

# UTILIZAÇÃO DE FORNO MICRO-ONDAS CASEIRO PARA SÍNTESE DE SILICATO DE CÁLCIO

Gilberto da Silva<sup>1</sup>; Flávio Aparecido Rodrigues<sup>2</sup>

Estudante do Curso de Química; e-mail: gilberto361@hotmail.com<sup>1</sup>

Professor da Universidade de Mogi das Cruzes; e-mail: flavioar@umc.br<sup>2</sup>

Área do Conhecimento: Química.

Palavras Chave: Síntese, micro-ondas, silicatos

## INTRODUÇÃO

A indústria mundial do cimento enfrenta uma série de problemas relacionados à sua sustentabilidade, especialmente no que se refere ao alto consumo de energia e matéria-prima, além da liberação de gás carbônico, material particulado e poluentes orgânicos para o ambiente. Os principais componentes do cimento comercial são o silicato tricálcico,  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ , (também denominado C3S ou alita), o silicato dicálcico ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{C}_2\text{S}$  ou belita), além de aluminatos complexos. O gesso é adicionado ao cimento na faixa de 5% (em massa) para controlar a hidratação do cimento. Em relação ao consumo energético, duas etapas da fabricação do cimento são decisivas: o combustível necessário para o aquecimento das matérias-primas a temperaturas de  $1500^\circ\text{C}$ , e o processo final de moagem, que consome grandes quantidades de energia elétrica. Desta forma, para a produção de 1 tonelada de cimento são necessários de 60 a 130 kg de combustível fóssil e em torno de 110 kWh de potência.

A utilização de forno de micro-ondas como fonte de energia para a promoção de reações químicas, tem apresentado interesse crescente na área de Química e Ciência dos Materiais. Entre as principais vantagens do método, pode-se citar a rapidez do processo, baixo consumo de energia e simplicidade.

O efeito de absorção da energia de micro-ondas por líquidos é bastante conhecido, sendo a base de funcionamento do forno de micro-ondas caseiro. Para a maioria dos líquidos a absorção desta radiação é dependente da presença de dipolos permanentes. Quando um líquido como a água é colocada na presença da radiação de micro-ondas ocorre a orientação das moléculas na direção do campo. O forno de micro-ondas caseiro opera numa frequência de 2,45 GHz. Desta forma, a orientação das moléculas de água é alterada muito rapidamente ( $2,5 \times 10^9$  vezes por segundo) e essa contínua reorientação é responsável pelo aquecimento observado.

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é a otimização das condições de síntese de  $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$ , e o estudo da hidratação dos materiais desenvolvidos neste trabalho;

## METODOLOGIA

A casca de arroz foi obtida da região de Bariri, interior do estado de São Paulo. A casca de arroz foi aquecida mantendo-se o forno aberto, a temperaturas entre 100 e  $1000^\circ\text{C}$ . Após cada preparação, foi utilizada a técnica de espectroscopia vibracional na região do infravermelho para assegurar que não ocorre a formação de SiC (carbeto de silício). Resultados anteriores mostraram que o aquecimento da casca de arroz a  $600^\circ\text{C}$  fornece sílica com boas características em termos de reatividade.

Em seguida, as pastilhas foram aquecidas em forno tipo mufla convencional, a temperaturas de 1000°C por 30 minutos, com o objetivo de melhorar a compactação das pastilhas sólidas. A otimização do processo foi realizado utilizando estas pastilhas. Foram inicialmente desenvolvidas algumas montagens experimentais em nosso laboratório para a preparação de  $\beta$ -Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>; a amostra (silicato intermediário) é colocada em contato direto com uma superfície do susceptor.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram utilizados diversos susceptores descritos na literatura, tais como óxido de cobre (CuO), óxido de níquel (NiO), óxido de molibdênio (MoO<sub>3</sub>) e grafite (C), entre outros, que serão descritos em detalhes durante a apresentação dos resultados. Inicialmente, foram preparadas pastilhas dos susceptores, utilizando-se uma prensa hidráulica e aplicando-se pressões de 10 MPa. As pastilhas apresentam diâmetro de 1 cm e aproximadamente 0,4 cm de altura.

Foram realizados diversos ensaios com o objetivo de estender o tempo de utilização das pastilhas como material susceptor. Os melhores resultados foram obtidos através da mistura de sólidos isolantes ao óxido de cobre. Neste caso, o óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) foi o material que apresentou os melhores resultados. A figura 12 apresenta a variação da temperatura das pastilhas de óxido de cobre em função do número de ciclos de utilização. Foram comparados susceptores de óxido de cobre (controle) e susceptores contendo 5, 10, 15, 20 e 30% de óxido de alumínio. Quando se utiliza quantidades maiores de óxido de alumínio, não se verifica aquecimento substancial da pastilha. Sob as condições estudadas, verificou-se que a utilização de 30% de óxido de alumínio, permite a reutilização da mesma pastilha por até 12 vezes.

## CONCLUSÕES

Foi realizada a otimização das condições de síntese de  $\beta$ -Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> utilizando-se forno doméstico de micro-ondas.

A região mais adequada para o aquecimento de materiais é o centro do forno, próximo ao magnetron. Esta observação é válida tanto para o aquecimento de água como para materiais cerâmicos utilizados como susceptores.

Foram testados diversos materiais como susceptores, sendo que os melhores resultados no que se refere à máxima temperatura obtida foi o óxido de cobre. O óxido de cobre atinge temperaturas de até 1200°C, enquanto carvão de silício atinge 800°C, óxido de níquel 400°C e grafite, 200°C.

A utilização continuada das pastilhas tem como consequência a diminuição da temperatura máxima que a mesma pode atingir. Para pastilhas a base de óxido de cobre, após duas utilizações (30 segundos cada), observou-se queda significativa da temperatura.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

LEA, F. M., *The Chemistry of Cement and Concrete*, Chemical Publishing Company, Inc., New York (1971).

YOUNG, J. F., AND MINDESS, S. *Concrete*, Prentice-Hall, New Jersey (1981).

TAYLOR, H. F. W., *Cement Chemistry*, Academic Press, London (1990).

ESCALANTE-GARCÍA, J. I. AND SHARP, J. H., "Effect of Temperature on the Hydration of the Main Clinker Phases in Portland Cements: Part I, Neat Cements", *Cem. Concr. Res.*, **28**, 9, 1245-1257 (1998).

R. MCCAFFREY, "Climate Change and the Cement Industry", *Global Cement and Lime Magazine*; Environmental Special Issue, 15-19 (2002).

DAVIDOVITS, J., "Global Impact on the Cement and Aggregates Industries, 5<sup>th</sup> international Global Warming Conference, San Francisco, 6, 2, 263-278 (1994).

KURDOWSKI, W., DUSZAK, S. AND TRYBALSKA, B., "Belite Produced by Means of Low-Temperature Synthesis", *Cem. Concr. Res.*, **27**, 1, 51-62 (1997).

REMY, C., REYNARD, B. AND MADON, M., "Raman Spectroscopic Investigations of Dicalcium Silicate: Polymorphs and High-Temperature Phase Transformations", *J. Am. Ceram. Soc.*, **80**, 2, 413-423 (1997).