

## **CARACTERIZAÇÃO DE PEÇAS CERÂMICAS OBTIDAS A PARTIR DO RESÍDUO DO GRANITO ASA BRANCA COM ADIÇÃO DOS PRODUTOS DA COMBUSTÃO DO CARVÃO MINERAL**

Pinheiro, H. S.; Nogueira, R. E. F. Q.; Nobre, A. I. S.; Teixeira, J. C.; Silva, S. A.  
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais - Bloco 714, Campus  
do Pici CEP 604555-760, Fortaleza - CE Universidade Federal do Ceará –  
Centro de Tecnologia  
[hspfisica@hotmail.com](mailto:hspfisica@hotmail.com)

### **RESUMO**

*Durante a queima de carvão mineral em usinas termoelétricas, são gerados vários tipos de resíduos, chamados de produtos da combustão do carvão mineral (PCC's). Atualmente, tais materiais têm sido alvo de estudos, por apresentarem diversas aplicações tecnológicas, como na fabricação de peças cerâmicas. Este trabalho estudou a viabilidade da adição de PCC's como fase reforço em peças cerâmicas fabricadas a partir do resíduo do granito. Dois lotes de peças foram confeccionados: o primeiro, sem a adição de PCC's, e o segundo com a adição de 10%p de PCC's. Foram efetuadas análise de fluorescência de raios-X, para identificar e quantificar os elementos contidos na amostra e ensaios de Microdureza Vickers para avaliar a influência dos PCC's sobre o desempenho mecânico das peças. A fluorescência de raios X comprovou que os PCC's, em termos da composição química, tem um grande potencial para serem incorporados como fase reforço na matriz cerâmica. Os produtos da combustão do carvão mineral aumentaram a dureza dos corpos de provas cerâmicos. Estes resultados indicam que os PCC's utilizados apresentam potencial para serem incorporados em peças cerâmicas fabricadas a partir de resíduos de granito.*

*Palavras-chaves: Carvão mineral, PCC's, cerâmicas.*

## INTRODUÇÃO

O aproveitamento de resíduos das mais diversas atividades industriais é reconhecidamente indispensável para a preservação do meio ambiente, e vem se tornando uma atividade lucrativa, contribuindo, muitas vezes, para a redução de custos de certos materiais.

A quantidade e o número de tipos de resíduos, rejeitos e dejetos resultantes das mais diversas atividades humanas têm crescido de forma assustadora, exigindo cada vez mais cuidados especiais com a disposição dos mesmos.<sup>(1)</sup>

No Brasil, a preocupação com os resíduos é relativamente recente, ao contrário de outros países onde já existem políticas bastante definidas e eficientes no que diz respeito a reciclagem.

O que fazer, então, com a grande quantidade de resíduos despejados pelas indústrias no Meio Ambiente? A reciclagem é uma das melhores soluções para esse problema, pois além de gerar uma grande economia para o país, é uma grande alternativa para a diminuição do resíduo.<sup>(2)</sup>

Considera-se reciclagem o reaproveitamento de materiais beneficiados como matéria-prima para um novo produto. Vários materiais podem ser reutilizados ou reciclados, como o papel, o vidro, o metal e o plástico. Suas maiores vantagens são a minimização da utilização de fontes naturais, muitas vezes não renováveis, além da redução da quantidade de resíduos que necessita de tratamento final, como aterramento, ou incineração.<sup>(3)</sup>

Menezes e colaboradores,<sup>(4)</sup> apontam várias vantagens da reutilização de resíduos (independente do seu tipo) em relação aos recursos naturais “virgens”, as quais podem citar: redução da extração de matéria-prima, diminuição do consumo de energia, menores emissões de poluentes e melhoria na saúde.

Segundo Motta<sup>(5)</sup> o acúmulo de resíduo sólido no meio ambiente é uma questão antiga, pois esta questão sempre foi carente de regularização e fiscalização. Esta falta de cuidado com Meio Ambiente, além de comprometer o desenvolvimento econômico, gerou grandes problemas, tais como: degradação da natureza, perda da Biodiversidade.

Contudo, a geração de resíduo sólido no mundo e no Brasil tende a diminuir, pois já existe uma conscientização de empresas de que estes

resíduos sólidos estão associados a custo, visto que necessitam de um tratamento adequado. Empresas do setor privado da América do Norte e Europa investem em pesquisas, e avaliam a reciclagem como algo rentável, pois aumentando a qualidade do produto reciclado acarretará em uma maior eficiência do setor produtivo. <sup>(6)</sup>

Devido ao crescimento industrial, acompanhado de um consumo de energia, outro setor industrial que vem crescendo de maneira vertiginosa são as termoelétricas à carvão, fontes de energia muito utilizadas no mundo. <sup>(7)</sup>

Durante a queima do carvão mineral em usinas termelétricas, são gerados vários tipos de resíduos e produtos (Produtos da Combustão do Carvão Mineral ou PCC's). Atualmente, tais materiais têm sido alvo de muitos estudos, por conter cinzas, além do fato de apresentarem diversas aplicações tecnológicas.

Muitas aplicações de PCC's resultam em produtos melhores e mais baratos sem a adição de PCC's, como por exemplo, o uso de cinzas leves em concreto, que possui uma maior resistência e uma menor permeabilidade. <sup>(8)</sup>

Sua composição química é semelhante à de alguns materiais cerâmicos. Por esse motivo, algumas das principais aplicações têm sido na fabricação de diversos tipos de peças cerâmicas e, principalmente, como materiais para a construção civil.

Este trabalho estudou a viabilidade da adição de PCC's como fase reforço em peças cerâmicas fabricadas a partir do resíduo do granito.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Nesse trabalho foi investigado a viabilidade da adição de PCC's como fase reforço em peças cerâmicas fabricadas a partir do resíduo do granito. A matéria prima foi caracterizada em termos de composição química e mineralógica. A composição química foi determinada por espectrometria de fluorescência de raios-X utilizando um equipamento Rigaku, modelo ZSX Mini II.

Dois lotes de peças foram confeccionados: o primeiro, sem a adição de PCC's e o segundo com a adição de 10%p de PCC's. Em seguida, O ensaio de Microdureza Vickers foi realizado para avaliar a influência dos PCC's sobre

o desempenho mecânico das peças. Aplicou-se uma carga para indentação de 980,7 mN durante 10 segundos. A equação para a determinação da microdureza Vickers de acordo com a norma ASTM E384 (1999) é a seguinte:

$$H_V = 1,854 \left( \frac{P}{d_V^2} \right) \quad (A)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

### Fluorescência de Raios-X

O resultado da composição química por fluorescência de Raios-X, em percentual mássico, na forma de óxido se encontra na tabela 01.

Foram analisadas as composições dos PCC's gerados pela combustão do carvão.

**Tabela 01** - Composição química dos PCC's.

| Componente       | Massa (%) |
|------------------|-----------|
| Si               | 59,17     |
| Al               | 13,17     |
| Fe               | 10,74     |
| K                | 6,11      |
| Ca               | 4,97      |
| Ti               | 2,91      |
| S                | 0,84      |
| Outros elementos | 2,09      |

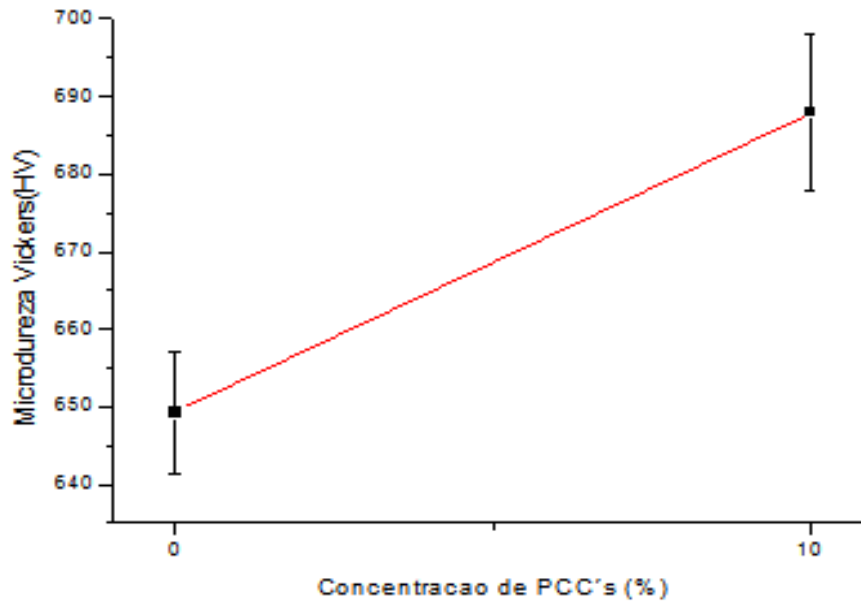
**Tabela 02** – Composição química do resíduo do granito Asa Branca

| <b>Componente</b>       | <b>Massa (%)</b> |
|-------------------------|------------------|
| <b>Si</b>               | <b>78,47</b>     |
| <b>Al</b>               | <b>13,63</b>     |
| <b>K</b>                | <b>5,33</b>      |
| <b>Ca</b>               | <b>1,47</b>      |
| <b>Fe</b>               | <b>0,76</b>      |
| <b>Outros elementos</b> | <b>0,34</b>      |

A partir da tabela 01 verifica-se que os óxidos majoritários dos PCC's são o óxido de silício, o óxido de Alumínio e o óxido de Ferro, característica de matérias-primas adequadas à fabricação de cerâmicas, e um baixo teor de enxofre, muito similar à composição do resíduo do granito Asa Branca (silício, alumínio, potássio e ferro), o que comprovou, que os PCC's, em termos da composição química, tem um grande potencial para serem incorporados como fase reforço na matriz cerâmica.

### **Microdureza Vickers**

O resultado do teste de Microdureza Vickers para as peças com 0%p e 10%p de PCC's é mostrado no gráfico a seguir. Os corpos cerâmicos sem adição de PCC's apresentaram uma microdureza 649,3 HV e com a concentração de 10%p de PCC's a microdureza dos corpos cerâmicos foi de 688 HV. Os produtos da combustão do carvão mineral aumentaram a dureza dos corpos de provas cerâmicos.



**Gráfico 01-** Microdureza Vickers

## CONCLUSÕES

De acordo com a realização deste estudo, com os produtos da combustão do carvão mineral e resíduo do granito Asa Branca, teve-se a oportunidade de avaliar propriedades química e física destes materiais, constatando que:

Através de teste de fluorescência de raios-x, verificou-se que os principais componentes dos produtos da combustão do carvão mineral são: silício (59,17%), alumínio (13,17%), ferro (10,74%), potássio (6,11%) cálcio (4,97%), titânio (2,91%) e enxofre (0,84%). E para o resíduo do granito Asa Branca são: silício (78,47%), alumínio (13,63%), potássio (5,33%), cálcio (1,47%) e ferro (0,76%).

Elevados teores de óxido de alumínio nos PCC's sugerem uma maior presença de fases com elevado ponto de fusão, que implicam em temperaturas de amolecimento e de fluidez mais altas.

Os corpos cerâmicos sem adição de PCC's apresentaram uma microdureza 649,3 HV, e com a concentração de 10%p de PCC's a microdureza dos corpos cerâmicos foi de 688 HV.

Estes resultados preliminares apresentam características de matérias-primas adequadas para ser incorporadas em massas cerâmicas.

Entretanto, como regra geral, é necessário salientar após esse estudo dos PCC's, que a realização de uma análise crítica sobre todos os elementos contidos no produto da combustão é indispensável, de forma que estes podem originar uma grande variação de fases com propriedades bastante distintas.

Este trabalho compreende a fase inicial de um estudo com abordagem mais ampla, que tem o objetivo estudar a viabilidade dos produtos da combustão do carvão mineral como carga em peças cerâmicas fabricadas a partir de resíduos de granito.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq pelo o financiamento a esse projeto.

## **REFERÊNCIAS**

- 1-Pinheiro, H. S. **Processamento e caracterização de peças cerâmicas obtidas a partir do resíduo do granito Asa Branca com adição dos produtos da combustão do carvão mineral.** 2010. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Curso de Pós- Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Ceará, Ceará.
- 2- Santos, R. P. dos. **Preparação e caracterização de cerâmicas de cinzas de carvão mineral.** 2003. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Ceará, Ceará.
- 3- Reijnders, L., **A normative strategy for sustainable resource choice and recycling.** Resources, Conservation and Recycling. v.28; p.121–133; 2000.
- 4- MENEZES, R.R.; NEVES, G. de A.; FERREIRA, H. C., **O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental., v.6; n.2; p.303-313, 2002.
- 5- MOTTA, F. G., **A cadeia de destinação dos pneus inservíveis – o papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico.** Ambiente & Sociedade. v. XI; n.1; p.167-184; 2008.

6- Fernandes, P.F.; Oliveira, A.P.N.; Hotza, D., **Reciclagem do Lodo da Estação de Tratamento de Efluentes de uma Indústria de Revestimentos Cerâmicos**. Parte 1: Ensaios Laboratoriais. Cerâmica Industrial. v.8; n.2; 2003.

7- Pinheiro, H. S.; Nogueira, R. E. F. Q.; Lobo, C. J. S.; Nobre, A. I. S.; Sales, J.C.; Silva, C. J. M.;. **Caracterização química das cinzas de fundo originadas pela combustão, em usina termoelétrica, de um carvão mineral do nordeste da Colômbia**. 56º Congresso Brasileiro de cerâmica. Paraná, 2013.

8- SABEDOT, S., SUNDSTRON, M. G., BÖER, S. C, SAMPAIO, C. H., DIAS, R. G. O., RAMOS, C. G.; **Caracterização e aproveitamento de cinzas da combustão de carvão mineral geradas em usinas termelétricas**. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO MINERAL, Gramado. Rio Grande do sul: UFRGS, 2011..

**Characterization ceramics obtained from waste of granite white wing with addition of products of combustion of coal**

#### ABSTRACT

During the burning of coal in power plants, are generated several types of waste, called combustion coal products (CCP's). Currently, these materials have been investigated by presenting several technological applications, such as in the manufacture of ceramics. This experiment studied the feasibility of adding CCP as reinforcement phase in ceramic parts fabricated from the residue of granite. Two batches of parts were made: one without the addition of PCC's, and the second with the addition of 10 % wt CCP. Analysis were performed fluorescence X-rays to identify and quantify the elements contained in the sample Vickers Microhardness tests to assess the influence of the CCP on the mechanical performance parts. The X-ray fluorescence showed that the CCP in terms of chemical composition, has great potential for incorporation as reinforcement in a ceramic matrix phase. The products of combustion of the coal increased the hardness of the ceramic test samples. These results indicate that the CCP used have potential to be incorporated into ceramic pieces made from waste granite.

keywords: Coal, PCC's, ceramics.