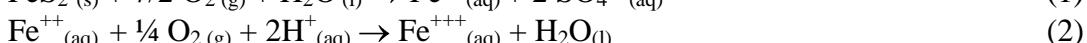
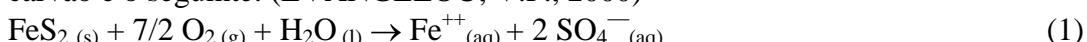
## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

de sua acidez e concentração de metais pesados.

A mineração de carvão passou por transformações devidas principalmente a um maior controle do ministério público nas atividades de extração. . 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 ( $\text{FeS}_2$ ), com nome de sulfeto de ferro. Este é responsável pelo mecanismo gerador de drenagem ácida em combinação com o Oxigênio ( $\text{O}_2$ ) do ar e a água. O mecanismo químico de geração de drenagem ácida em minas (DAM) de carvão é o seguinte: (EVANGELOU, V.P., 2000)



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  $1,5 \text{ m}^3$  de efluentes ácidos.

Com o intuito de valorização da drenagem ácida de mina, sem a geração de lodo, este projeto tem o objetivo de precipitação química ou eletroquímica dos metais solubilizados. A literatura indica o aumento de pH como uma opção para a precipitação destes metais solubilizados; isto acontece com a formação de hidróxidos insolúveis em intervalos de pH específicos.

Espera-se uma precipitação significativa de algum composto de ferro que poderá ser o hidróxido de ferro, dependendo da faixa de pH disponível no meio reacional. Este hidróxido de ferro obtido passará por um processo de calcinação (tratamento térmico) para que seja obtida a hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) que é um importante pigmento com várias aplicações na região sul catarinense, inclusive da indústria cerâmica, em esmaltes produzidos por coloríficos e em indústrias de polímeros. (PETERSON, M.; PAVANELO, J.; CORREA, L. H.; OLIVEIRA, A., 2008)

Outra importante área são as nanopartículas de magnetita, que são aplicadas desde na biomedicina e entrega de medicamentos controlados até nanosorventes em engenharia ambiental, pelo fato deste ter altas propriedades magnéticas. (WEI, X.; VIADERO JR, R. C., 2006)

A magnetita é um composto de ferro, que provém da hematita e este pode ser encontrado na drenagem ácida de mina, a qual será foco de estudos neste trabalho.

### 3 Desenvolvimento Experimental

Para realização deste trabalho e obtenção de maiores detalhes do que acontece nas regiões de mineração foram preparadas amostras de drenagem ácida “geradas” em laboratório. Foram preparadas 5 amostras, cada uma com os seguintes procedimentos:

*1ª Amostra:* Foram misturados 13,8g de pirita moída com 1400mL de água deionizada num Becker de 2000mL. Nesta solução foi colocada uma bomba de ar a fim de criar drenagem ácida de mina em laboratório. Após 7 dias medindo o pH desta solução periodicamente observou-se que este se estabilizou em pH 3. Retirou-se a pirita restante da reação, mandou-se para análise de chumbo, ferro total e sulfatos e no restante de DAM



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

titulou-se NaOH 0,48M.

2<sup>a</sup> Amostra: Foram misturados 15g de pirita moída com 1990mL de água deionizada em um Becker de 2000mL. Utilizando uma bomba de ar, a reação ficou ocorrendo por 15 dias. Tirou-se o sobrenadante e mandou-se para análise de ferro total, chumbo e sulfatos.

3<sup>a</sup> Amostra: Na pirita restante do procedimento anterior, adicionou-se água deionizada em um Becker de 2000mL até completá-lo. Foi colocada uma bomba de ar e após 7 dias filtrou-se a pirita, encaminhou-se a dreagem para análise de chumbo, sulfatos e ferro total. O oxigênio dissolvido também foi analisado. O restante de drenagem foi colocado para reagir com oxigênio fornecido pela bomba de ar por mais 5 dias e posteriormente titulado com NaOH 0,48M.

4<sup>a</sup> Amostra: Houve a mistura de 10,59g de pirita restante do procedimento anterior com 2000mL de água deionizada em um Becker e colocada a bomba para fornecer oxigênio. A solução ficou reagindo durante 7 dias medindo o pH duas vezes por dia. Filtrou-se a pirita e na drenagem formada titulou-se com NaOH 0,48M.

5<sup>a</sup> Amostra: Para a geração de DAM ocorreu o mesmo procedimento da 1<sup>a</sup> Amostra e posteriormente somente realizada a titulação com NaOH 0,48M.

Com as 5 Amostras já preparadas foram coletados os dados descritos no item seguinte.

### 4 Resultados e discussão

A partir do desenvolvimento experimental foram obtidos alguns dados significativos que podem explicar o que acontece nas reações. As experiências feitas em laboratório podem ser comparadas com as que acontecem nas regiões de mineração de carvão.

Na 3<sup>a</sup> Amostra, o O<sub>2</sub> dissolvido foi de 8,10 mg/L na drenagem ácida. Na realização da 4<sup>a</sup> Amostra, foi notada a seguinte mudança de pH:

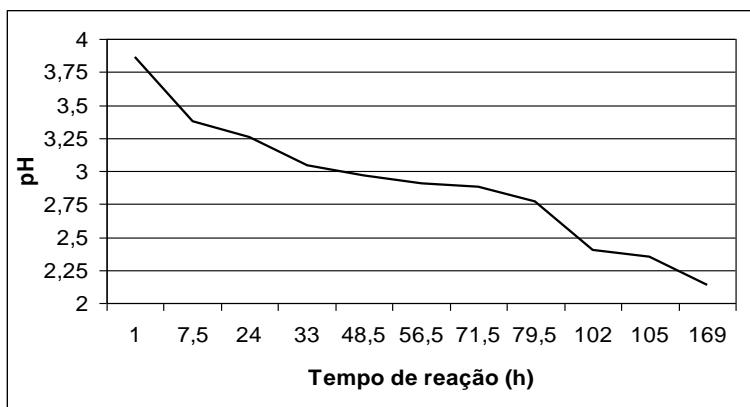


Figura 1 – Valores de pH de acordo com o tempo de reação da geração de drenagem ácida em laboratório

De acordo com a Figura 1 quanto mais tempo a solução fica reagindo menor será seu pH final e consequentemente maior será a degradação ambiental causada pela mineração de carvão a céu aberto.

Com as análises de chumbo, ferro total e sulfatos realizadas nas amostras pode-se observar os seguintes dados:



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

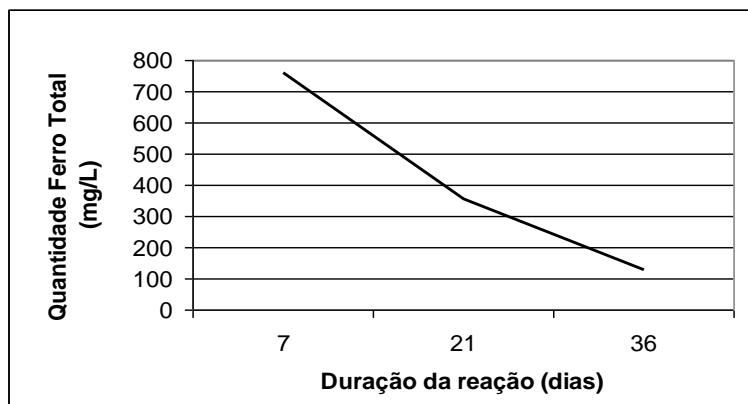


Figura 2 – Análises de ferro total nas três amostras de DAM.

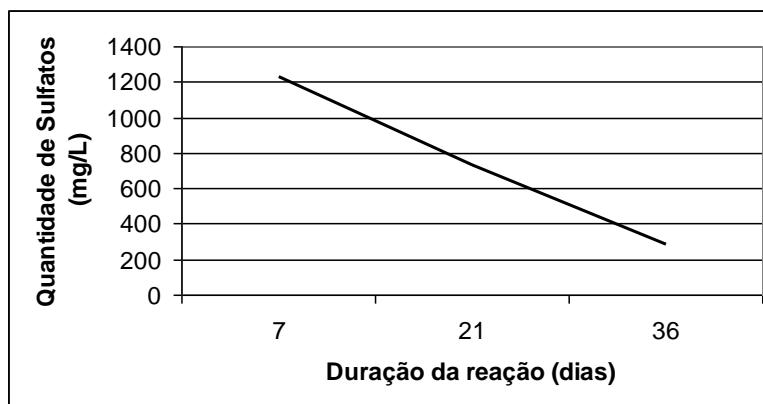


Figura 3 – Análises de sulfatos nas três amostras de DAM.

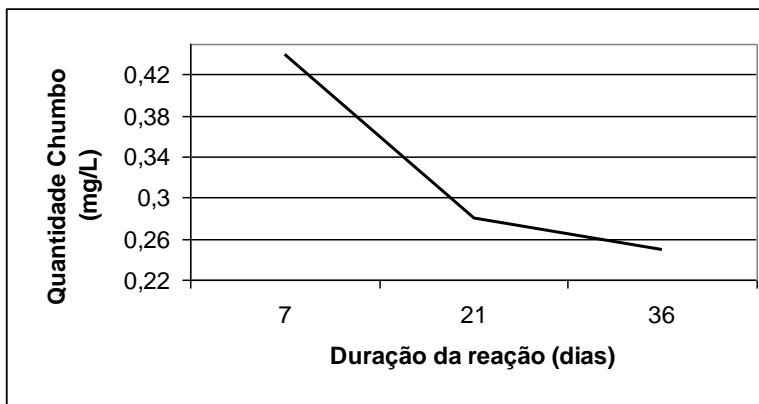


Figura 4 – Análises de chumbo nas três amostras de DAM.

Conforme as Figuras 2, 3 e 4 as concentrações de ferro total, sulfatos e chumbo diminuem de acordo com o tempo em que as amostras ficaram reagindo, ou seja, quanto maior o tempo de reação menor a concentração do poluente em questão por litro de drenagem ácida.

Nas titulações com NaOH realizadas obteve-se os precipitados mostrados a seguir:



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010



Figura 5 – Precipitado da 1<sup>a</sup> Amostra



Figura 6 – Precipitado 3<sup>a</sup> Amostra



Figura 7 – Precipitado 4<sup>a</sup> Amostra



Figura 8 – Precipitado 5<sup>a</sup> Amostra

Na primeira titulação (Figura 5) com NaOH houve um grande volume de precipitado de coloração verde escuro, foram utilizados 22mL da base acarretando um pH final de 11,4. O pH inicial era de 3. Este precipitado foi filtrado e deixado em processo de secagem naturalmente por um dia. Após este tempo, realizou-se Difração de raio-X o qual demonstrou uma grande parte do mesmo composta por magnetita.

Na segunda titulação (Figura 6) não ocorreu uma precipitação satisfatória, houve uma pequena formação de precipitado de cor laranja, foram utilizados 15,2mL de NaOH mudando o pH de 2,33 para 11,42. Este precipitado foi filtrado, seco naturalmente e com um simples teste com um imã observou-se que o mesmo não ficou magnético.

Na terceira titulação (Figura 7), utilizou-se 22mL de NaOH ocasionando a mudança de pH de 2,14 para 12,26. Não houve a formação de precipitado, somente observou-se a mudança de coloração da solução de transparente para laranja. Após a solução decantar por uma semana observou a presença de um pequeno volume de precipitado de cor laranja. Assim, filtrou-se e realizou-se o teste do imã com o precipitado, observando que também não ficou magnético.

Na quarta titulação (Figura 8), utilizou-se 22mL da base em um volume de 400ml de DAM. O pH inicial foi de 3 e o final de 6,83. O precipitado formado teve coloração verde escuro, como o pH de precipitação final foi de 6,83 a amostra não ficou magnética. Posteriormente houve a precipitação em pH 11,4 e amostra obtida era magnética.

A partir das amostras e titulações prontas, encontra-se assim um modo de obtenção de magnetita a partir de rejeitos poluidores.



## 2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 28 a 30 de Abril de 2010

### 5 Conclusão

O descarte de rejeito piritoso que forma a drenagem ácida quando em contato com o oxigênio dos rios e do ar é atualmente um grande agravante para a poluição ambiental, ocasionando o aumento da acidez dos rios.

A partir de todos os dados experimentais obtidos neste trabalho pode se concluir que a mineração de carvão gera rejeitos poluidores. Um destes rejeitos poluidores é o composto de ferro, que quando tratado térmicamente vira hematita, pigmento de coloração avermelhada, que pode ser utilizada como tal nas indústrias cerâmicas. Outras áreas que podem utilizar os rejeitos como matéria-prima são as indústrias de plásticos, tintas e pigmentos e metalúrgico.

Estudos mostram que a síntese de nanopartículas de magnetita tem sido foco de várias investigações em aplicações ambientais. Assim, a forma de obtenção da magnetita a partir da drenagem ácida de mina é uma boa alternativa para redução do impacto ambiental.

Trabalhos realizados nesta área mostram a importância do estudo sobre a drenagem ácida para fins industriais, proporcionando além da redução do impacto ambiental causado pela mineração de carvão mas também a obtenção de produtos de grande aplicação com baixo custo, já que são utilizados materiais na forma de rejeitos poluidores.

### Referências

- ALEXANDRE, N. Z.; KREBS, A. S. J. **Qualidade das águas superficiais do município de Criciúma, SC.** Vol. 6, CPRM, 1995, Porto Alegre, RS
- EVANGELOU, V. P. **Pyrite Oxidation And its Control: Solution Chemistry, Surface Chemistry, Acid Mine Drainage (AMD), Molecular Oxidation Mechanisms, Microbial Role, Kinetics, Control, Ameliorates And Limitations, Microencapsulations.** Boca Raton, Florida: CRC Press, 2000.
- JOAQUIM, J. T. **Utilização de resíduos da mineração de carvão na indústria cerâmica.** Trabalho de conclusão de curso – TCC: Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, 2009.
- PETERSON, M.; PAVANELO, J.; CORREA, L. H.; OLIVEIRA, A. **Possibilidades de Utilização da Pirlita Contida no Rejeito Piritoso Produzido pela Mineração de Carvão no Sul Catarinense.** 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente: Bento Gonçalves – RS, Brasil, 2008.
- WEI, X.; VIADERO JR., R. C. **Synthesis of magnetite nanoparticles with ferric iron recovered from acid mine drainage: Implications for environmental engineering.** Morgantown, USA: West Virginia University, 2006.