

## **8. PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE BENEFICIAMENTO DA AREIA**

Segundo CHAVES (1971), as areias ou o quartzito moído de alta pureza, utilizados como matéria-prima na indústria vidreira e cerâmica, são, geralmente, adquiridos por fábricas que possuem especificações próprias. Essas indústrias, normalmente, realizam a inspeção de qualidade no recebimento de matérias-primas empregando procedimentos e ensaios práticos, nos quais podem ser comparados os resultados obtidos com aqueles apresentados por substâncias e materiais bem conhecidos. Elas comparam as especificações dos lotes de materiais contidos na documentação comercial, referentes a produtos previamente beneficiados e, portanto, de custo maior. Ou seja, para o transporte em grandes distâncias, uma areia beneficiada pode tornar-se rentável.

Em geral, as diversas mineradoras de areia são de médio e pequeno porte e existem receios de que qualquer proposta de desenvolvimento tecnológico inclua investimentos de grande vulto, tanto a nível de aumento da complexidade dos equipamentos individuais quanto das rotas de processamento e do investimento financeiro. Mas esse desafio pode ser vantajoso se forem identificadas demandas compatíveis com os investimentos. Essa premissa foi a inspiradora do presente trabalho, que não contemplou estudos de viabilidade econômica e concentrou-se nas questões tecnológicas e das rotas e processos inerentes.

### **8.1 – Conciliação entre os dados experimentais com as especificações industriais**

Um minério geralmente possui a(s) fase(s) mineral(is) que interessa(m) extrair e liberar das impurezas associadas. A separação das impurezas ocorre por um processo de fragmentação de blocos e pedras até o tamanho de partículas ou grãos bem finos por meio de britagem, moagem ou pulverização do minério para encontrar a(s) fase(s) mineral(is) visada(s). Após a fragmentação do minério, seguem-se operações de classificação granulométrica pelo tamanho ou concentração da(s) fase(s) associando tamanho e outra propriedade física (densidade, magnetismo, atração eletrostática) ou físico-química referente em muitos casos a processos de flotação. Uma areia no estado bruto encontra-se naturalmente particulada em tamanhos diminutos, possui impurezas diversas, e não necessita, geralmente, de processos adicionais de fragmentação.

Geralmente, por conterem diferentes (impurezas) minerais em sua composição, é provável que a composição química de uma areia bruta seja variável para cada fração granulométrica. A análise química, realizada no presente trabalho, englobou todas as frações granulométricas existentes nas amostras de areia bruta coletadas (ou seja, frações de 6,3 mm até aquelas inferiores a 0,062mm).

A adoção de um processo de separação granulométrica visa separar as fases minerais desejáveis e indesejáveis. Assim, possibilita destacar algumas frações granulométricas, cuja composição química, seria igual ou próxima daquelas especificações referentes a certas aplicações industriais. Isso tornaria necessário executar análises de determinação de composição química em cada intervalo granulométrico das areias.

Devido a limitações encontradas nos trabalhos experimentais, para que a conciliação dos resultados com as especificações industriais fosse possível, decidiu-se adotar os dados de outros pesquisadores ou autores. Esse procedimento possibilitou complementar, os fundamentos que envolveram cada decisão na definição de escolha de algum segmento industrial e para a proposição da rota tecnológica de beneficiamento da areia.

Para as areias analisadas no presente trabalho, após o devido beneficiamento, foram identificadas as possíveis aplicações industriais, relacionadas abaixo:

### **8.1.1 - Vidraria e cerâmica:**

Justificativas:

- 1ª - a presença de alto teor de sílica identificado nas amostras,
- 2ª - o provável alto teor de feldspato (segundo VALENTE, 2000),
- 3ª - a composição granulométrica com um alto percentual de grãos no intervalo entre -0,6mm +0,1mm,
- 4ª - a presença de impurezas como traços de CaO e álcalis (abaixo de 0,01%).

Restrições: referem-se ao teor de  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$ , que dependeriam de análises químicas adicionais. Em caso de ocorrência de teores inaceitáveis, pode ser necessário efetuar uma lavagem especial (beneficiamento químico específico) adicional. Estudos de caracterização tecnológica descritos por VALENTE et al (2000, p.66), mostraram que a areia da região de Seropédica-Itaguaí possui quantidade significativa de feldspato, o que a torna atraente para indústrias de vidro e cerâmicas. De fato, esses estudos indicaram ser tecnicamente viável a produção seja de areia industrial ou de feldspato, através do beneficiamento com o uso de separadores magnéticos de alta intensidade e o processo de flotação.

### **8.1.2 - Indústrias Metalúrgicas e Siderúrgicas**

Justificativas: a fabricação do Fósforo elementar apresenta-se atraente devido ao alto teor de sílica exigido e a granulometria exigida no intervalo entre -1,87mm +1,19mm, em que as amostras coletadas e analisadas revelaram um teor adequado.

Restrições: referem-se ao teor de  $Al_2O_3$ , o  $Fe_2O_3$  e o  $TiO_2$ .

### **8.1.3 - Refratários Ácidos:**

Justificativas: consumo como "areia de soleira", devido a baixa exigência qualitativa, granulometria (< 2,27mm sem restrição quanto aos finos).

### **8.1.4 - Artefatos de argamassas com cimento Portland:**

Justificativas: O teor de feldspato exigido deve ser menor que 15% em nº de grãos, e, segundo VALENTE (2000), o teor máximo de feldspato encontrado nas amostras de areia da região de Seropédica-Itaguaí foi de 11,41% em peso total de amostra no intervalo granulométrico entre 4 mm e 1mm. A composição granulométrica identificada nas amostras atende aos teores percentuais exigidos para os respectivos intervalos granulométricos (areia grossa, média grossa, média fina e fina). O teor de materiais pulverulentos nas amostras está pouco acima de 1%, podendo ser facilmente adequado com o beneficiamento. O teor de matéria orgânica é adequado.

Restrição: a única seria o teor de mica no intervalo granulométrico -0,3mm +0,15mm, que não foi analisado no presente trabalho, porém, segundo os resultados obtidos por VALENTE (2000), as análises mineralógicas por difratometria de raio-x indicam a possível presença de mica nas amostras de areias da região.

### **8.1.5 - Agente ou meio filtrante**

Justificativa: deve-se à composição granulométrica identificada nas amostras, a qual pode atender perfeitamente as exigências.

Restrições:

- 1ª - Cada camada de diferentes granulações deve ser rigidamente bitolada, ou seja, incorporar um controle da separação granulométrica bastante eficiente.
- 2ª - O grau de esfericidade no caso de areia filtrante - não analisado no presente trabalho.

3ª - Os teores de  $Al_2O_3$  e  $Fe_2O_3$ , que dependem de análises químicas complementares.

4ª - O pH das águas tratadas - segundo CHAVES (1971), se o pH das águas tratadas é superior a 8, a solubilidade ácida do cascalho NÃO terá muita importância. Entretanto, se as águas são agressivas ( $pH < 8$ ), ela não poderá exceder 10% para diâmetros superiores a 9,5mm e 5% para tamanhos menores.

Segundo resultados obtidos por VALENTE (2000) para a região de Seropédica-Itaguaí, o pH das lagoas variou entre 5,2 e 7,25. Sendo assim, para que tenhamos um melhor aproveitamento do cascalho (sub-produto) seria necessário ou uma correção do pH da água de lavagem ou uma redução do teor de umidade do cascalho através de uma rápida secagem durante o beneficiamento do material.

## **8.2 – Seleção do produto segundo o segmento industrial mais promissor**

Diante dos resultados experimentais de caracterização tecnológica das areias estudadas e das especificações de matéria-prima exigidas pelos segmentos industriais citados, foi possível admitir que o melhor uso industrial seria o de "Refratários Ácidos" como "areia de soleira (*fire sand*)". O beneficiamento da areia necessário para essa aplicação seria simples, devido à elevada alta qualidade revelada pelas amostras e as exigências requeridas para a aplicação citada são pouco restritivas.

## **8.3 – Sistema de beneficiamento adotado**

Foram admitidas as seguintes etapas de beneficiamento necessárias:

1ª - Extração da areia (draga de sucção) e outros bombeamentos.

2ª - Classificação por peneira fixa.

3ª - Lavagem e classificação por peneiramentos vibratórios (grelhas ou peneirador) ou em peneiras rotativas.

As justificativas para estas etapas são:

A etapa de extração da areia de uma cava submersa é realizada por uma draga de sucção (Ortigão, 1996). Esse equipamento, geralmente, consiste numa plataforma (tablado) instalada sobre 4 filas de flutuadores cilíndricos de 6 a 10 metros de comprimento, coberta por telhado de 2,5 metros de altura, abaixo o qual é instalado o conjunto motor-bomba. O motor é de acionamento à diesel, normalmente com potência entre 180 a 245hp. A bomba de sucção é de 6 polegadas de diâmetro, mesma medida dos tubos que trazem o minério. A ponta do tubo, usada para retirar a areia no fundo da cava apresenta forma chanfrada, cortada através de solda de acetileno geralmente no próprio areal. Esta ponta é reforçada através de chapas adicionais e possui uma pequena barra em sua extremidade que, além de reforçá-la, impede a entrada de fragmentos maiores, tais como pedaços de madeira.

A primeira classificação da areia pode ser feita por uma peneira fixa de tela 4,8mm, protegida por uma tela de maior diâmetro (25,4mm), para que a eficiência da tela mais fina não seja afetada pelo fluxo intenso da polpa (água + areia) extraída pela draga, além de retirar as impurezas grosseiras como as bolas de argila (denominadas de "Tabatinga"), matações, galhos e às vezes, grama resultante do decapeamento para aumento da lagoa.

Na etapa terceira etapa, poderiam ser utilizadas peneiras vibratórias ou rotativas de malhas 2,27mm. Segundo LUZ et al (2004), as peneiras rotativas (trommels) possuem como principais vantagens sua simplicidade de construção e de operação, seu baixo custo de aquisição e durabilidade. Ainda são muito utilizadas para lavagem e classificação de areias e cascalhos, mas vêm sendo substituídas parcialmente por peneiradores vibratórios.

### **8.3.1 – Diagrama de blocos proposto**

A Figura 8.1 apresenta um conjunto de opções globais de processamento e possibilita inspirar diversas sugestões de rotas tecnológicas encontradas na literatura técnica consultada.

O diagrama de blocos simplificado revela a existência de três linhas de fluxo e produtos principais:

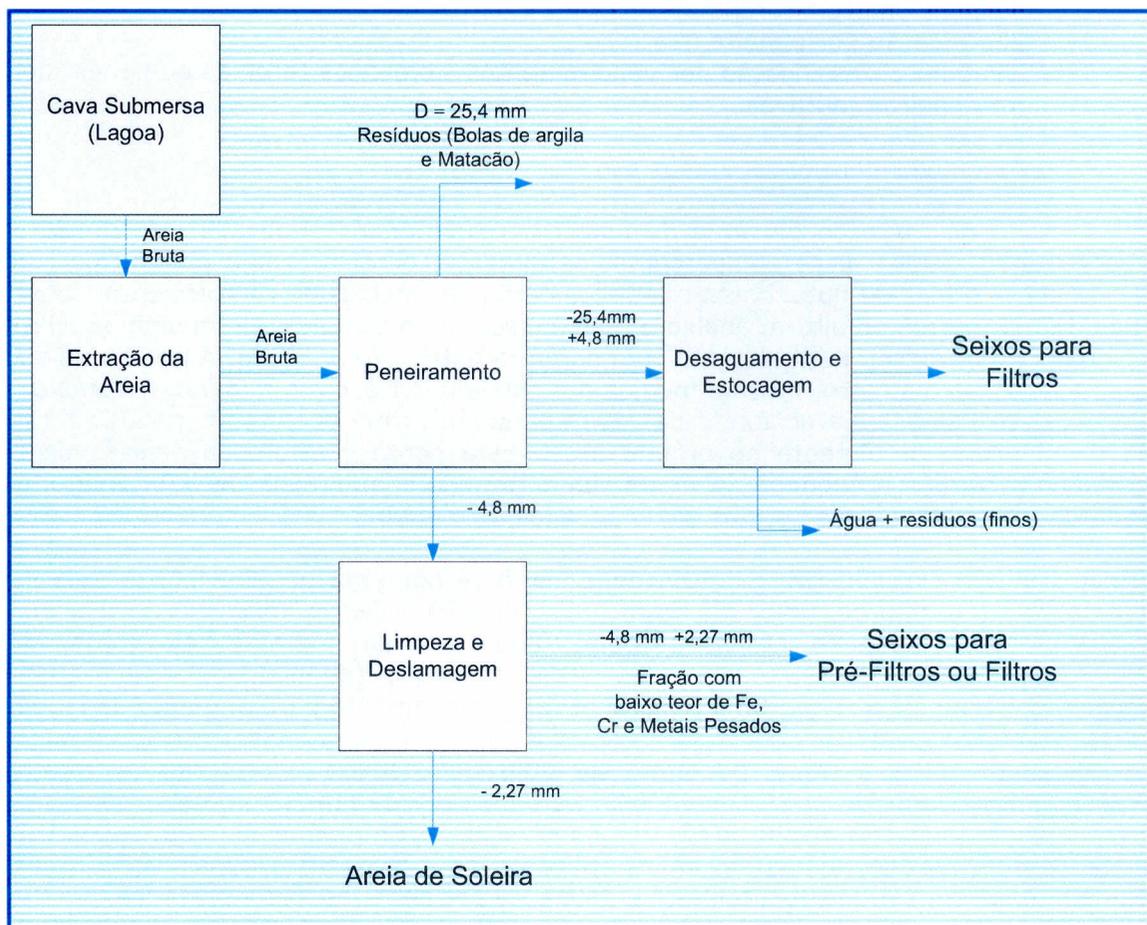
- 1ª - para areia de soleira,
- 2ª - para seixos para filtros, e
- 3ª - seixos para pré-filtros.

São produzidas duas correntes de rejeitos:

- A - uma mais grosseira, de bolas de argila ("Tabatinga"),
- B - outra de finos que são carreados pela água retirada.

Geralmente, a alternativa adotada para a disposição dos rejeitos da lavra (VALENTE e al., 2000), é a utilização de antigas lagoas já existentes na área (ou na região), porque reduz o tamanho das lagoas (profundidade) remanescentes da lavra. Essa alternativa apresenta-se como a única economicamente viável para um empreendimento deste tipo. Também permite solucionar simultaneamente as duas questões que se apresentam para o início da atividade de lavra e beneficiamento do minério, que são:

- 1ª - qual destino oferecer às lagoas já existentes (VALENTE et al, 2000, p. 35)
- 2ª - qual seria o destino para o rejeito da separação granulométrica (finos e pelotas de argila) (VALENTE et al, 2000). No presente projeto, os finos não serão rejeitos, mas as pelotas de argila sim, o que não invalida a questão exposta.



**Figura 8.1** – Diagrama de blocos simplificado, proposto para o beneficiamento da areia.

## **9. Conclusões:**

O presente Projeto Final do Curso de Engenharia Química englobou todas as etapas tecnológicas fundamentais para tornar possível a proposição de um SISTEMA DE BENEFICIAMENTO DE AREIA PARA FINS INDUSTRIAIS.

Os trabalhos foram baseados em busca bibliográfica, coleta de amostras em mineradoras da região de Seropédica-Itaguaí, RJ, e trabalhos laboratoriais envolvendo ensaios de desempenho e análises químicas.

O sistema proposto engloba as etapas de extração em cava submersa (numa lagoa), peneiramento com separação de resíduos de argila e matacão, desaguamento e estocagem de seixos para filtros, limpeza e deslamagem para obtenção de areia de soleira e, ainda, seixos para pré-filtros ou filtros.

As amostras coletadas podem ainda ser submetidas a novos fracionamentos e separações granulométricas, sendo sucedidas por análises adicionais em laboratório para estudos complementares, visando delinear etapas de beneficiamento para aplicações mais avançadas.

**Frederico Carvalho de Almeida Rego.**

## Referências Bibliográficas

- AGP - **Glossário de termos geológicos** - Associação dos Geólogos de Pernambuco - 2005 - Disponível em <[www.agp.org.br/glossarioe-html](http://www.agp.org.br/glossarioe-html)> , acesso em 08 out 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 7216: Amostragem de agregados**. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 9441: Redução da amostra para ensaios**. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 9776: Agregados - Determinação da Massa Específica de Agregados Miúdos por meio do frasco Chapman: Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 7220: Agregados - Determinação de impurezas orgânicas húmicas em agregado miúdo: Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 7217: Agregados - Determinação da Composição Granulométrica**. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 6467: Agregados - Determinação do Inchamento de agregado miúdo**. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 7251: Agregados em estado solto - determinação da massa unitária**. Rio de Janeiro, 1982.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 9644: Preparação de amostras para análise química de materiais refratários**. Rio de Janeiro, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 14656: Cimento Portland e matérias-primas - Análise química por espectrometria de raios-X - Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 12672: Areia-padrão para ensaios em fundição**. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 7214: Areia Normal para ensaios de cimento - especificação**. Rio de Janeiro, 1982.
- FEEMA. **MF-436: Métodos de determinação de resíduos Total, Fixos e Volátil (Método Gravimétrico)**. Rio de Janeiro: 1983.
- ORTIGÃO, J.E.R. **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA): Projeto Extração de areia em cavas Itaguaí/Seropédica**. Rio de Janeiro: Ambiental - engenharia e consultoria Ltda, 1996.
- BAUER, L.A.F.; **Materiais de Construção, Vol. 1**. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1994. 5ª edição. 435 p. p.78 -101
- BERBERT, M.C.; **A mineração de areia no Distrito Areeiro de Itaguaí-Seropédica/RJ: Geologia dos depósitos e caracterização das atividades de lavra e dos impactos ambientais**. Rio de Janeiro: IG/UFRJ, 2003. 132 p. Dissertação (Mestrado).
- CHAVES, A.P.; **Usos Industriais de Areias e Cascalhos**. Revista Minérios e Metais. São Paulo: Centro Moraes Rego, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), v.1, nº 2, p. 42-48, 1971.

CHAVES, A.P.; CHIEREGATI, A. C.; **Estado da Arte em Tecnologia Mineral no Brasil.** CTMineral: Secretaria Técnica do fundo Setorial Mineral / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE): Ciência, Tecnologia e Inovação, 2002. Disponível em: <<http://www.cggee.org.br/nis/mineral.php>>. Acesso em: 24 ago. 2005.

CHAVES, A.P.; e colaboradores; **Teoria e prática do tratamento de minérios.** São Paulo: Signus Editora, 1996. V.1 e 2. 424 p. p.

CHAVES, A.P.; PERES, A.E.C.; **Teoria e prática do tratamento de minérios: britagem, peneiramento e moagem.** São Paulo: Signus Editora, 1999. V.3. 238p.

DÉCOURT, P. – **Elementos de Mineralogia e de Geologia**, 2ª Edição – Comp. Melhoramentos de São Paulo (Weiszflog Irmãos Incorporada), São Paulo, 1937.

HERMANN, H.; **Política de aproveitamento de areia no Estado de São Paulo: dos conflitos existentes às compatibilizações possíveis.** Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1992. 186 p. p.20 – 22 (Série Estudos e Documentos; 18).

HOUAISS, A.; VILLAR, M.S.; FRANCO, F.M.M. – **Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa** – Instituto Antônio Houaiss, Editora Objetiva, – Dezembro de 2001.

JATCLAS - **Tabelas para filtros de areia e seixos.** Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <[http://www.jatclas.com.br/tabela\\_areia](http://www.jatclas.com.br/tabela_areia)>. Acesso em: 07 out.

JUNIOR, J.T.A. **Ato de Concentração nº.: 08012.001639/2002-55 (Versão Pública)/ Parecer nº 45/2004 COPCO/COGPI/SEAE/MF.** Rio de Janeiro, MINISTÉRIO DA FAZENDA (MF). SECRETARIA DE ACOMPANHAMENTO ECONÔMICO (SEAE), 2004. Disponível: <[http://www.fazenda.gov.br/seae/documentos/pareceres/Ind.%20Processo/pcr\\_Sibelco\\_JunduSantiagoAS.pdf](http://www.fazenda.gov.br/seae/documentos/pareceres/Ind.%20Processo/pcr_Sibelco_JunduSantiagoAS.pdf)>. Acesso em: 26 ago.

LUZ, A. B.; SAMPAIO, J.A.; ALMEIDA, S.L.M.; **Tratamento de Minérios.** Rio de Janeiro: CETEM-MCT, 2004. 4ª Edição – Revisada e ampliada. 858 p.

MAIA, S. B.; **O vidro e sua fabricação.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2003. Coleção Interdisciplinar. 211 p. p. 43 – 56.

MINEROPAR – MINÉRAIS DO PARANÁ S.A.; **Caracterização tecnológica de rochas calcárias para agregados de concreto.** Disponível em: <<http://www.celepar.br/mineropar/htm/rocha/carctconcreto.html>>, Copyright 2003. Acesso em: 19 set. 2005.

MÜLLER, A.A.; SANTOS, H.N.; SCHMITT, J.C.C.; MACIEL, L.A.C.; BERTOL, M.A.; CÉSAR, S. B. – **Perfil Analítico do Carvão, Boletim nº 6, 2ª Edição revisada e atualizada** – Departamento Nacional da Produção Mineral, Ministério das Minas e Energia, P.A., 1987.

NAVA. **Principais Depósitos Minerais do Brasil.** Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral. Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais, 1997. 634p. p. 315 – 329 (Rochas e Minerais – Parte C, Volume IV).

NEVES, M.R.; **A relação entre mercado produtor e consumidor de bens minerais. Estudo de caso: A indústria vidreira no Estado de São Paulo.** Campinas, Instituto de Geociências / UNICAMP, 1990. 162 p. Dissertação (Mestrado).

NOWATZKI, C.H. e ZELTZER, F. - **Minerais e Rochas** - Redacta-Prodil, Porto Alegre, 1979.

PERRY, J. H. – **Chemical Engineers' Handbook**, Fourth Edition – McGraw-Hill Book Company e Kogakusha Company, Ltd., Tokyo, 1963.

PINHEIRO, A.K.; **Tecnologia do concreto de cimento Portland: parte III – Controles**. Rio de Janeiro: Escola de Engenharia/UFRJ, 1986. p.46,47,54-56, 78-81.

RUIZ, M.S.; NEVES, M.R. (Coordenadores); **Mercado produtor mineral do Estado de São Paulo: levantamento e análise**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1990. 185 p. p.1- 22, 33 – 84.

VALENTE, J.C.P.; MELLO, E.F.; BERBERT, M.C.; PEREIRA, S.Y.; BARROS, A.A.M.; COSTA, A.M.C.; COSTA, V.C.; **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA): Mineração Aguapeí S.A.** Rio de Janeiro, TerraByte, 2000. 228 p.

WEISS, NL.; **SME Mineral Processing Handbook**. New York: Publicação Society of mining Engineers of the American Institute of mining, metallurgical and petroleum, Inc., 1985. V.2, seção 29 - p. 18