

Beneficiamento de Calcários do Estado do Espírito Santo

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro

Bolsista de Iniciação Científica, Eng. Química, UERJ

Franz- Josef Wellenkamp

Orientador, Eng. de Minas, Dr.-Ing.

RESUMO

O presente trabalho compreende um estudo realizado em amostras de calcário da região de Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, e envolve a purificação do material através da flotação inversa dos silicatos. Os resultados dos ensaios de flotação,

realizados em células de laboratório, mostraram ser possível a redução do percentual de resíduo insolúvel no material a índices menores que 0,5%, com recuperação dos carbonatos de cálcio e magnésio entre 80 e 85%.

1. INTRODUÇÃO

O calcário natural do estado de Espírito Santo é atualmente utilizado na agricultura como corretivo de solo, na indústria de tintas, plásticos, borrachas e nas indústrias de papel, onde é empregado em sua maquinaria a fim de recobrir a camada porosa deixada pela celulose, visando uma qualidade excelente do papel fabricado.

Particularmente, nas indústrias de papel é preciso que o material apresente certas características químicas e físicas, tais como: pureza, opacidade e alvura elevadas, além da granulometria ultrafina. Como estas características não são predominantes no calcário natural de Espírito Santo, este deve sofrer um processo de beneficiamento. Este beneficiamento tem por finalidade reduzir o índice de abrasividade, que danifica as máquinas utilizadas na fabricação de papel.

2. OBJETIVO

O presente trabalho objetiva a purificação do calcário natural do estado de Espírito Santo através da flotação inversa de sílica, visando a redução do percentual de resíduo insolúvel (RI) a índices compatíveis com as exigências das indústrias de papel.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes de flotação foram conduzidos numa célula de flotação DENVER equipado com cuba de 3,0 L de volume, utilizando-se 700 g de calcário. O tipo de depressor, coletor, espumante e regulador utilizados e suas respectivas concentrações encontram-se listados na Tabela 01, assim como a faixa de pH da polpa, cujo limite inferior foi estabelecido pela solubilidade dos carbonatos em meio ácido enquanto que, o limite superior foi controlado pelo desempenho de flotação, já otimizado em estudos anteriores. O condicionamento do material ocorreu num intervalo de 15 minutos, pois foi observado que, em tempos inferiores, não havia depressão completa dos carbonatos. A velocidade do rotor durante o condicionamento foi de 1.500 r.p.m., e reduzida para 1.200 r.p.m. durante a flotação, pois mostraram-se mais favoráveis às condições hidrodinâmicas nesta velocidade.

Calculou-se o balanço de massa do processo com base nos pesos secos dos produtos. Cada produto foi submetido à análise do resíduo insolúvel (RI) que corresponde ao restante da solubilização, e realizado com HCl 50%, a quente, filtrado e tratado em mufla a 900°C, para obtenção de subsídios suficientes à avaliação dos resultados.

Tabela 01: Parâmetros utilizados.

RI (material)	10,5 %m/m
Massa alimentada	700,00 g
Volume da cuba	3,00 L
Depressor (amido gelatinizado da Cia. Merck)	800,00 g/t
Coletor (amina EDA-B da Cia. Hoechst)	300,00 g/t

Espumante (Metil-Isobutil-Carbinolo da Cia. Carlo Erba)	0,0 a 15,0 g/t
Faixa de pH	7,5 a 10,5
Reguladores (HCl; NaOH)	
Tempo de condicionamento	15 minutos
Velocidade do rotor durante o condicionamento	1.500 r.p.m.
Velocidade do rotor durante a flotação	1.200 r.p.m.

4. RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Os trabalhos de pesquisa principiaram-se com o estudo de uma amostra de calcário com granulometria de $-44 \mu\text{m}$, que apresenta uma concentração do RI na ordem de 10,5% de massa, sendo o mesmo composto, principalmente, dos minerais quartzo e diopsita. Os primeiros testes permitiram a avaliação do comportamento geral do material no processo de flotação na faixa de pH entre 7,5 e 10,5, empregando-se o depressor numa concentração de 800 g/t e o coletor de 300 g/t. A espuma foi retirada numa taxa moderada de 24 vezes por minuto.

Os resultados desses ensaios são apresentados na Figura 01, na qual observa-se que o aumento da basicidade gera um crescimento no valor do RI. A partir de pH 10,0, nota-se que a curva tende a ficar constante, onde o valor do RI é de 2,8%. O valor mínimo do RI no material restante encontrado em pH 8,0, é de 0,66%; já o valor máximo do RI na espuma, conseguido em pH 8,5, é de 43% e decresce até chegar a um valor de 30% em pH 10,5.

Quanto à recuperação dos carbonatos, ou seja, a percentagem da sua massa recuperada no material não flotado, esta é cerca de 70% em pH 8,0. A recuperação cresce para 88% em pH 8,5, para em seguida reduzir-se, devido à redução da seletividade na faixa básica de pH. Uma vez que, na faixa de pH entre 8,5 e 10,5 as decrescentes recuperações dos carbonatos estão relacionadas ao aumento das concentrações do RI no material não flotado, com isso havia subsídios suficientes para identificar o pH 8,5 como o mais adequado. Na faixa de pH entre 8,0 e 8,5 as recuperações e concentrações

do RI são decrescentes, o que dificulta a identificação do pH adequado. Entretanto, observa-se na Figura 01 que a redução do RI de 0,90 a 0,66% em pH 8,5 e 8,0 respectivamente, é acompanhado de uma perda de 20% na recuperação dos carbonatos.

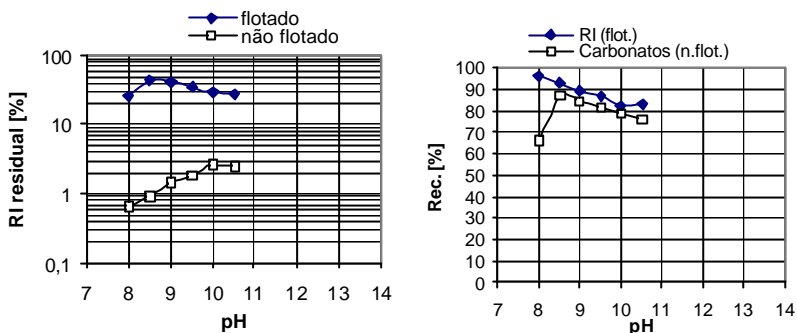


Figura 01 - Concentração e recuperação dos carbonatos e do RI nos produtos de flotação (depressor 800 g/t; coletor 300 g/t).

Os testes de flotação conduzidos com a concentração de espumante igual a 15 g/t tiveram como finalidade determinar o valor mínimo do RI no produto de flotação. Para isso, empregou-se uma taxa elevada na retirada da espuma, superior à anterior. Os resultados destes ensaios são apresentados na Figura 02, na qual observa-se que a recuperação dos carbonatos é, aproximadamente, de 20 a 30% inferior aos resultados anteriores na faixa de pH entre 8,0 e 9,5. No entanto, as recuperações do RI no material flotado são elevadas, comparando-se com os testes anteriores que foram realizados com a taxa menor de retirada de espuma e sem adição de espumante. Nota-se que em pH 7,5, a recuperação dos carbonatos foi aproximadamente de 99%, apresentando tendência de redução em valores superiores de pH, mas, ainda sendo de 95% em pH 9,0.

A relação entre o pH e o RI no material não flotado apresenta semelhança com a encontrada no teste anterior, removendo-se a curva neste caso a direita. Em pH 9,0, o valor do RI é da ordem de 1,0%, e reduz-se, ainda mais, para 0,45; 0,36 e 0,28% em pH 8,5; 8,0 e 7,5, respectivamente. Os

resultados apresentados na Figura 02 mostram que as concentrações do RI na amostra estudada são reduzidas a valores de 0,3% através da flotação dos silicatos, empregando-se os reagentes amido gelatinizado e amina EDA-B. Até então, não se conhece a influência do espumante no processo bem como o pH adequado, mas tem-se a certeza que o pH ideal se encontra entre os valores 8,0 e 8,5, sendo essas questões estudadas adiante.

Figura 02 - Concentração e recuperação dos carbonatos e do RI nos produtos de flotação (depressor 800 g/t; coletor 300 g/t; espumante 15 g/t).

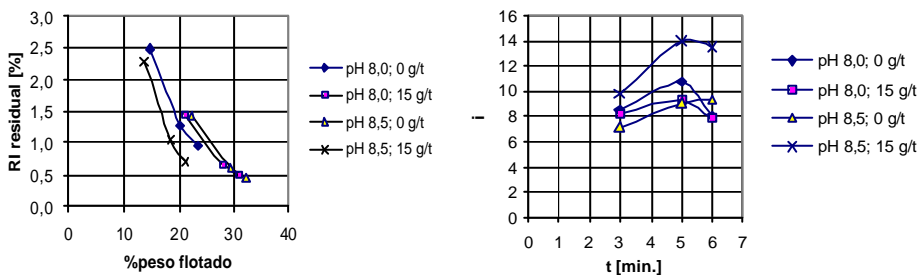
O problema da avaliação dos testes de flotação deve-se à variação das massas e concentrações do RI em cada teste. Evitam-se esses problemas de avaliação quando são determinadas as curvas de separação, ou seja, conduzidos testes com parâmetros idênticos mas variando-se os tempos de flotação. No presente trabalho optou-se pela retirada fracionada da espuma nos seguintes intervalos de tempo: 0 a 3, 3 a 5 e de 5 a 6 minutos, sendo estes três intervalos de tempo necessários para obter curvas que permitam a qualificação inequívoca dos resultados

Os resultados dos testes conduzidos com retirada fracionada da espuma são apresentados na Figura 03, onde avaliam-se as concentrações do RI no material restante em função da percentagem do peso flotado. Nesse gráfico, os resultados são melhores a medida que se encontram localizados no lado esquerdo do diagrama. A separação ideal seria representada por uma reta que interceptará os eixos no valor de 10,5%, correspondendo à percentagem do RI na amostra.

Os resultados obtidos indicam que o sistema apresenta maior seletividade em pH 8,5, empregando-se 15 g/t de espumante. Sob essas condições são recuperados os carbonatos no produto restante numa percentagem de 92,4; 90,7 e 87,5 % enquanto o valor do RI iguala-se às concentrações de 1,5; 1,0 e 0,7 %, respectivamente. A separação em pH 8,0, sem a adição do espumante, é inferior à da mencionada anteriormente. Mesmo que a diferença entre ambos os resultados não seja muito grande até a concentração do RI de 1,5%, essa diferença aumenta a partir da redução do RI abaixo deste valor. Embora a separação apresente-se menos completa na flotação em pH 8,5, sem emprego do espumante, sob essas condições de teste, foi obtido o produto com a menor concentração do RI de 0,45%, sendo recuperados os carbonatos numa percentagem de 78%.

Os fatores de enriquecimento em função do tempo de flotação, encontram-se no diagrama ao lado direito da Figura 03, os quais correspondem à razão entre as concentrações médias do RI na espuma e material restante no respectivo intervalo.

Observa-se na Figura 03 que os fatores de enriquecimento variam em função do tempo de flotação, apresentando variações distintas nos pH 8,0 e 8,5. Destacam-se as curvas correspondentes ao pH 8,0, as quais apresentam declínio significativo no intervalo de 5 a 6 minutos.



curva de separação

fatores de enriquecimento

Figura 03 - Curvas de separação relativas ao material não flotado e fatores de enriquecimento (depressor 800 g/t; coletor 300 g/t).

Na flotação em pH 8,5, esse comportamento é menos expressivo: mesmo

após tempos de flotação prolongados, há razoável enriquecimento de silicatos na espuma, necessário na extensa remoção dos mesmos. Em razão dessas características, julga-se que é o pH 8,5 o mais adequado para a flotação do material da amostra estudada.

De acordo com os resultados obtidos, nota-se ainda, que o espumante modifica o processo de separação e, aparentemente, exerce uma influência positiva, se o valor do pH for escolhido adequadamente. Nos casos diversos, a presença do espumante poderá contribuir para a redução da seletividade do sistema.

5. CONCLUSÕES

O estudo do beneficiamento do calcário originário da região de Cachoeiro de Itapemirim através da flotação indireta, mostrou que o percentual de silicatos presentes no minério, pode ser reduzido, para atender as exigências estabelecidas pelas indústrias de papel.

Como foi apresentado, o resíduo insolúvel, que no minério é da ordem de 10,5%, pode ser reduzido a valores inferiores ou iguais a 0,5 %, com recuperação na faixa de 80 a 85% dos carbonatos presentes no minério.

Com base nos testes realizados, o pH 8,5 mostrou-se o mais adequado porque, nesse pH, o processo de flotação apresentou a maior seletividade. Os resultados apresentaram os melhores valores para o concentrado de calcário e recuperação elevada, utilizando-se o depressor amido gelatinizado numa quantidade de 800 g/t e o coletor EDA-B de 300 g/t.

BIBLIOGRAFIA

- LUZ, A.B. *TRATAMENTO DE MINÉRIOS*, RIO DE JANEIRO: CETEM/CNPQ, p20-82; 364-427, 1995
- KENNETH, J.I. *THE SCIENTIFIC BASIS OF FLOTATION*, LONDON, U.K. : DEPARTMENT OF CIVIL AND MUNICIPAL ENGINEERING, UNIVERSITY COLLEGE, p.229-289, 1984.
- SALUM, M.J.G. *FLOTATION: FUNDAMENTALS, PRACTICE AND ENVIRONMENT*, BELO HORIZONTE: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, p.39-50, 1992.
- SUTHERLAND, K.L./ WARK, I. W. *PRINCIPLES OF FLOTATION*, MELBOURNE: AUSTRALASIAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY, p.318-322, 1955.