

2ª Edição revisada e ampliada

EDITORES: ADÃO BENVINDO DA LUZ & FERNANDO A. FREITAS LINS

ROCHAS & MINERAIS INDUSTRIAIS

usos e especificações



SUMÁRIO

PARTE I: INTRODUÇÃO GERAL

01. PANORAMA DAS ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS NO BRASIL 3
Fernando A. Freitas Lins

02. DESEMPENHO FUNCIONAL DOS MINERAIS INDUSTRIAIS: 25
DESAFIOS TECNOLÓGICOS, FERRAMENTA DE MARKETING E ESTRATÉGIA DE VALORIZAÇÃO
Renato R. Ciminelli

PARTE II: ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS: USOS E ESPECIFICAÇÕES

03. AGALMATOLITO 69
Adão Benvindo da Luz, Paulo Tomedi e Rodrigo Martins

04. AMIANTO 79
*Normando Claudino Moreira de Queiroga, William Bretas Linares, Joselito Dasio da Silva
e Adão Benvindo da Luz*

05. AREIA INDUSTRIAL 103
Adão Benvindo da Luz e Fernando A. Freitas Lins

06. AGROMINERAIS - ENXOFRE 125
*Gildo de Araújo Sá C. de Albuquerque (in memoriam), Ronaldo Simões L. Azambuja (in memoriam.)
e Fernando A. Freitas Lins*

07. AGROMINERAIS - FOSFATO 141
Francisco E. Lápido Loureiro, Marisa Bezerra de Mello Monte e Marisa Nascimento

08. AGROMINERAIS - POTÁSSIO 175
Marisa Nascimento, Marisa Bezerra de Mello Monte e Francisco E. Lápido Loureiro

09. AGROMINERAIS - ROCHAS SILICÁTICAS COMO FONTES MINERAIS 205
ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO PARA A AGRICULTURA
*Éder de Souza Martins, Claudinei Gouveia de Oliveira, Álvaro Vilela de Resende e Marcello
Silvino Ferreira de Matos*

10. ARGILA - ATAPULGITA E SEPIOLITA 223
Adão Benvindo da Luz e Salvador Luiz M. de Almeida

11. ARGILA - BENTONITA 239
Adão Benvindo da Luz e Cristiano Honório de Oliveira

12. ARGILA - CAULIM	255
<i>Adão Benvindo da Luz, Antônio Rodrigues de Campos, Eduardo Augusto de Carvalho, Luis Carlos Bertolino e Rosa Bernstein Scorzelli</i>	
13. BARITA	295
<i>Adão Benvindo da Luz e Carlos Adolpho Magalhães Baltar</i>	
14. BAUXITA	311
<i>João Alves Sampaio, Mônica Calixto de Andrade e Achilles Junqueira Bourdot Dutra</i>	
15. BERILO	339
<i>Marcelo Soares Bezerra e Júlio de Rezende Nesi</i>	
16. CALCÁRIO E DOLOMITO	363
<i>João Alves Sampaio e Salvador Luiz Matos de Almeida</i>	
17. CIANITA REFRACTÁRIA	389
<i>Caroline Meira Lopes de Castro Joffily e Claudinei Gouveia de Oliveira</i>	
18. CROMITA	403
<i>João Alves Sampaio, Mônica Calixto de Andrade e Paulo Renato Perdigão Paiva</i>	
19. DIAMANTE	427
<i>Mario Jorge Costa e Adão Benvindo da Luz</i>	
20. DIATOMITA	451
<i>Silvia Cristina Alves França, Adão Benvindo da Luz e Paulo Francisco Inforçati</i>	
21. FELDSPATO	467
<i>Adão Benvindo da Luz, Fernando A. Freitas Lins e José Mario Coelho</i>	
22. FLUORITA	487
<i>João Alves Sampaio, Carlos Adolpho Magalhães Baltar e Mônica Calixto de Andrade</i>	
23. GIPSITA	505
<i>Carlos Adolpho Magalhães Baltar, Flavia de Freitas Bastos e Adão Benvindo da Luz</i>	
24. GRAFITA	527
<i>João Alves Sampaio, Paulo Fernando Almeida Braga e Achilles Junqueira Bourdot Dutra</i>	
25. HALITA	551
<i>Paulo Roberto Cabral de Melo, Renato Senna de Carvalho e Dorival de Carvalho Pinto</i>	

26. LÍTIÓ	585
<i>Paulo Fernando Almeida Braga e João Alves Sampaio</i>	
27. MAGNESITA	605
<i>Luís Rodrigues Armôa Garcia, Paulo Roberto Gomes Brandão e Rosa Malena Fernandes Lima</i>	
28. MANGANÊS	633
<i>João Alves Sampaio, Mônica Calixto de Andrade, Achilles Junqueira Bourdot Dutra e Márcio Torres Moreira Penna</i>	
29. MICA	649
<i>Carlos Adolpho Magalhães Baltar, João Alves Sampaio e Patrícia Maria Tenório Cavalcante</i>	
30. NEFELINA SIENITO	663
<i>João Alves Sampaio, Sílvia Cristina Alves França e Paulo Fernando Almeida Braga</i>	
31. QUARTZO	681
<i>Pedro Luiz Guzzo</i>	
32. RMIS: ROCHAS E MINERAIS PARA CERÂMICA DE REVESTIMENTO	723
<i>Mônica Calixto de Andrade, João Alves Sampaio, Adão Benvindo da Luz e Alberto Buoso</i>	
33. RMIS: ARGILA PARA CERÂMICA VERMELHA	747
<i>Marsis Cabral Junior, José Francisco Marciano Motta, Amilton dos Santos Almeida e Luiz Carlos Tanno</i>	
34. RMIS: ARGILA PLÁSTICA PARA CERÂMICA BRANCA	771
<i>José Francisco Mariano Motta, Adão Benvindo da Luz, Carlos Adolpho Magalhães Baltar, Marcelo Soares Bezerra, Marsis Cabral Júnior e José Mario Coelho</i>	
35. TALCO	793
<i>Ivan Falcão Pontes e Salvador Luiz Matos de Almeida</i>	
36. TERRAS-RARAS	817
<i>Simon Rosental</i>	
37. TITÂNIO: MINERAIS DE TITÂNIO	841
<i>Carlos Adolpho Magalhães Baltar, João Alves Sampaio, Mônica Calixto de Andrade e Dorival de Carvalho Pinto</i>	
38. VERMICULITA	865
<i>José Fernandes de Oliveira Ugarte, João Alves Sampaio e Sílvia Cristina Alves França</i>	
39. ZEOLITAS NATURAIS	889
<i>Nélio das Graças de Andrade da Mata Resende, Marisa Bezerra de Mello Monte e Paulo Renato Perdigão Paiva</i>	
40. ZIRCONITA	917
<i>Luiz Carlos Bertolino, Nely Palermo, João Alves Sampaio e Sílvia Cristina Alves França</i>	

PARTE III: OS MINERAIS E O MEIO AMBIENTE

41. MINERAIS APLICADOS À TECNOLOGIA AMBIENTAL: MINERAIS VERDES 933
Silvia Cristina Alves França, José Fernandes de Oliveira Ugarte e Adriana de A. Soeiro da Silva
42. EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL E AMBIENTAL A POEIRAS DE ROCHAS E MINERAIS INDUSTRIAIS 961
Zuleica Carmen Castilhos, Reiner Neumann e Olívia Bezerra

GLOSSÁRIO

CAPÍTULO 13

Barita

Adão Benvindo da Luz¹
Carlos Adolpho Magalhães Baltar²

1. INTRODUÇÃO

O mineral barita é um sulfato de bário (BaSO_4) que pode ser encontrado em rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares. A barita pura tem densidade em torno de $4,5 \text{ g/cm}^3$ e contém 58,8% Ba, sendo a mais importante fonte comercial desse elemento. O bário também pode ser obtido a partir da witherita (Ba_2CO_3), mas é um mineral raro com pouca importância econômica.

O nome barita tem origem na palavra grega *baros* que significa *pesado*. O mineral foi descoberto, na Itália, no Século XVII (Velho *et al.*, 1998). Um dos primeiros usos ocorreu, no século XIX, na indústria de tinta branca, como carga. A seguir, passou a ser usada na produção de um pigmento branco denominado de *lithopone*, constituído por uma mistura de sulfato de bário, sulfato de zinco e óxido de zinco. Depois surgiu a indústria química dos sais de bário e, por último, já no século XX, foi descoberto o uso da barita como controlador de densidade de fluido de perfuração (Haines, 1979).

Atualmente, a barita é explotada em 66 países, sendo a China (3,5 Mt), a Índia (0,9 Mt) e os EUA (0,4 Mt) os maiores produtores (Searls, 2004) e, também, os detentores das maiores reservas, juntos somam 67,2% das reservas mundiais (Véras, 2006). Cerca de 90% da barita produzida no mundo destina-se ao uso de perfuração de poços de petróleo e parte significativa dos 10% restantes destina-se à manufatura de carbonato de bário para a fabricação de vidros de TV (Griffiths, 1995, Harben, 2002). No Brasil o perfil típico de consumo da barita tem a seguinte distribuição: indústria química 50%; indústria petrolífera 35%; outros (indústria metalúrgica, de tinta, papéis, borracha, vidros, abrasivos etc.) 15% (Véras, 2006).

¹Engº de Minas/UFPE, D.Sc. em Engenharia Mineral/USP, Pesquisador Titular do CETEM/MCT.

²Engº de Minas/UFPE, D.Sc. em Engenharia Metalúrgica e de Materiais/COPPE-UFRJ, Professor do Departamento de Engenharia de Minas/UFPE.

Devido à elevada densidade e baixo preço unitário, o custo com o frete torna-se um componente importante para a viabilidade econômica de um depósito de barita, sendo a distância do produtor para o consumidor um fator crítico (Phillips, 2001).

No Brasil, as principais ocorrências estão localizadas nos Estados da Bahia, Minas Gerais, Goiás, Paraná e São Paulo (Tabela 1). Apenas as ocorrências da Bahia têm importância econômica. Essas reservas estão distribuídas em doze municípios, sendo as mais importantes as de Aramari, Camamu, Campo Formoso, Ibitiara e Miguel Calmon. As reservas dos outros estados são pequenas e apresentam problemas que inviabilizam seu aproveitamento econômico. Em Minas Gerais, a jazida de Araxá (Complexo Carbonatítico do Barreiro) que representa 99,0% das reservas brasileiras, tem baixo teor de barita e apresenta níveis de radioatividade que interferem na perfuração gama dos poços de perfuração, muito usada na fase de exploração de petróleo. As reservas de Goiás e do Paraná são pequenas e apresentam dificuldades de beneficiamento (Braz, 2002). O mais importante é o depósito de Altamira, localizada a 1 km da vila de Itapura, município de Miguel Calmon-BA. A área mineralizada é constituída por quartzitos, biotita-clorita xistos, gnaisses, pegmatitos e anfíbolitos. A reserva medida é da ordem de 364 mil toneladas, com teor médio de 85,7% de BaSO₄.

Tabela 1 – Distribuição das reservas medidas brasileiras de barita.

Estado	Reserva Medida		
	Minério (t)	BaSO ₄ (t)	Teor (%)
Bahia	2.389.124	1.898.211	66,35
Minas Gerais	32.233.931	5.623.173	17,11
Goiás	360.000	54.000	70,00
Paraná	175.080	174.901	80,17
São Paulo	68.000	28.560	-
TOTAL	35.229.725	7.781.358	19,75

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro 2006.

No ano de 2005, a produção nacional de barita bruta foi de 58,6 mil toneladas, representando apenas 0,77% da produção mundial. O estado da Bahia foi responsável pela totalidade da produção nacional e por 95% da oferta de

produtos beneficiados (Véras, 2006). Os produtos incluem a barita bruta, barita grau-lama (API - 325 malhas), grau tinta, grau metalúrgico, barita micronizada, barita concentrada e diversos sais de bário.

As principais empresas produtoras de barita no Brasil são: a Química Geral do Nordeste S/A (QGN), controlada pelo Grupo Carbonor/Church & Dwight Co., com unidade industrial instalada em Feira de Santana; e a Baroid Pigmina Comercial e Industrial Ltda., controlada pela Halliburton Ltda., instalada na Ilha Grande, município de Camamu.

2. MINERALOGIA E GEOLOGIA

Mineralogia

O grupo de minerais a que pertence a barita apresenta estrutura ortorrômbica e fórmula geral $A(SO_4)$, onde o A pode ser bário (barita), estrôncio (celestita) ou chumbo (anglesita). A barita ($BaSO_4$ – sulfato de bário) é o mineral minério mais comum e abundante de bário, contendo 58,8% Ba. No entanto, a presença de outros elementos podem reduzir esse teor significativamente. Em algumas ocorrências, o estrôncio pode substituir o bário na estrutura cristalina da barita, devido à similaridade dos raios iônicos existente entre os dois metais no estado bivalente.

A barita apresenta-se mais freqüentemente como mineral incolor, branco leitoso ou cinza, podendo ter outras cores dependendo das impurezas presentes na rede cristalina (Figura 1). A barita tem fratura conchoidal, clivagem prismática, brilho vítreo, cristal transparente a translúcido e índice de refração 1,63. É o mineral mais denso entre os não metálicos (densidade em torno de $4,5 \text{ g/cm}^3$), sendo relativamente friável, com dureza variando entre 2,5 e 3,5 na escala de Mohs (Velho *et al.*, 1998; <http://www.mii.org/Minerals/photobarium.html>).

Uma importante característica da barita é a de permanecer praticamente insolúvel em água e em ácido, o que lhe confere a propriedade de inércia química. Na maioria dos depósitos comerciais ocorre como concreções, massas e nódulos irregulares e como camadas laminadas e massivas de cristalinidade fina.

A barita é facilmente identificável devido ao seu peso. No entanto, pode ser confundida com minerais isomórficos. A celestita (SrSO_4) tem a mesma estrutura, formando cristais bastante parecidos com os da barita. A identificação só é possível por meio do teste da chama a partir do material pulverizado. A celestita gera uma chama vermelha, enquanto a barita produz uma chama verde. Outros minerais que podem ser confundidos com a barita são: witherita (carbonato de bário); estrontianita (mineral de estrôncio); cerussita e anglesita (minerais de chumbo) e hidrozincita (mineral de zinco). Esses minerais são raros e também apresentam elevado peso específico, cor e aparência semelhantes. A barita, geralmente, ocorre associada a uma grande quantidade de minerais: calcita, dolomita, aragonita, apatita, quartzo, hematita, siderita, vanadinita, cerussita, fluorita, gipsita, anglesita, celestita, calcopirita, pirita, galena e esfalerita, entre outros (<http://mineral.galleries.com/minerals/sulfates/barite/barite.htm>; Velho *et al.*, 1998).



Figura 1 – Amostra de barita proveniente do estado da Bahia.

Existem outros dois minerais de bário com menor interesse econômico: a witherita (BaCO_3 - carbonato de bário) e a sambornita (BaSi_2O_5 - silicato de bário). Ambos possuem elevada solubilidade em ácido, o que desperta o interesse pelo uso na produção de compostos químicos à base de bário (Brobst, 1994; Velho *et al.*, 1998).

O minério de Miguel Calmon é constituído, basicamente, por barita, quartzo, feldspato rico em bário, e, eventualmente, alguns óxidos/hidróxidos de ferro, caolinita e mica. Óxidos/hidróxidos de Fe e caolinita são raros (Baltar *et al.*, 2003).

Geologia

A barita ocorre em várias regiões do mundo, podendo ser encontrada em rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares. Os depósitos de valor comercial são classificados, geologicamente, em três tipos: camada, veios e depósitos residuais.

Os depósitos em camadas ocorrem em rochas sedimentares e são considerados os de maior importância em termos comerciais, sendo normalmente constituídos de lentes ou horizontes de barita, agrupados. O teor de $BaSO_4$ é maior no centro das lentes, diminuindo em direção às extremidades. Nos depósitos do tipo veio, geralmente, a barita ocorre em rochas calcárias, associada a sulfetos de chumbo e zinco. Esse tipo de ocorrência costuma apresentar volumes menores de minério se comparados com os do tipo camada. Os veios têm origem hidrotermal, sendo formados a partir da precipitação de sulfato de bário. Por último, os depósitos residuais encontrados em materiais não consolidados e que são formados pelo intemperismo de materiais preexistentes. Os depósitos residuais, normalmente, apresentam minério de baixo teor (6 a 10% $BaSO_4$) e têm sido aproveitados como barita de grau químico (Coffman e Kligore, 1986; Brobst, 1994).

No depósito de barita de Altamira, no município de Miguel Calmon, Bahia, a área mineralizada é constituída por quartzitos, biotita-clorita xistos, gnaisses, pegmatitos e anfibolitos. Os veios de barita encontram-se encaixados em quartzitos da Serra do Mocambo, controlados preferencialmente por falhas nos sentidos NE-SW e NW-SE; as mineralizações teriam origem exalativa relacionada às fases finais de ciclos vulcânicos (Neumann e Menezes, 2001). No Brasil, a barita ocorre como mineral ganga em vários minérios, tais como: fosfato em Catalão e Araxá (Guimarães e Peres, 2002) e pirocloro em Araxá-MG (Oliveira *et al.*, 2001).

3. LAVRA E PROCESSAMENTO

Lavra

Os depósitos de barita têm sido explorados em todo o mundo, principalmente, por lavra a céu aberto. No entanto, em algumas localidades como, por exemplo, no depósito de *Chamberlain Creek*, Arkansas (Estados Unidos) a lavra tem sido feita também por métodos subterrâneos em profundidade de até 160 metros (<http://www.state.ar.us/agc/barite.htm>).

No Brasil, a mina de barita situada na Ilha Grande, município de Camamu-BA, utiliza o método de lavra a céu aberto. A rocha encaixante é constituída principalmente por arenitos argilosos. A lavra tem início com a limpeza da área, eliminando árvores, arbustos, etc.; depois se faz o decapeamento do estéril (argila), utilizando-se tratores. A espessura da camada estéril varia de 2 a 15 m. Após o decapeamento, a rocha é perfurada, com sonda pneumática, para a detonação. A seguir, o minério é transportado em caminhões “fora de estrada” para a usina de beneficiamento (Vidal, 1980). Na Mina Altamira, em Miguel Calmon-BA, a lavra é feita a céu aberto por métodos convencionais, usando-se bancos com 8 a 9 metros de altura. A barita ocorre em veios encaixados em quartzitos. A espessura média do capeamento é de 80 metros.

Processamento

A barita sendo mais friável do que a maioria dos minerais de ganga tende a concentrar-se nas frações mais finas do produto da britagem. Para o descarte dos minerais argilosos (lamas) costuma-se utilizar lavadores do tipo “*log washer*”. O uso de tromel é comum para descarte dos minerais de ganga com granulometria grossa. A concentração da barita pode ser feita por métodos gravíticos ou por flotação, dependendo da composição do minério. A separação magnética pode ser usada para eliminação de minerais oxidados de ferro (<http://em.wikipedia.org/wiki/barite>).

Em situações onde a ganga é formada por minerais de baixa densidade com predominância de quartzo, o concentrado de barita (peso específico 4,5) pode ser obtido em operações de jigagem, mesagem ou meio denso. A recuperação típica varia entre 60% e 85% (Lenzo e Sarquis, 1995; Brobst, 1994). A perda deve-se, principalmente, à barita contida nas frações finas.

A flotação é usada para recuperação da fração fina descartada nas operações gravíticas ou como processo de beneficiamento de minérios contendo fluorita ou sulfetos. A seletividade barita/quartzo é conseguida com facilidade usando-se ácidos carboxílicos ou os seus sais (Baltar e Almeida, 2002; Lenzo e Sarquis, 1995), sulfato dodecil de sódio (Holysz e Chibowski, 1992) ou sulfonatos (Houot et. al., 1984). Esses coletores adsorvem-se seletivamente na superfície da barita, formando sais de bário que lhe proporciona a hidrofobicidade necessária à flotação. O uso de métodos não-convencionais, como aglomeração esférica (Sadowski, 1993) e agregação hidrofóbica (Baltar e Almeida, 2002) tem sido sugerido para a recuperação da fração ultrafina.

Há restrições ao uso de concentrados de flotação nos fluidos de perfuração de poços devido à espumação provocada pela presença de surfatante na superfície da barita. A remoção do coletor pode ser feita por lixiviação química, lavagem com água ou ustulação em forno de queima indireta (Cornell, 1978), dependendo do tipo de reagente adsorvido na superfície.

O concentrado, para atingir especificações comerciais, muitas vezes necessita passar por um processo de moagem que pode ser a seco ou a úmido. A moagem pode ser feita em moinho de bolas, nos casos onde a contaminação é tolerável, ou em moinhos do tipo Raymond.

No Brasil, o beneficiamento empregado para produção de concentrados de barita é bastante simples (Figura 2) e consiste de: britagem, lavagem em classificador espiral e moagem em moinho tipo Raymond (Vidal, 1980). Na Mina Altamira (Química Geral do Nordeste – QGN) a produção de barita tem sido obtida por lavra seletiva e catação manual de blocos de alto teor, escolhidos em função da aplicação industrial (fluido de perfuração, indústria química, cerâmica etc.). Da mina saem quatro tipos de produtos: (1) barita escura (82-84% BaSO_4); (2) barita forno (84- 86% BaSO_4); (3) barita forno (86-88% BaSO_4) e (4) barita clara (88-90% BaSO_4) para uso em pigmentos. O processo de flotação está sendo introduzido visando um melhor aproveitamento do minério. O quartzo apresenta-se como principal mineral de ganga (Figura 3).

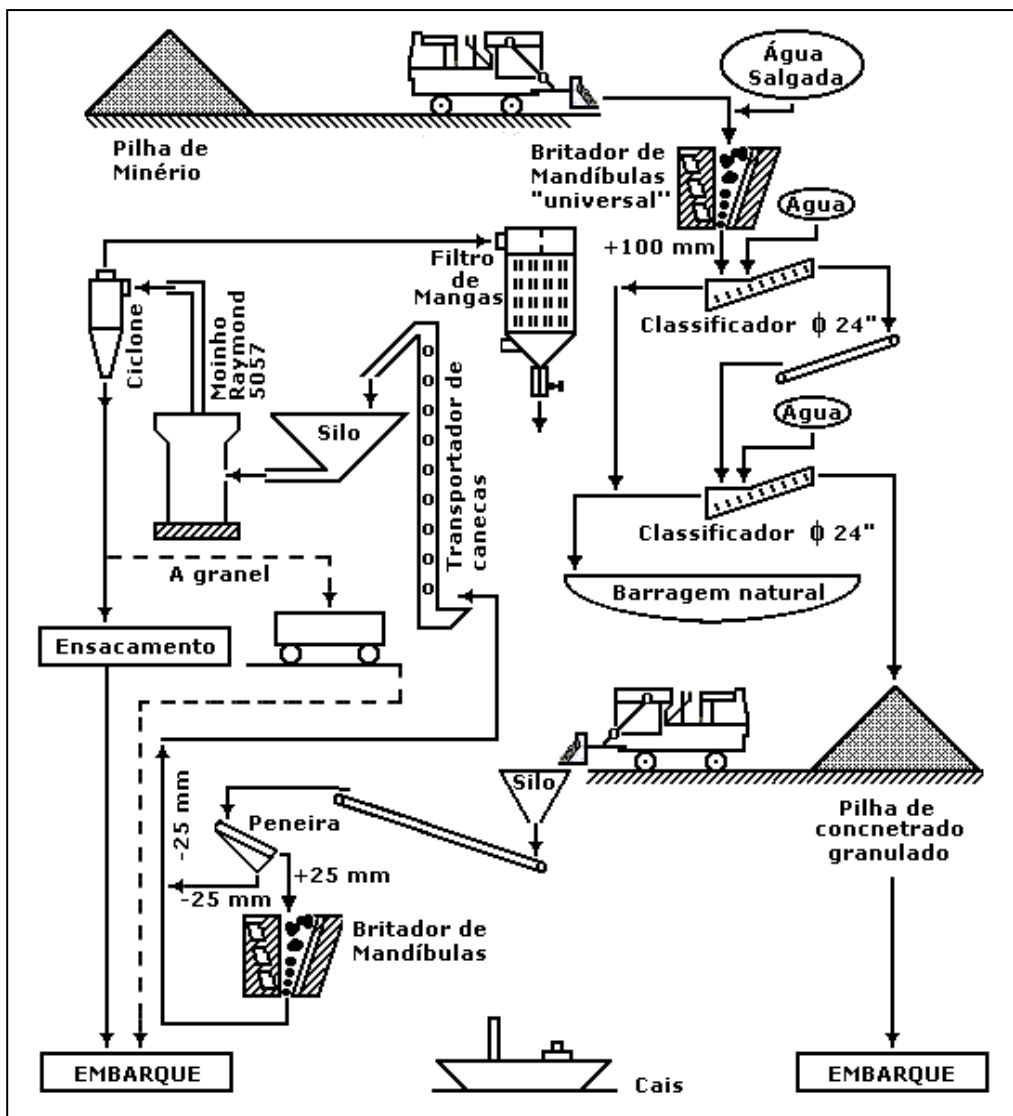


Figura 2 - Fluxograma típico de uma usina de processamento de barita.

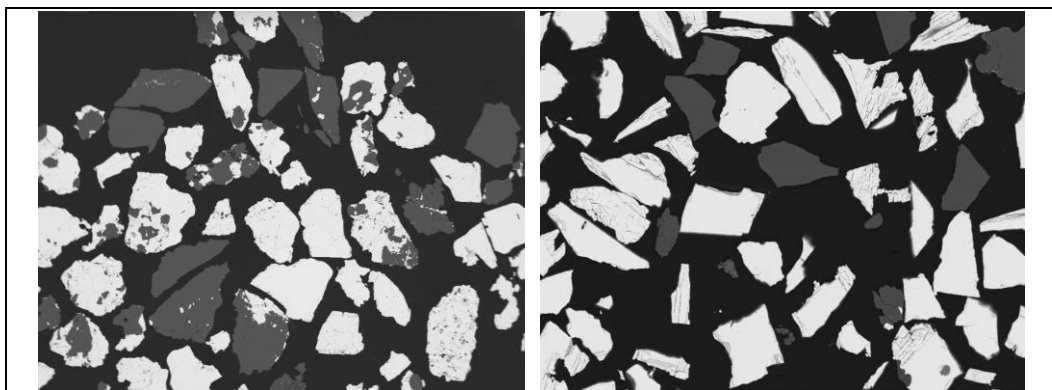


Figura 3 – Imagens de diferentes classes de tamanho da barita: frações 589 a 833 μm (esquerda) e 53 a 74 μm (direita), mostrando a relação entre o quartzo (mais escuro) e a barita (mais clara). MEV/BSD (Neumann *et al.*, 2002).

4. USOS E FUNÇÕES

A elevada densidade da barita determina o seu uso em fluidos de perfuração de petróleo e gás e carga para diversos produtos. A barita é relativamente inerte, tem alvura elevada, e apresenta baixa absorção de óleo. Essas propriedades ampliam bastante o seu uso como carga, pigmento e extensor. A considerável capacidade que possui em absorver Raios-X e Gama possibilita também o seu uso na área médica, em exames de Raios-X do sistema digestivo, na fabricação de cimentos especiais usados em *containers* para armazenagem de material radioativo e na fabricação de protetores contra radiações de monitores de computador e tubos de televisão. A relação de usos da barita inclui ainda a indústria têxtil, a fabricação de papel, plásticos, borracha, tintas, pigmentos brancos, vidro, cerâmica, asfalto e em sistemas de freio e embreagem de carros e caminhões (http://www.mii.org/Minerals/photo_barium.html), entre outros.

Indústria Petrolífera - Um dos principais usos da barita é na indústria petrolífera. Devido às propriedades características de densidade elevada, pouca abrasividade, inércia química e não susceptibilidade magnética, a barita é amplamente utilizada como agente controlador da densidade das lamelas de perfuração de poços de petróleo e gás. A barita tem a função de agente controlador de densidade a fim de conferir a pressão hidrostática requerida para a coluna de lama. O controle da densidade do fluido torna-se importante devido à pressão hidrostática requerida na coluna para evitar os *blowouts*, ou seja, a

penetração no poço de fluídos (gás, óleo ou água) pressurizados, durante a passagem por rochas permeáveis que poderão ser encontradas durante a perfuração, bem como evitar o desmoronamento do poço (Castelli, 1994).

Materiais Esportivos, Borracha, Carpete, Papel - Devido à sua elevada densidade, a barita é usada, como carga, na fabricação de materiais esportivos (bolas de golfe, bolas de tênis, bolas de boliche); borracha; carpete; papel (cartas de baralho), papel pesado para impressão etc. (Griffiths, 1995).

Indústria Automobilística - A indústria automobilística constitui-se em um dos principais campos de aplicação da barita, como carga, extensor e pigmentos, onde é usada como tinta, isolamento acústico, plástico, borracha e como revestimento de produtos de fricção. Segundo estimativas, cada carro carrega entre 50 e 80 kg de barita, na forma verniz e produtos para amortecimento de vibração e som.

Tinta - A barita e o sulfato de bário precipitado são usados para melhorar as propriedades ópticas dos sistemas de tinta, assegurando uma completa distribuição das partículas de pigmento. Neste caso, a distribuição granulométrica das partículas é crítica e determina o tipo de carga selecionado. Um balanço entre o tamanho de grão, a forma e o índice de refração da carga e do pigmento influenciam a eficiência óptica do sistema. Dessa forma, a barita e o sulfato de bário precipitado atuam como cargas de elevada brancura (*whiteness*) com função primária de conferir uma cobertura opaca (Griffiths, 1995). Segundo esse mesmo autor, nos vernizes, nas tintas à base de água e nos substratos (*primers*) antiferrugem, a densidade de empacotamento da barita, e do sulfato de bário precipitado, produz um alto grau de impermeabilidade e durabilidade. Esses produtos são úteis em substratos, evitando a absorção na superfície das coberturas, resistindo a marcas de arranhões. Como a barita deve apresentar baixo teor de sais solúveis, esses produtos (vernizes e tintas) não são propensos à formação de bolhas na presença de umidade. A barita apresenta, ainda, uma alta capacidade de preenchimento de imperfeições resultando numa superfície lisa e não porosa, conferindo boas propriedades à pintura de cobertura (*topcoat*), principalmente brilho (Moore, 2002).

A barita branqueada tem sido usada como extensor na indústria de tinta de chumbo branco (alvaiade de chumbo), devido o seu peso. O baixo índice de refração da barita torna o seu poder de cobertura mais pobre, quando comparado com outras substâncias, mas sua baixa capacidade de absorção de óleo lhe confere uma boa característica. A barita não branqueada pode ser usada para tintas coloridas (Brobst, 1994).

Vidro - A barita quando usada na fabricação de vidro promove a homogeneização do banho e confere maior brilho e claridade ao produto final.

Concretos Especiais - Um dos usos especiais da barita baseia-se na sua alta densidade e na capacidade de absorver radiação. A barita é usada como agregado em concretos especiais usados para armazenagem de materiais radioativos (BGS, 2003).

Cerâmica - A barita é reduzida a sulfeto de bário solúvel que, posteriormente, é transformado em carbonato de bário por precipitação com barrilha. A indústria cerâmica usa carbonato de bário na produção de em vidrados. O $BaCO_3$ tem a função de agente fundente, podendo também participar da formação de uma estrutura mate.

Indústria Química - A barita é utilizada na indústria química para produção de mais de dois mil compostos à base de bário, tais como: carbonatos, cloretos, nitratos, óxidos, peróxidos, hidróxidos, etc. (Velho *et al.*, 1998) que são usados como reagentes e catalizadores em diversas aplicações industriais (refino de açúcar, tratamento de água, pirotecnia, inseticidas etc.).

5. ESPECIFICAÇÕES

As especificações requeridas pela indústria de petróleo, segundo normas API (American Petroleum Institute) *Standard 13A*, são: densidade mínima de $4,2 \text{ g/cm}^3$ (o que equivale a um teor em torno de 92% $BaSO_4$); metais alcalinos terrosos(Ca) solúveis em água, no máximo 250 mg/kg; 3% no máximo de resíduos acima de 0,075 mm e 30% no máximo de partículas menores que 0,006 mm. Contaminantes como siderita, pirrotita, gipsita e anidrita, que podem causar problemas em alguns sistemas de perfuração, devem ser evitados (<http://www.glossary.oilfield.slb.com>). Em perfurações na plataforma continental, a agência de meio ambiente dos Estados Unidos limita o conteúdo de mercúrio a 1,0 mg/kg de barita e o cádmio a 3,0 mg/kg de barita (Searls, 2000).

Para uso como carga, extensor e agente controlador de peso, exige-se uma granulometria abaixo de 0,044 mm. Para certos usos, a cor é importante.

Para a indústria de vidro, a barita deve apresentar as seguintes especificações: 96 a 98% de $BaSO_4$; Fe_2O_3 abaixo de 0,2%; apenas traços de TiO_2 , SiO_2 abaixo de 1,5%; Al_2O_3 abaixo de 0,15%. Distribuição granulométrica: abaixo de 1,19 mm e 5 a, no máximo, 40% passante em 0,149 mm (Brobst, 1994).

A barita para ser utilizada na indústria química deverá apresentar as seguintes especificações: $\text{BaSO}_4 > 94\%$; $\text{FeO} < 0,05$; sais solúveis $< 0,2\%$; umidade $< 0,5\%$ e outros componentes $< 2\%$.

Nas Tabelas 2 e 3 encontram-se as especificações da barita para pigmentos e extensores e revestimento de freios (Griffiths, 1995).

Tabela 2 - Especificações de barita para pigmento (ASTM standard D602 - 42).

Parâmetro	Especificação
BaSO_4	94% max.
Fe_2O_3	0,05% max.
Solúveis em água	0,2% max.
Umidade	0,5% max.
Material estranho	2% max.

Tabela 3 - Especificações de duas baritas para revestimento de freios.

Densidade	4,34	4,34
Absorção óleo: g óleo/100g de barita	10,5	12,0
Tamanho ($\text{m}\mu$)	Passante (%)	Passante(%)
75	99	-
50	85	99,5
40	67	99
30	44	92
20	23	72
10	8	39
5	3	19
2	1	8

A indústria produtora de barita vem desenvolvendo um produto de barita natural para competir com o sulfato de bário precipitado. O desenvolvimento consiste em obter uma barita natural branca, com elevada alvura (*brightness*) e micronizada. A maioria dos produtos já desenvolvidos ou em desenvolvimento tem como referência à barita chinesa. Na Tabela 4 encontram-se as especificações

de um produto com a denominação comercial de *Viaton Airwhite*. Este, segundo a literatura, apresenta propriedades de melhor dispersão e resistência à corrosão do que o sulfato de bário precipitado.

Tabela 4 – Análise típica de extensores de barita tipo Viaton Airwhite.

Análise	Airwhite AW 15	Airwhite AW 10	Airwhite AW 5
BaSO ₄		98,5 %	
Fe ₂ O ₃		< 0,05 %	
CaO		0,1 %	
SiO ₂		0,3 %	
Al ₂ O ₃		0,3%	
BaSO ₄			
Abs. óleo (g/100 g)	14	15	15
Número Hegman	6,5	7	7,5
Tamanho em µm	% peso passante	% peso passante	% peso passante
30	100	100	100
20	99	100	100
15	97	100	100
10	91	99	100
5	654	88	95
3	45	64	76

6. MINERAIS E MATERIAIS ALTERNATIVOS

Entre os possíveis substitutos, como modificadores de densidade de fluidos na perfuração de poços, estão: hematita (Fe₂O₃), celestita (SrSO₄), ilmenita e galena (PbS). No entanto, essas espécies minerais apresentam maior abrasividade. A celestita tem menor densidade e a galena tem preço elevado. A preferência tem sido pelo uso de barita. Uma indústria na Alemanha desenvolveu uma hematita sintética que apresentou bom desempenho em fluidos de perfuração.

Há uma tendência favorável ao uso dos compostos de bário devido ao baixo custo e ao uso crescente em aplicações que envolvem novas tecnologias avançadas (Brobst, 1994).

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. João Alves Sampaio pela preparação de fluxograma de processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALTAR, C. A. M. e ALMEIDA, A. B. L. de. (1992) Influência de uma agregação hidrofóbica prévia na flotação de finos de barita. In: XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Anais. Recife-PE, p. 595-602.
- BALTAR, C. A. M.; LUZ, A. B. e NEUMANN, R. (2003). Caracterização e Beneficiamento da Barita de Miguel Calmon-BA. In: Insumos Minerais para a Perfuração de Poços de Petróleo, Editores C. A. M. Baltar e A. B. da Luz, UFPE/CETEM. p. 47-61.
- BGS - BRITISH GEOLOGICAL SURVEY (2003). Barytes. Mineral Planing Factsheet, 4p.
- BRAZ, E. (2002). Análise da adequação do mercado produtor de barita e de bentonita para perfuração de poços de petróleo. In: XIX ENTMME, Anais, vol. 2. Baltar, C. A. M., Oliveira, J. C. S e Barbosa, J. P. (Editores), Recife, p. 10-17.
- BROBST, D. A. (1994). Barium Minerals. In: Industrial Minerals and Rocks, Editor: Donald D. Carr, SMME 6th Edition, Litleton, Colorado-USA, p. 125-134.
- CASTELLI, A. V. (1994) Well drilling materials. In: Industrial Minerals and Rocks, SMME, 6th edition, Editor Donald C. Carr, Litleton, Colorado-USA, p. 1113-1118.
- COFFMAN, J. S. e DLIGORE, C. C. (1986). Barite availability – Market economy countries - A mineral availability appraisal. Bureau of Mines Information Circular, 25p, IC/9115, US Department of the Interior.
- CORNELL, N. (1978) Roasting to recover flotation-barite waste product. E/MJ. September, p. 208-209.
- DNPM. Anuário Mineral Brasileiro, 2006.

- GRIFFITHS, J. (1995). Barytes – A heavyweight amongst fillers. In: Raw Materials for Filler, Pigments and Extender, Second Edition, An Industrial Mineral Consumer Survey, Edited by R. L. Bolger and M. J. O’Driscoll, p. 55-58.
- GUIMARÃES, R. C. e PERES, A. E. C. (2002). Experiência brasileira de produção de concentrado fosfático a partir de lamas. In: XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Anais. Recife-PE, p. 247-253.
- HAINES, S. (1979). Barite. Mineral Commodity Profile-MCP. p. 13, United State Department of the Interior, February, p. 13.
- HARBEN, P. W. (2002). The Industrial Minerals HandyBook, 4th Edition. Barite and barium compounds, p. 28-34.
- HOLYSZ, L. e CHIBOWSKI, E. (1992). Surface free energy components and flotability of barite precovered with sodium dodecyl sulfate. Langmuir, 8, p. 303-308.
- LENZO, R. e SARQUIS, P. E. (1995) Flotation of fine-size barite from gravity separation tailing. Minerals and Metallurgical Processing. SME nonmeeting paper 93-658. May, p. 118-120.
- MOORE, P. (2002). Automotive Coating – Primed Minerals, Industrial Minerals, December, p. 32-35.
- NEUMANN, R. e MENEZES, R. O. G. de (2001). Relatório Final do Projeto “Caracterização Tecnológica de Insumos Minerais para a Perfuração de Poços de Petróleo”. CETEM/MCT, 14p.
- NEUMANN, R.; MENEZES, R. O. G. de e ALCOVER NETO, A. (2001). Caracterização Tecnológica da Barita de Miguel Calmon, BA. In XIX Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Anais. Recife-PE, p. 686-693.
- OLIVEIRA, J. F.; SARAIVA, S. M.; OLIVEIRA, A. P. A; TELADO, A e NARDI. (2001) R. Investigation on the Effect of Collector, Activator and Depressant on the Selective Flotation of Pyrochlore and Barite. In: XVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Anais. Rio de Janeiro-RJ, p. 220-224.

SADOWSKI, Z. (1993). The spherical oil agglomeration of barite suspensions in the presence of surfactant and cosurfactant. *Colloids and Surfaces*, A. 80, p. 147-152.

SEARLS, J. P.(2000). Barite. *Mineral Industry Surveys*, USGS, p. 91-98.

SEARLS, J. P. (2004). Barite. *Mineral Industry Surveys*, USGS, p. 28-29.

VELHO, J.; GOMES, C.; ROMARIZ, C. (1998). *Minerais Industriais*. Universidade de Aveiros, p. 101-110.

VÉRAS, A. M. (2006). Barita. *Sumário Mineral Brasileiro*, p. 53-57, DNPM.

VIDAL, F. W. H.(1980). Projeto Usinas de Beneficiamento - diagnóstico das Minerações de Barita-Ba e Amianto-AL, Relatório Interno à DITRAM, RI - 42, CETEM.