

ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE BAUXITA COM ALTO TEOR DE FERRO E SÍLICA TOTAL

Bruna de Lemos Novo

Aluno de Graduação da Licenciatura em Química,
4º período, UFRJ

Período PIBIC/CETEM: Julho de 2014 a julho de 2015,

bnovo@cetem.gov.br

João Alves Sampaio

Orientador, Eng. de Minas, D.Sc.

jsampaio@cetem.gov.br

Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva

Co-orientadora, Licenciada em Química, D.Sc.

fnogueira@iq.ufrj.br

Abstract

The nodular bauxite of Pará's Northeast has high mineral content such as iron and reactive silica, hindering its economic exploitation. In this work, we studied the chemical and mineralogical composition of this bauxite focusing on beneficiation processes by mechanochemical activation with alkaline reagent in order to become part of that mineral well economically usable by the Bayer process. Thus, the sample was prepared (BNAT), according to the conventional process bauxite processing, characterized by XRD and XRF. Thus, it is gibbsitic bauxite and is associated with kaolinite and hematite, in accordance with the XRD and has 45.1% of Al₂O₃, 14.9 and 17.8% of SiO₂ and Fe₂O₃, respectively, according to the FRX. Mechanochemical activation tests with BNAT sample were performed with alkaline reagent at concentrations of 4, 5.5 and 7% w/w, relative to the pulp, and activation time of 10, 25 and 40 min. Was observed after 40 minutes of activation, a percentage increase in total SiO₂ content in the fraction -37 µm, 6.4 to 3.8% compared to the addition of reagent 4 and 7%, respectively. The reduction in the total silica content relative to the concentration of 5.5% alkaline reagent and 25 minutes of activation was 5.5%.

Keywords: nodular bauxite, iron, total silica, characterization, ore dressing.

Resumo

A bauxita nodular do Nordeste do Pará possui elevados conteúdos de minerais como ferro e sílica reativa, o que dificulta o seu aproveitamento econômico. Neste trabalho, foi estudada a composição química e mineralógica dessa bauxita com foco nos processos de beneficiamento por ativação mecanoquímica com reagente alcalino, de modo a tornar parte desse bem mineral economicamente aproveitável pelo processo Bayer. Desse modo, a amostra foi preparada (BNAT), segundo processo convencional de beneficiamento de bauxita, caracterizada por DRX e FRX. Assim, esta bauxita é gibbsítica e encontra-se associada à caulinita e a hematita, de acordo com a DRX, e possui 45,1% de Al₂O₃ e 14,9 e 17,8% de SiO₂ e Fe₂O₃, respectivamente, de acordo com a FRX. Ensaios de ativação mecanoquímica com a amostra BNAT foram realizados com reagente alcalino nas concentrações de 4, 5,5 e 7% m/m, em relação a polpa, e tempo de ativação de 10, 25 e 40 min. Observou-se após 40 min de ativação, um aumento percentual no teor de SiO₂ total na fração -37 µm, de 6,4 e 3,8% em relação à adição de reagente de 4 e 7%, respectivamente. Já a redução no teor de sílica

total, em relação à concentração de 5,5% de reagente alcalino e 25 min de ativação, foi de 5,5%.

Palavras chave: bauxita nodular, ferro, sílica total, caracterização, beneficiamento.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a terceira posição na classificação mundial de reservas de bauxita e, das reservas brasileiras, o Estado do Pará detém mais de 90% (BRAY, 2015). Estima-se que o depósito do Platô de Miltônia, localizado na cidade de Paragominas (NE/Pará), contém entre 150 e 170 Mt (KOTSCHOUBEY *et al.*, 2005). Neste perfil geológico, a bauxita, está dividida em cinco diferentes tipos (nodular, nodular cristalizada, cristalizada, cristalizada amorfa e amorfa) no qual, somente, a bauxita cristalizada é utilizada à obtenção de alumina pelo processo Bayer.

A Bauxita Nodular, dita marginal, que corresponde a, aproximadamente, 25% do perfil, não é utilizada, no processo Bayer, devido ao conteúdo de impurezas, tal como sílica total (caulinita) e ferro, cujo teor é de aproximadamente 14,5 e 16,3%, respectivamente (SANTOS, *et al.* 2013).

2. OBJETIVOS

Neste trabalho propõe-se um estudo de caracterização e beneficiamento da bauxita nodular do Nordeste do Pará capaz de reduzir o conteúdo de impurezas, isto é, ferro e sílica total, tornando parte desse bem mineral economicamente aproveitável pelo processo Bayer.

3. METODOLOGIA

A amostra *run of mine* (BN) de bauxita nodular foi homogeneizada e, então, britada num britador de mandíbulas de alta frequência e classificada utilizando-se peneira de abertura de 1.680 μm . A fração retida, nesta granulometria, foi rebritada num britador de rolo operando em circuito fechado com uma peneira de abertura de 1.680 μm . Já a fração passante em 1.680 μm foi, novamente, peneirada com o uso de peneira de abertura de 210 μm .

A fração abaixo de 210 μm foi deslamada a úmido com o uso de peneira de abertura de 43 μm , e, então, descartada. Já a fração acima de 43 μm foi homogeneizada com as frações acima de 210 μm e com a fração abaixo de 1.680 μm (obtida após a britagem em britador de rolo) sendo a amostra homogeneizada o produto final da preparação (BNAT). As amostras BN e BNAT foram caracterizadas por difratometria e fluorescência de raios X.

Ensaio de ativação mecanoquímica da amostra BNAT em presença de reagente alcalino foram realizados em um reator de aço inoxidável, com capacidade para 5,0 L, utilizando-se cerca de 1,0 kg de amostra e 1,0 L de água destilada a temperatura ambiente ($\cong 35\text{ }^\circ\text{C}$), segundo um planejamento de experimentos 2^2 com três réplicas no ponto central, utilizando o *software Statistica 6.0*. A polpa foi acondicionada em agitador DENVER, operando a, aproximadamente, 900 rpm, de acordo com os tempos de 10, 25 e 40 minutos de agitação, com reagente alcalino nas concentrações 4, 5,5 e 7% m/m.

Após a ativação mecanoquímica, foram realizadas classificações granulométricas a úmido com duas peneiras de alívio, de aberturas de 105 e 210 μm , e uma peneira fixa de 37 μm . Após a secagem dos materiais retidos nas peneiras, e, filtração dos materiais passantes em 37 μm , as massas obtidas foram pesadas em balança analítica. Assim, alíquotas foram preparadas e encaminhadas à caracterização por fluorescência de raios X.

O método do pó foi utilizado na caracterização por DRX (Bruker-AXS D5005) com radiação $\text{Co K}\alpha$ (35 kV/40 mA); velocidade do goniômetro de $0,02^\circ$ (2θ) por passo com tempo de contagem de 1,0 s por passo e coletados de 5 a 80° (2θ).

Nos ensaios de FRX utilizou-se amostras preparadas por fusão a 1.100°C , utilizando como fundente tetraborato de sódio na razão 1:6 (amostra:fundente). A pérola fundida foi analisada em espectrômetro de fluorescência de raios X por energia dispersiva (BRUKER-AXS), equipado com tubo de Rh.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bauxita nodular (BN) é composta por grânulos pisólitos ferruginosos de textura fina, dureza mediana e coloração avermelhada arroxeada e vermelho tijolo (KOTSCHOUBEY *et al.*, 2005; SANTOS *et al.*, 2013; SILVA, 2011).

As amostras BN e BNAT foram caracterizadas por meio da técnica de difração de raios X (DRX), Figura 1, e as fases mineralógicas que compõem esta rocha foram determinadas. Portanto, esta bauxita é essencialmente gibbsítica e encontra-se associada aos minerais caulinita e hematita. A avaliação dos resultados por DRX, tanto para a amostra BN quanto para a BNAT, indica que as etapas de preparação não interferem no grau de cristalinidade das amostras.

A composição química elementar determinada por meio da FRX, Tabela 1, indica que a amostra BNAT apresenta teores de Al_2O_3 , SiO_2 e Fe_2O_3 de, aproximadamente, 45, 15 e 18%, respectivamente. Em relação à composição química, observa-se um aumento nos teores de SiO_2 , Fe_2O_3 e TiO_2 para a amostra BNAT quando comparada a amostra BN. Este aumento está associado à concentração da amostra quando esta é submetida à preparação, no qual uma parte é removida por meio da deslamagem.

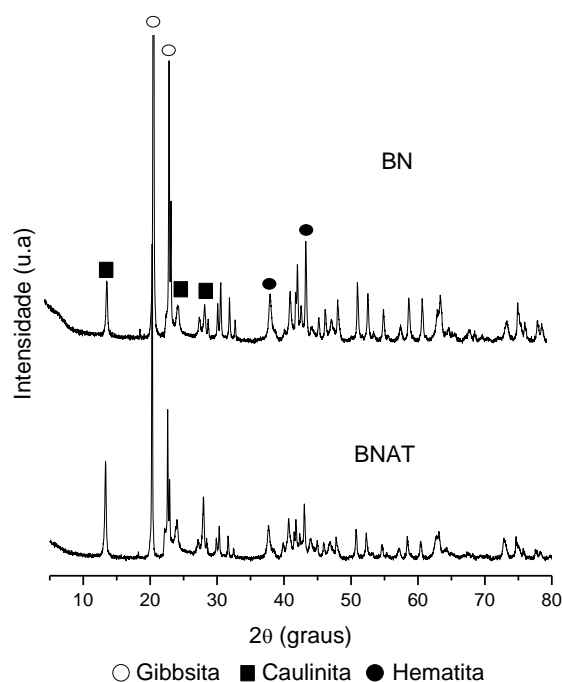


Figura 1. Difratograma de raios X, Co $K\alpha$, da amostra BN e BNAT

Tabela 1. Composição química elementar da amostra de bauxita BN e BNAT por FRX

(%)	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	Perda ao Fogo
BN	45,1	14,5	16,3	1,3	22,5
BNAT	45,1	14,9	17,8	1,6	20,2

De acordo com Santos *et al.*, 2013, as frações granulométricas que compõem a bauxita BNAT denotam que os teores de Al_2O_3 , SiO_2 e Fe_2O_3 , variam de 49,7 a 39,2; 6,2 a 25,8; e 15,9 a 20,2%, respectivamente, indicando que as frações mais grossas ($>208 \mu\text{m}$) possuem maior teor de alumina enquanto as mais finas ($<104 \mu\text{m}$) maiores teores de sílica. O teor de Fe_2O_3 varia pouco entre as frações, indicando que a hematita, possivelmente, encontra-se associada à gibbssita e a caulinita. Neste contexto, ensaios de beneficiamento para redução do teor de sílica total foram desenvolvidos para a bauxita em questão.

Os ensaios de ativação mecanoquímica foram realizados com a amostra BNAT variando-se a concentração de reagente alcalino em relação à polpa e o tempo de ativação. O balanço metalúrgico em relação aos principais óxidos, de acordo com os resultados de FRX e de peneiramento a úmido está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Balanço metalúrgico de acordo com os resultados de FRX e as porcentagens mássicas dos óxidos retidos por meio de peneiramento a úmido.

FRAÇÃO (μm)	BAUXITA NODULAR (%)											
	BNAT		BNAT 410		BNAT 440		BNAT 710		BNAT 740		BNAT 5525	
	Al_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	SiO_2
+37	78,04	51,07	81,56	57,24	75,30	44,64	80,67	57,67	75,79	47,26	76,01	45,55
-37	21,96	48,93	18,44	42,76	24,70	55,36	19,33	42,33	24,21	52,74	23,99	54,45

410- 4% m/m reagente alcalino e 10 minutos de agitação

440- 4% m/m reagente alcalino e 40 minutos de agitação

+37 μm - Fração acima de 37 μm

710- 7% m/m reagente alcalino e 10 minutos de agitação

-37 μm - Fração abaixo de 37 μm

740- 7% m/m reagente alcalino e 40 minutos de agitação

5525- 5,5% m/m reagente alcalino e 25 minutos de agitação

Observa-se que o aumento do tempo de condicionamento, de 10 para 40 minutos, interfere na distribuição granulométrica das amostras no que tange as frações acima e abaixo de 37 μm . De acordo com os resultados, apresentados na Tabela 2, observou-se, após 40 min de ativação um aumento percentual no teor de SiO_2 total na fração -37 μm , de 6,4 e 3,8% em relação à adição de reagente, de 4 e 7% m/m, respectivamente. Já a redução no teor de sílica total, em relação à concentração de 5,5% m/m de reagente e 25 min de ativação, foi de 5,5%.

Os resultados indicam que as partículas desse óxido antes retidas, conseguem passar para as frações mais finas, reduzindo, desta maneira o teor de sílica total na fração +37 μm , fração essa utilizada no processo Bayer. A redução de Al_2O_3 total pode estar associada, também, a redução do teor de caulinita na fração acima de 37 μm .

A ativação mecanoquímica realizada por 10 minutos tanto com 4 quanto com 7% m/m de reagente alcalino, apresentou resultados diferentes do esperado, isto é, aumento do teor de sílica nas frações mais grossas. O resultado contrário ao ativado por 25 e 40 min, pode ser justificado por uma reação incompleta do reagente alcalino com a amostra, formando, dessa maneira, um agregado mineral que não teve tempo suficiente para reagir e dispersar na polpa e, assim, reduzir o teor de sílica nas frações mais grossas.

5. CONCLUSÕES

A bauxita nodular do Nordeste do Pará é composta por gibbsita e impurezas como caulinita e hematita, com 45,1, 14,9 e 17,8% de Al_2O_3 , SiO_2 e Fe_2O_3 , respectivamente.

A ativação mecanoquímica com 4 e 7% m/m de reagente alcalino em relação a polpa e 40 minutos de condicionamento foi eficiente no que tange a redução do teor de SiO_2 total nas frações acima de 37 μm .

Ensaios de ativação mecanoquímica em outras concentrações de reagente alcalino e tempo de condicionamento estão sendo realizados, assim como, ensaios de separação magnética e caracterização por meio de espectroscopia vibracional na região do infravermelho, microscopia eletrônica de varredura e medidas de potencial zeta.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a COAM/CETEM e ao DQI/IQ-UFRJ pelas análises químicas e mineralógicas e ao CNPq pelo auxílio financeiro (Processo: Universal - 480668/2013-2) e pela bolsa de Iniciação Científica.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAY, E. L., 2015 **Mineral Commodity Summaries** Disponível em: <minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2015/mcs2015.pdf>, acesso em 11 mar. 2015

KOTSCHOUBEY, B.; CALAF, J. M. C.; LOBATO, A. C. C.; LEITE, A., S. E AZEVEDO, C. H. D. Caracterização e Gênese dos Depósitos de bauxita da Província Bauxitífera de Paragominas, Noroeste da bacia do Grajaú, Nordeste do Pará/Oeste do Maranhão”. In: MARINI, O. J., QUEIROZ, E. T., RAMOS, B. W. (Eds) **Caracterização de Depósitos Minerais em Distritos Mineiros da Amazônia**. Cap. 11, p. 691-782, Brasília, 2005.

SANTOS, P.H.C.; MEDEIROS, M.E., GARRIDO, F.M.S.; SAMPAIO, J.A.; SILVA, F.A.N.G.. Estudo de Caracterização da Bauxita Marginal do Nordeste do Pará com Elevado Teor de Ferro. In: **XXV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa & VIII Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology**; 2013; Goiânia-GO.

SILVA, F. A. N. G. **Caracterização Estrutural e Estudo de Reatividade de Bauxita Contendo Sílica Reativa**. 2001. 123 p. Tese (Doutorado). Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (Brasil)