

# **Estudos da Oleofilicidade/Hidrofobicidade do Carvão e da Pirita Aplicados no Processo de Dessulfurização de Rejeito de Carvão Via Flotação**

**Jean Carlo Grijó Louzada**

Bolsista PCI, Eng<sup>o</sup>. Químico MSc

**Marisa Bezerra de Melo Monte**

Orientadora, Eng<sup>a</sup> Química DSc.

## **Resumo**

As propriedades oleofílica/hidrofóbica da pirita e do carvão foram estudadas no presente trabalho. Estudos fundamentais, por meio de ensaios de ângulo de contato, mostraram as condições nas quais a oleofilicidade/hidrofobicidade desses minerais são observadas, no que se refere ao pH e na presença de coletores da classe dos hidrocarbonetos alifáticos.

Esses estudos iniciais permitiram estabelecer uma diretriz para o processo de dessulfurização de um rejeito de carvão via flotação. A rota estabelecida consistiu na flotação do carvão, composta pelas etapas *rougher* e *cleaner*, e na flotação da pirita. Foi possível obter um concentrado de carvão com teor e recuperação de carbono de 30 e 87,94% respectivamente e um rejeito final da flotação da pirita com teor de enxofre de 1,5%.

## **1. Introdução**

No presente trabalho foi avaliada uma rota de flotação para um rejeito de carvão proveniente do processo de beneficiamento por jigagem. Além de permitir o aproveitamento do carvão desse rejeito, a flotação tem por objetivo retirar o enxofre pirítico do rejeito final, minimizando assim o impacto ambiental ocasionado pela disposição desse rejeito.

Inicialmente foram realizados estudos da hidrofobicidade e oleofilicidade do carvão e da pirita, conduzidos com amostras puras e que permitiram um melhor entendimento da flotabilidade desses minerais. Em seus estudos detalhados sobre a flotabilidade da pirita, MONTE (1998) mostrou que na faixa de pH situada entre 2,0 e 12,0 os ângulos de contato da pirita diminuem progressivamente. O maior valor do ângulo de contato foi de aproximadamente 50° em pH=2,0, e o menor valor, em torno de 20°, em pH=12,0. Ainda de acordo com MONTE (1998), na presença do coletor mercaptobenzotiazol a flotabilidade da pirita alcançou 80% em pH=4,0.

III Jornada do Programa de Capacitação Interna – CETEM

KOCABAG *et. al.* (1990) estudou o comportamento oleofílico da pirita levando-se em conta a oxidação do mineral. A interface pirita/óleo/água foi formada utilizando-se o iso-octano como fase oleosa e amostras de pirita oxidada e não oxidada. Os ângulos de contato medidos na superfície da pirita não oxidada alcançaram 90° para valores de pH situados entre 2,0 e 3,5 e entre 7,0 e 8,0. Em relação à pirita oxidada com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, o maior ângulo de contato sequer alcançou 50° em pH=2,0.

Neste trabalho apresentam-se as medidas de ângulo de contato para as seções polidas de carvão e pirita visando uma janela de seletividade para o sistema carvão –pirita., levando-se em consideração as propriedades oleofílicas e hidrofóbicas do carvão e da pirita, em função do pH e na presença de coletores apolares.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Ensaios de Ângulo de Contato

Na realização dos ensaios de ângulo de contato foram utilizadas amostras de carvão e pirita com alto grau de pureza, as quais foram cortadas, lixadas, embutidas em resina e polidas. Os experimentos foram conduzidos no goniômetro DATAPHYSICS com o software que permitiu a aquisição de imagens das interfaces mineral/óleo/água e mineral/água/ar. No que se refere aos reagentes, foram utilizados como fases oleosas o n-Dodecano fornecido pela MERCK e o Diesel S-50 da PETROBRÁS. A Figura 5 mostra os sistemas carvão/dodecano/água e pirita/dodecano/água em pH=6,0. Inicialmente a amostra do mineral foi colocada em uma cubeta de vidro permanecendo imersa em água destilada e o ajuste adequado do pH era feito. Subseqüentemente, a cubeta contendo a amostra era posicionada na plataforma do goniômetro e uma gota do hidrocarboneto (Dodecano e Diesel) era depositada na superfície polida do mineral. Foram realizadas três medições em diferentes pontos da amostra, de modo a se obter um valor médio para o ângulo de contato.

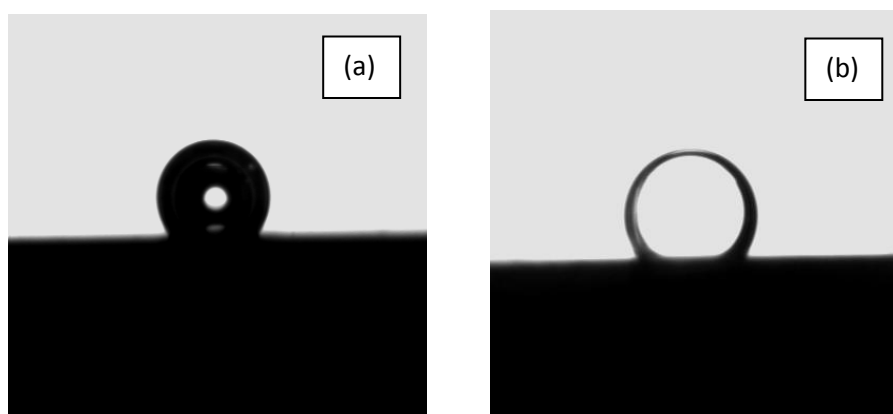


Figura 1 – Imagens da gota de dodecano nas superfícies do carvão (a) e da pirita (b) em pH=6,0.

## 2.2. Ensaio de Flotação em Bancada

O objeto de estudo dessa etapa do presente trabalho foi um rejeito de carvão de Santa Catarina proveniente da concentração por jigagem e que constitui um passivo ambiental.

Esses estudos de flotação foram realizados em escala de bancada em uma célula DENVER modelo D-2, subaerada equipada com inversor de frequência e raspador mecânico para a retirada da espuma. Para garantir o controle adequado e necessário do pH durante toda a flotação, foi acoplada ao sistema uma bomba dosadora DLX Control pH-RX-CL capaz de adicionar continuamente os reguladores de pH, sejam eles ácido ou base, conforme o ajuste do *set point*. Na flotação do carvão foram utilizados o Diesel S-50 como coletor e o Flotanol D25 (CLARIANT) como espumante. Na etapa de flotação da pirita foram utilizados o Sulfato de Cobre (ativador), o Mercaptobenzotiazol (coletor) e o Flotanol D25 (espumante). A etapa inicial consistiu na flotação do carvão conduzida em pH=10 utilizando o Diesel, para reforçar a hidrofobicidade do carvão, na dosagem de 800 g/t. O concentrado dessa etapa foi submetido a uma etapa *cleaner* sem a adição de reagentes e pH ajustado para 12. O rejeito proveniente da primeira etapa da flotação do carvão foi submetido à outra etapa na qual se objetivou flotar a pirita em pH=3,5 na presença de Sulfato de Cobre (200 g/t), Mercaptobenzotiazol (250g/t) e Flotanol D25 (130 g/t).

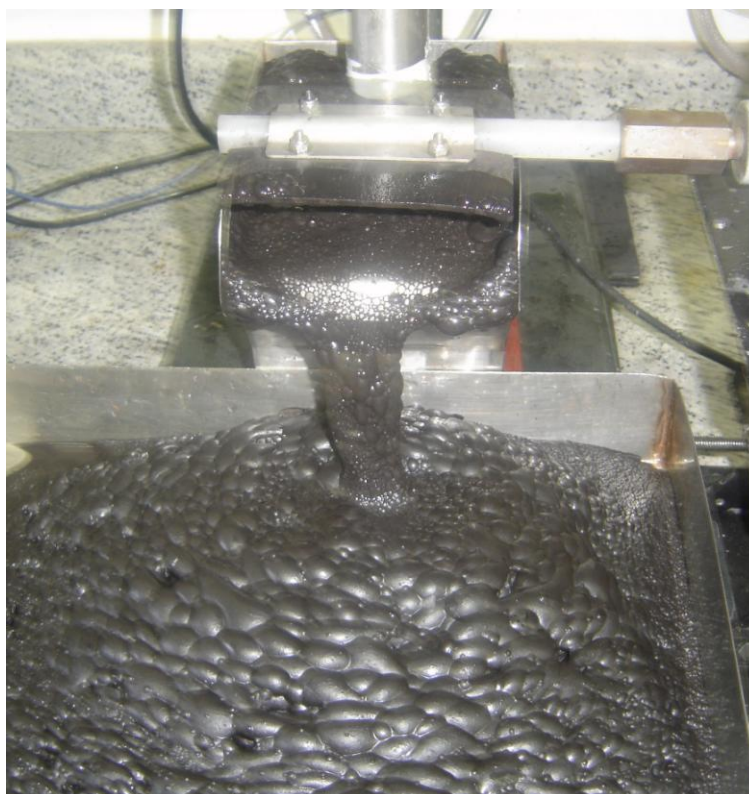


Figura 2 – Ensaio de flotação em bancada.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Ensaio de Ângulo de Contato

Os resultados dos ensaios de ângulo de contato do carvão e da pirita na presença de água pura são mostrados na Figura 3. Os valores altos dos ângulos de contato do carvão confirmam sua hidrofobicidade natural. Na faixa de pH estudada os ângulos da pirita são menores exceto em pH=4,0 e na faixa de 8,5 e 10,0. Em pH=12,0 percebe-se a grande diferença entre os ângulos de ambos os minerais.

As Figuras 4 e 5 mostram os resultados dos ângulos de contato medidos na presença de uma fase oleosa, ou seja, o Diesel e o Dodecano respectivamente. Pela Figura 4, observa-se que a pirita é um pouco mais oleofílica para valores de pH entre 3,0 e 9,0. Na faixa situada entre 9,0 e 10,0 verifica-se uma queda muito acentuada da oleofílicidade da pirita, até o mineral tornar-se completamente hidrofílico em pH=10,0.

Na presença do dodecano (Figura 5), a pirita é mais oleofílica que o carvão para valores de pH entre 2,0 e 6,4. Entretanto, para valores de pH acima de 6,5 ocorre uma inversão do comportamento dos minerais frente à fase oleosa, permanecendo o carvão mais oleofílico que a pirita.

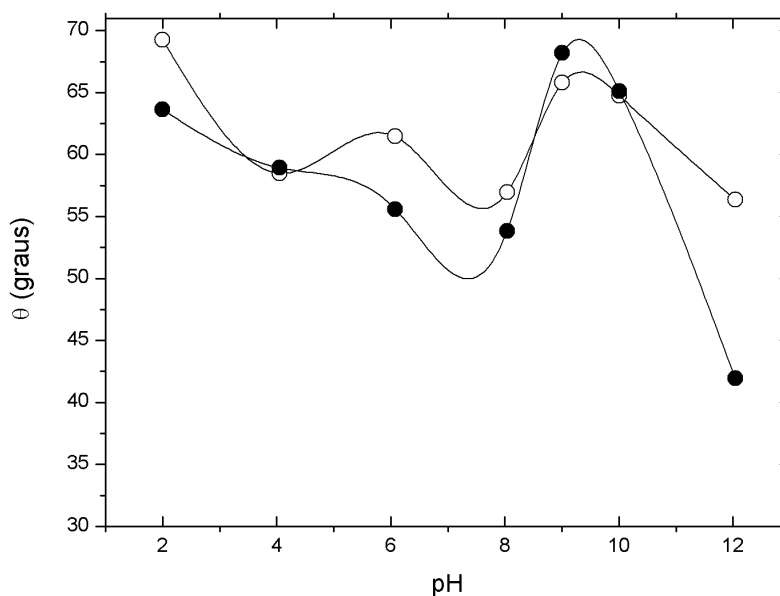


Figura 3 – Ângulo de contato do carvão (○) e da pirita (●) em função do pH na presença de água pura.

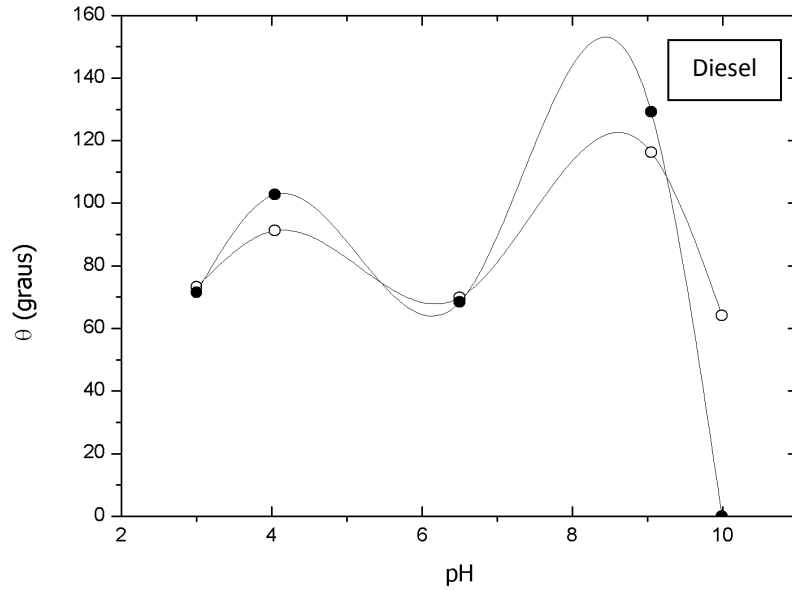


Figura 4 – Ângulo de contato do carvão (○) e da pirita (●) em função do pH, estando presente as fases sólido/água/óleo (diesel).

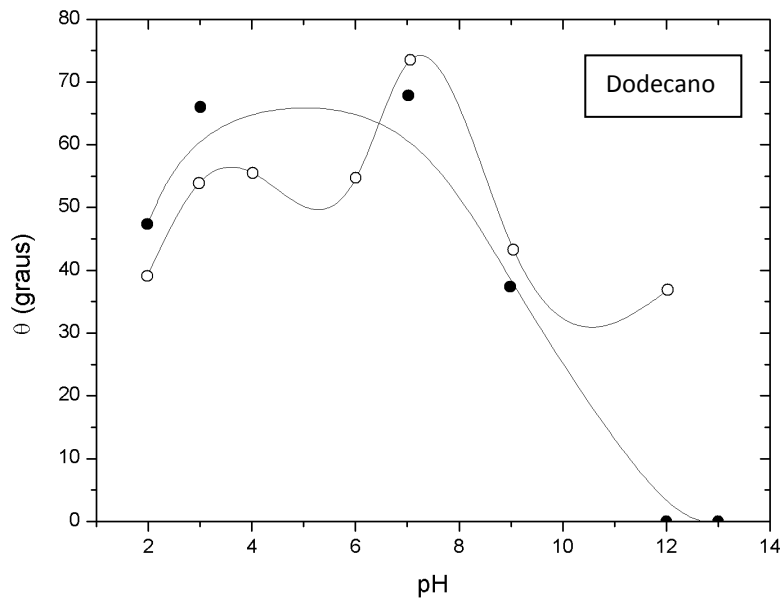


Figura 5 – Ângulo de contato do carvão (○) e da pirita (●) em função do pH, estando presente as fases sólido/água/óleo (n-dodecano).

### 3.2. Ensaio de Flotação em Bancada

Os estudos de ângulo de contato dos minerais na presença do Diesel mostraram a diferença na magnitude do ângulo de contato dos minerais em pH=10 (Figura 3) e que seguramente apontava para

uma boa seletividade no processo de flotação desses minerais nesse pH. Por esse motivo a flotação *rougher* do carvão foi conduzida em pH=10 e a etapa *cleaner* em pH=12, de modo a assegurar a depressão significativa da pirita.

Partindo-se de uma alimentação com teores de: S=3,8%; C=9,7%; Matéria Volátil=10,11%; Umidade=1,07% e Cinzas= 81,8%, foi possível obter um concentrado final cujo teor e recuperação de carbono foram de 30% e 87,94% respectivamente. Em relação ao rejeito final obtido da flotação da pirita, o teor e a recuperação de enxofre foram de 1,5% e 20,60% respectivamente.

#### **4. Conclusão**

Os ensaios de ângulo de contato mostraram o comportamento e a afinidade dos minerais pelas fases oleosas e aquosas e a partir deles foi possível estabelecer uma rota de flotação para um rejeito de carvão de Santa Catarina, na qual foi possível reduzir o teor de enxofre de 3,8% para 1,5% no rejeito final. Além disso, o concentrado de carvão alcançou um teor de carbono de 30% e uma recuperação metalúrgica de 87,94%, o que pode levar ao aproveitamento desse material como por exemplo em usinas termelétricas.

#### **5. Agradecimentos**

Meus sinceros agradecimentos à minha orientadora Dra. Marisa Bezerra de Melo Monte, ao Programa de Capacitação Institucional (PCI), ao CNPq pelo suporte financeiro, ao CETEM/MCTI pela infraestrutura e ao prof. José Farias de Oliveira que gentilmente permitiu a realização dos ensaios de ângulo de contato no Laboratório de Química de Interfaces e Sistema Coloidais (PEMM/COPPE/UFRJ).

#### **6. Referência Bibliográficas**

- MONTE, M. B. M. **Propriedades de Superfície do Ouro e da Pirita e sua Separação por Flotação**. 1998. 109p. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil).
- KOCABAG, D.; SHERGOLD, H.L.; KELSALL, G.H. Natural oleophilicity/hydrophobicity of sulphide minerals, II Pyrite. *International Journal of Mineral Processing*, v.29, p.211-219, 1990.