

ESTUDOS DE BENEFICIAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE QUARTZO PARA OBTENÇÃO DE SILÍCIO GRAU SOLAR

Lívia Gonçalves Leida Soares

Aluna de Graduação de Química, 11º período, UFRJ
Período PIBIC/CETEM: julho de 2011 a julho de 2012,
lsoares@cetem.gov.br

João Alves Sampaio

Orientador, Eng. de Minas, D.Sc.
jsampaio@cetem.gov.br

Fernanda Arruda N. G. da Silva

Coorientadora
Licenciada em Química pelo IQ/UFRJ, D.Sc.
fnogueira@iq.ufrj.br

Roberto Salgado Amado

Coorientador Químico IQ/UFRJ, D.Sc.
roberto@iq.ufrj.br

1. INTRODUÇÃO

O silício é um semicondutor com elevada abundância na crosta terrestre e o metal de preferência para a fabricação de células fotovoltaicas, nas quais se utiliza silício com pureza elevada conhecido como silício grau solar (SiGS). A principal matéria-prima básica para obtenção do SiGS é o quartzo, que por meio de uma reação carbotérmica se obtém o silício grau metalúrgico (SiGM). Este produto possui um teor de Si entre 98,70 e 99,50%, mas ainda é inapropriado à produção de células fotovoltaicas em decorrência do elevado índice de impurezas, com destaque para os teores dos elementos dopantes, boro e fósforo. A existência dessas impurezas torna-se indispensável etapas de purificação para removê-las. Esses elementos, dopantes, são adicionados ao silício purificado de forma controlada durante as etapas finais de preparação do semicondutor, isto é, são adicionados às lâminas de silício em concentrações definidas.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma rota química de análise e purificação de quartzo para obtenção de um produto purificado com a finalidade de produzir um silício grau metalúrgico SiGM melhorado, ideal para obtenção de um SiGS. Assim, torna-se possível a fabricação de painéis fotovoltaicos a baixo custo, viabilizando o uso da energia fotovoltaica.

3. METODOLOGIA

Na primeira etapa do projeto foi feita uma amostragem no município de Tanhaçu, BA, onde há uma jazida quartzo de elevada pureza.

Na etapa de preparação da amostra efetuou-se o quarteamento da mesma em pilha de homogeneização, da qual foram coletadas alíquotas de 5,0 kg. Na etapa seguinte, foi feita a cominuição da amostra, por meio de britagem em circuito fechado, com uma peneira de abertura de 6,35 mm. O produto do britador foi homogeneizado em pilha de homogeneização da qual foram retiradas alíquotas de 200 g para o desenvolvimento dos trabalhos. Desse modo, foi realizada a análise granulométrica a úmido em um peneirador vibratório (684,5 rpm) equipado com um conjunto de peneira de abertura desde 2,362 mm a 37 µm, segundo a série Tyler. Todas as frações da análise granulométrica foram secas em estufa (100°C), pesadas e enviadas à caracterização por meio da difração de raios X (DRX).

A amostra britada foi moída em moinho autógeno, por 2 h. O produto da moagem foi enviado à caracterização por DRX e por emissão ótica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). O quartzo moído será encaminhado à etapa de purificação e os resultados obtidos por DRX e ICP-OES, após a moagem, serão usados para avaliar a eficiência do processo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os ensaios de análise granulométrica a úmido, Figura 1, observa-se que, aproximadamente, 45% da amostra encontra-se abaixo de 2 mm e 5% abaixo de 74 μm . Esta granulometria foi considerada ótima para os ensaios de moagem semiautógena de quartzo. O objetivo desta moagem foi evitar a contaminação amostra por ferro durante o processo de moagem.

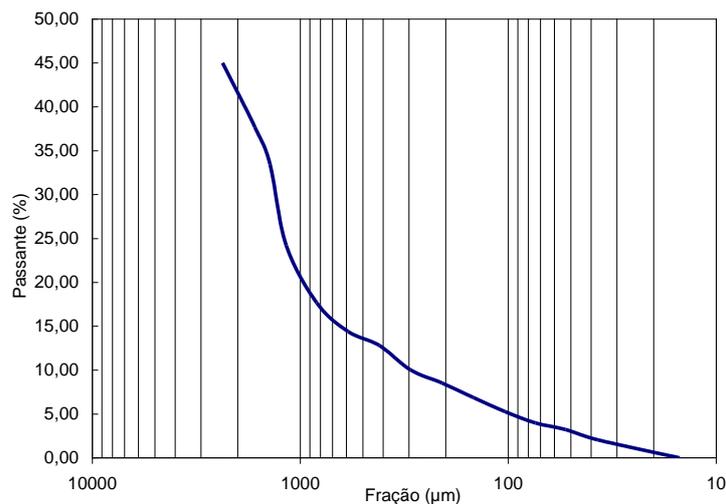


Figura 1. Representação gráfica dos resultados da análise granulométrica do quartzo após o ensaio de britagem.

Por meio dos difratogramas de raios X, Figura 2, pode-se observar que a fração acima de 37 μm apresenta picos característicos dos minerais microclínio (KAlSi_3O_8), muscovita ($(\text{K}, \text{Na})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}_{3,1}\text{Al}_{0,9})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) e calcita (CaCO_3). Já a fração fina, menor que 37 μm , além desses minerais, contém o mineral albita ($(\text{Na}, \text{Ca})\text{Al}(\text{Si}, \text{Al})_3\text{O}_8$) e um aumento da intensidade dos picos relativos à muscovita, melhor observado por meio do pico 10,34°.

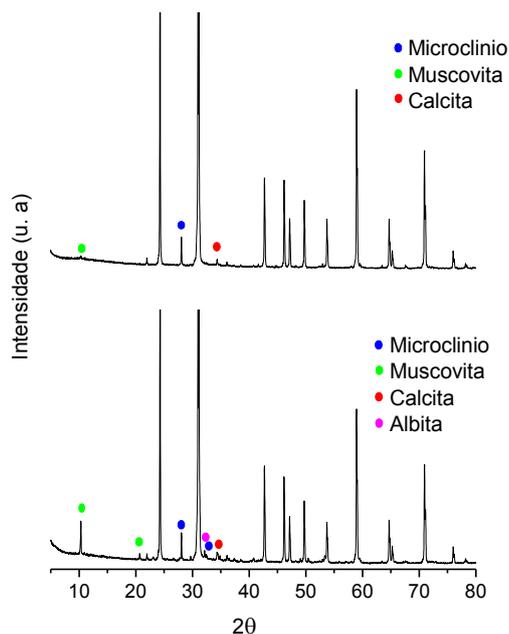


Figura 2. Difratomogramas de raios X das amostras de quartzo, maior e menor que 37 μm , provenientes do ensaio de análise granulométrica a úmido.

Esses minerais consistem nas impurezas existentes no quartzo que se destina à produção de um silício grau metalúrgico, SiGM. Devido ao efeito negativo na condução da energia elétrica fotovoltaica, essas impurezas devem ser removidas por meio de tratamentos químicos, uma vez que ensaios físicos não são eficientes. É importante ressaltar que a análise por DRX não detecta impurezas em concentrações de poucas ppm, exigida para a produção de silício solar. Assim, torna-se necessária a análise por ICP-OES para a detecção de elementos com teores da ordem de algumas ppm, isto é, da ordem de 10 ppm ou menos. No entanto, esta técnica de análise é utilizada como preliminar por não existirem no CETEM equipamentos especiais para análises de silício solar.

De acordo com a Figura 1, observa-se que a fração menor que 37 μm corresponde, apenas, a 2,06% da massa total. Assim, por apresentar maior quantidade de impurezas, esta fração pode ser removida antes dos ensaios de purificação.

De acordo com os resultados da análise de ICP-OES, para a amostra de quartzo moído, Tabela 1, pode-se observar que o teor de SiO_2 é de 97,1%, portanto, abaixo do valor ótimo para um silício SiGM de qualidade. Os teores dos elementos B e P, estão acima dos valores mínimos exigidos (0,2 a 10 ppm), já que no caso deste material os valores encontrados foram 1,4 e 55 ppm, respectivamente. Além dessas impurezas, esta amostra, também, apresenta metais que devem ser removidos. Como num semiconductor o movimento do elétron no seu interior se altera quando há impurezas em sua estrutura, o quartzo utilizado na obtenção do silício solar deve conter o mínimo possível de impurezas.

Tabela 1. Resultado da análise de ICP-OES para o quartzo após moagem.

Composição Química	Concentração	Composição Química	Concentração
SiO ₂	97,1%	K	605 ppm
Al	3.300 ppm	Li	9,4 ppm
B	< 1,4 ppm	Mg	119 ppm
Ba	90 ppm	Mn	47,2 ppm
Ca	1.300 ppm	Na	3.900 ppm
Co	< 0,6 ppm	P	55,0 ppm
Co	< 0,6 ppm	Sn	< 0,6 ppm
Cr	10,4 ppm	Sr	6,5 ppm
Cu	3,5 ppm	V	< 0,6 ppm
Fe	1.000 ppm	Zr	44,9 ppm

5 TRABALHOS EM ANDAMENTO

As amostras provenientes do ensaio de britagem foram submetidas à ensaios de calcinação a 900°C por 60, 90 e 120 min, seguidos de *quenching*, com o objetivo de facilitar a moagem da amostra. Assim, alíquotas foram enviadas para os ensaios de moagem em moinho autógeno e, em seguida, encaminhadas para os ensaios de lixiviação em agitador *shaker*, a 300 rpm e a temperatura ambiente. Nesses ensaios, soluções de H₂SO₄, nas concentrações de 1, 2, 4, 8, 12 e 18 mol/L, com volume na proporção 10:1 com relação à massa de quartzo, foram mantidas sob agitação por 30 e 60 min, para avaliar o efeito do tempo e da concentração do ácido na remoção das impurezas. Os materiais sólidos foram encaminhados à DRX, a espectroscopias vibracional no infravermelho e ao ICP-OES para avaliar em qual tempo de calcinação e lixiviação pode-se obter um SiGS com menor quantidade de impurezas. Isso é, o trabalho encontra-se em andamento.

6 AGRADECIMENTOS

Aos técnicos do laboratório da COPM e COAM por todo o auxílio dado no desenvolvimento deste trabalho. Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica.

Ao CNPq pela recursos em forma de bolsa e a oportunidade de trabalhar na área de pesquisa acadêmica ainda durante a minha graduação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **Energia Solar**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar%283%29.pdf>. Acesso em 24 de maio de 2012.

ERGUL, E. Reduction Of Silicon Dioxide By Electrochemical Deoxidation. 2010. Dissertação (Mestrado) - The Graduate School Of Natural And Applied Sciences. Middle East Technical University.