

**CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS CERÂMICOS COM RESÍDUOS DE GRANITO, MÁRMORE E CAULIM: ESPECTROMETRIA VIBRACIONAL DE ABSORÇÃO NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR) E MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)**

J.L.Sales<sup>1</sup>, C.R.S.Morais<sup>1</sup>, L.M.R. Lima<sup>1</sup>, J. L. Araújo<sup>1</sup>, J.C.B. Cibalde

Av. Aprígio Veloso – 882, Bodocongó, 58109-970, Campina Grande - PB, Brasil

Fone: (83) 8801 7520

josyanne27@yahoo.com.br

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

**RESUMO**

*O objetivo principal desse trabalho é a caracterização microestrutural de compósitos de matriz cerâmica com o uso de resíduos gerados nas indústrias de exploração e beneficiamento de caulim, e com resíduos sólidos provenientes do corte das rochas ornamentais de mármore e granito utilizando a técnica Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), o que permitiu identificar as correlações microestrutura-defeitos-propriedades, respectivamente. Os resíduos foram beneficiados através do processo de moagem a seco em moinho de galgas e passados em peneira 0,074mm (ABNT nº 200). Os compósitos foram formulados utilizando proporções iguais de resíduos e uma resina de poliéster preparada previamente. Os compósitos foram formulados de acordo com a quantidade de resina (40 e 45 mL) e, a partir destas quantidades, foram obtidas amostras com massa dos resíduos de 90 e de 120 g (granito, mármore e caulim em quantidades iguais). As amostras foram submetidas a tempos de processamento de 40 e 60 minutos. Os resultados demonstraram que os compósitos com maior teor de resíduo e maior quantidade de resina, apresentaram estrutura menos porosa, fato este que pode ser atribuído à melhor aderência destes*

*resíduos à matriz polimérica e a um processo de mistura dos componentes mais eficiente, mostrando sua viabilidade de produção.*

**Palavras-chave:** Compósitos, Resíduos, MEV

## **INTRODUÇÃO**

O setor mineral gera resíduos de diversos tipos e níveis de periculosidade. A indústria de beneficiamento do caulim gera resíduos à base de caulinita em grandes quantidades acarretando, com o descarte destes resíduos, em um impacto ambiental acentuado, o que tem justificado o esforço de pesquisas visando encontrar uma solução racional para este problema.

Na busca de novas alternativas para a destinação destes resíduos, muitas pesquisas e trabalhos vêm sendo desenvolvidos, propondo alternativas ao descarte destes materiais no meio ambiente, visando seu reaproveitamento como matéria prima na fabricação de diversos produtos. A Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais (UAEMa) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) vem desenvolvendo pesquisas com compósitos cerâmicos desenvolvidos com resíduos de caulim, mármore e granito para utilização em placas de revestimento. Os primeiros ensaios de caracterização confirmaram a possibilidade de utilização destes materiais na produção de placas de revestimento, o que irá contribuir para um decréscimo na energia requerida para seu processamento bem como na diminuição de descarte de resíduos no meio ambiente.

Este projeto caracterizou os compósitos obtidos, utilizando-se a técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura. Com isso, foi possível obter informações da estrutura interna do material, com relação à porosidade e tipo de aglomerados constituintes.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### Materiais

Resíduo de Caulim: O resíduo de caulim que foi utilizado na pesquisa é originado da empresa Armil, localizada no município de Equador, Rio Grande do Norte.

Pedras de Granito e Mármore: Os retrazos de pedras de granito e mármore foram cedidos pela empresa Oficina do Granito, localizada no município de Cabedelo, Paraíba. Para o beneficiamento das pedras de mármore e granito, estes foram submetidos a moagem a seco, em moinho de galgas e passados em peneira de 0,074mm (ABNT nº 200), para depois então serem submetidos as técnicas de caracterização abaixo relacionadas.

Resina - A resina de poliéster ortoftálica **UCEFLEX UC 2636** foi doada pela empresa Elekeiroz, localizada na cidade de Várzea Paulista/SP, devidamente preparada, necessitando apenas ser incorporada nos compósitos. A utilização foi realizada seguindo as recomendações dos fabricantes.

As amostras estudadas foram formuladas de acordo com a quantidade de resina (40 e 45 mL) e, a partir destas quantidades, foram obtidas amostras com massa dos resíduos de 90 e de 120 g (granito, mármore e caulim em quantidades iguais). As amostras foram submetidas a tempos de processamento de 40 e 60 minutos.

### Métodos

Para as medidas de MEV foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura da Shimadzu SSX-550, Superscan, com feixes de elétrons secundários e tensão de aceleração de elétrons de 10.000KV. Os pós foram recobertos com uma camada condutora eletrônica (recobrimento em ouro). Todo o procedimento de caracterização microestrutural foi realizado no Laboratório de Caracterização de Materiais (LCM) da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais (UAEMa), na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus I.

As etapas para a preparação das amostras foram: seleção da amostra, corte, embutimento, lixamento e polimento.

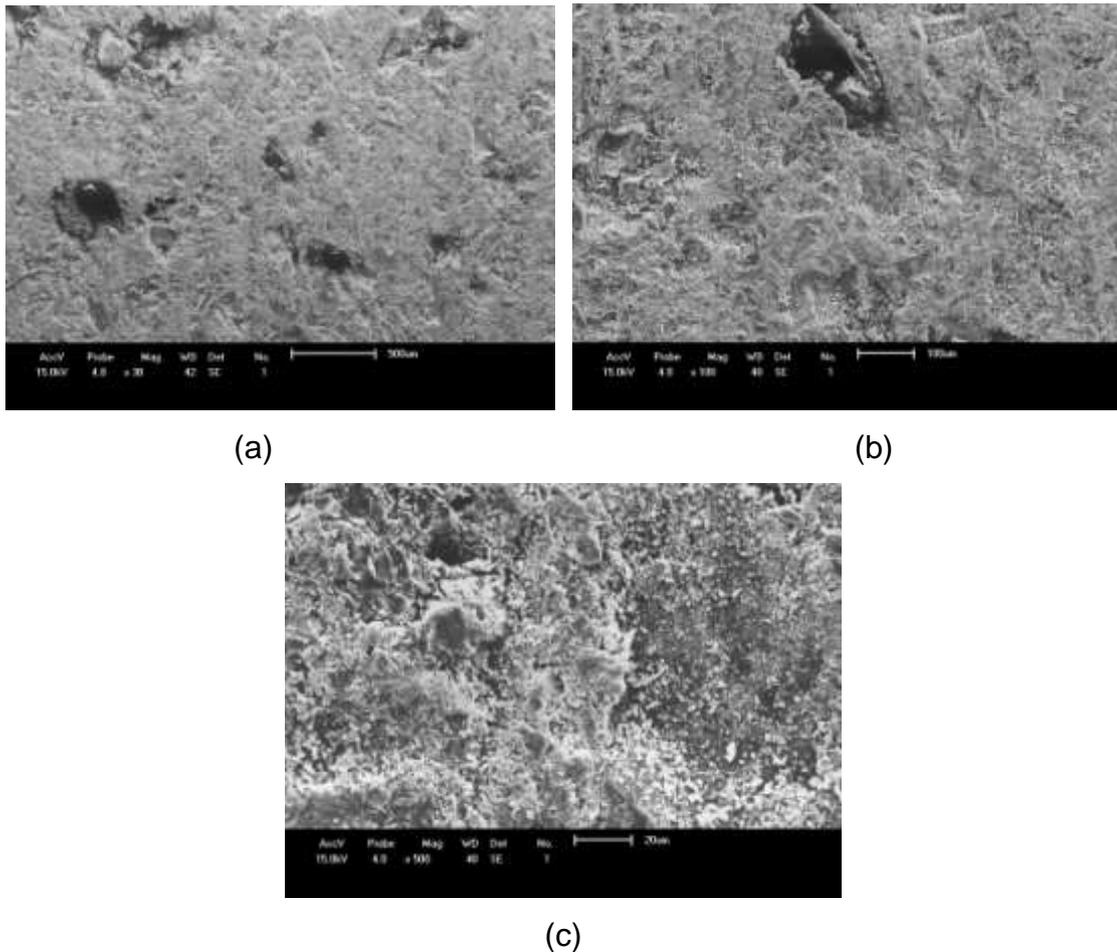
A dimensão da amostra a ser analisada no MEV foi a primeira etapa considerada na triagem. O microscópio eletrônico utilizado possui suporte metálico com dimensões entre 100 e 200 mm de diâmetro.

O corte para a obtenção de amostras foi realizado em máquina com discos abrasivos comuns. Após o corte, a amostra foi lavada para eliminação dos resíduos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as micrografias da amostra constituída por 40 mL de resina, 90 g da mistura de resíduos, submetida a 40 minutos de processamento.

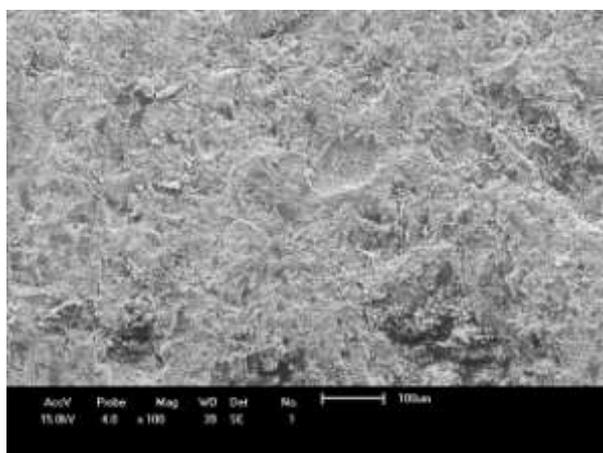
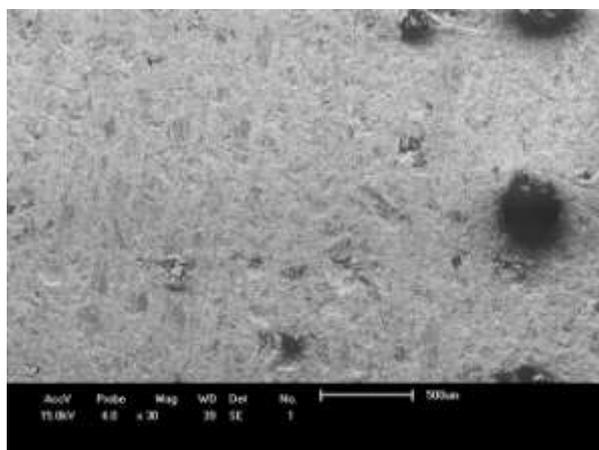
Figura 1 – Micrografias obtidas por MEV da amostra constituída por 40 mL de resina, 90 g da mistura de resíduos, submetidas a 40 minutos de processamento: (a) 30 x de aumento; (b) 100 x de aumento; (c) 500x de aumento.



A partir das Figuras 1a a 1c pode-se observar que a amostra apresenta estrutura porosa, constituída por aglomerados de formatos irregulares. Apesar disso, as partículas dos resíduos mostram-se bem aderidas à resina. Os poros apresentados na micrografia podem ter surgido durante a preparação da amostra, resultantes do processo de mistura.

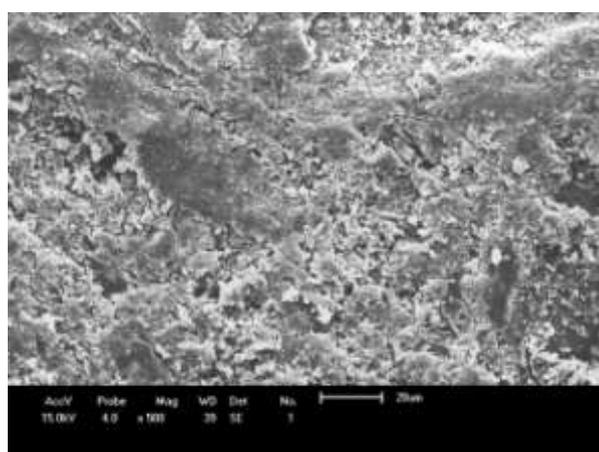
A Figura 2 apresenta as micrografias da amostra constituída por 40 mL de resina, 120 g da mistura de resíduos, submetida a 60 minutos de processamento.

Figura 2 – Micrografias obtidas por MEV da amostra constituída por 40 mL de resina, 120 g da mistura de resíduos, submetidas a 60 minutos de processamento: (a) 30 x de aumento; (b) 100 x de aumento; (c) 500x de aumento.



(a)

(b)



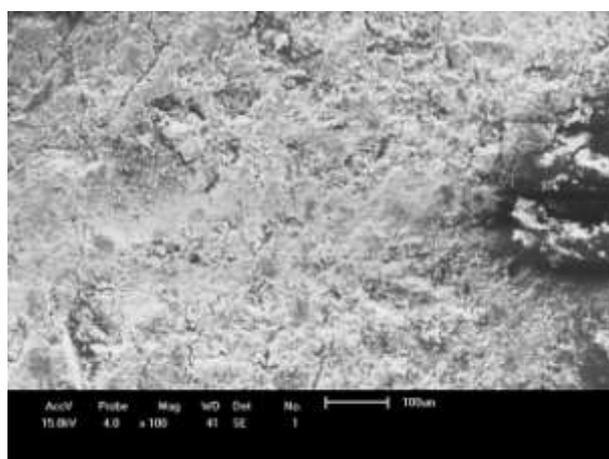
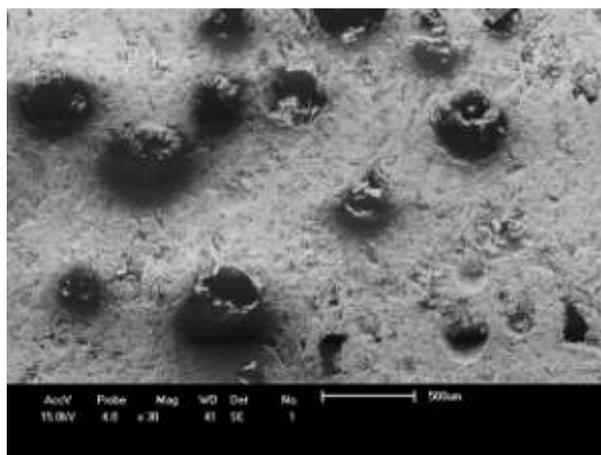
(c)

Observando-se as Figuras 2a a 2c, pode-se afirmar que o aumento na quantidade de resíduos e no tempo de processamento não afetou significativamente a morfologia dos compósitos

obtidos, visto que a amostra apresentou a mesma estrutura porosa, constituída por aglomerados de formatos irregulares, com partículas de resíduos bem aderidas à resina.

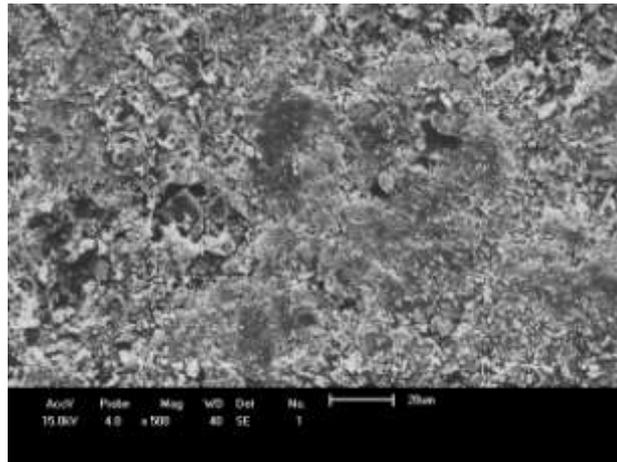
A Figura 3 apresenta as micrografias da amostra constituída por 45 mL de resina, 90 g da mistura de resíduos, submetida a 40 minutos de processamento.

Figura 3 – Micrografias obtidas por MEV da amostra constituída por 45 mL de resina, 90 g da mistura de resíduos, submetidas a 40 minutos de processamento: (a) 30 x de aumento; (b) 100 x de aumento; (c) 500x de aumento.



(a)

(b)

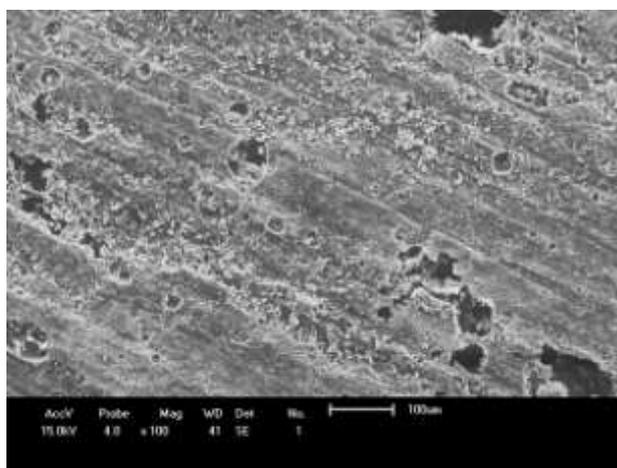
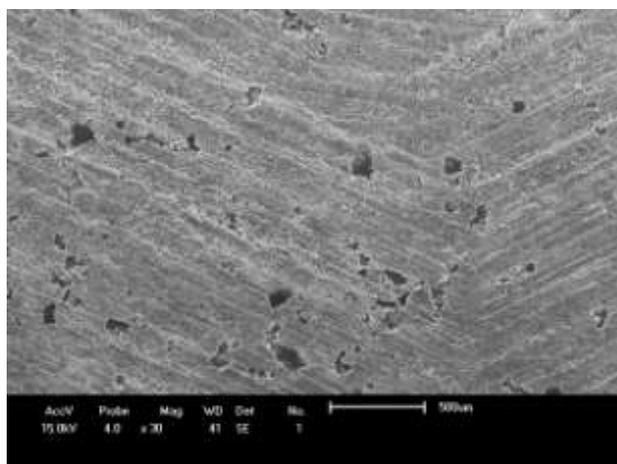


(c)

De acordo com as Figuras 3a a 3c, o aumento no teor de resina na formulação do compósito acarretou em uma estrutura com maior quantidade de poros, o que pode ser atribuído a uma mistura heterogênea dos componentes da formulação.

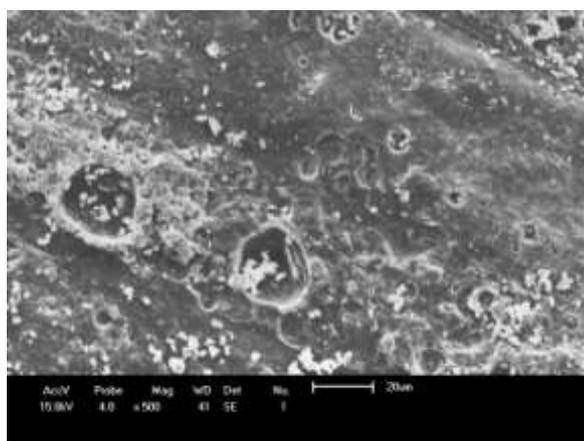
A Figura 4 apresenta as micrografias da amostra constituída por 45 mL de resina, 120 g da mistura de resíduos, submetida a 40 minutos de processamento.

Figura 4 – Micrografias obtidas por MEV da amostra constituída por 45 mL de resina, 120 g da mistura de resíduos, submetidas a 40 minutos de processamento: (a) 30 x de aumento; (b) 100 x de aumento; (c) 500x de aumento.



(a)

(b)



(c)

A partir das Figuras 4a a 4c, pode-se observar que o aumento no teor de resíduos, para uma amostra com 45 mL de resina polimérica, produziu um compósito com estrutura menos

porosa, fato este que pode ser atribuído à melhor aderência destes resíduos à matriz polimérica e a um processo de mistura dos componentes mais eficiente.

## CONCLUSÕES

Os estudos realizados nos compósitos formulados com os resíduos de caulim, mármore e granito permitiram concluir que:

- A absorção de água nos compósitos não variou muito com o aumento do percentual de resíduo ou de resina nas composições estudadas, e a maioria das amostras apresentaram absorção de água  $\leq 0,5$ , o que é bastante interessante para esse tipo de aplicação, além de atender as especificações da NBR 13.816(ABNT);
- As análises de massa específica aparente e porosidade aparente apresentaram em alguns compósitos certa relação, ou seja, quando a massa específica aparente cresceu a porosidade também cresceu.
- A porosidade aparente indica relação direta com a resistência físico-mecânica dos compósitos, pois quanto maior a absorção de água, provavelmente menor a sua resistência físico-mecânica;
- Os compósitos de forma geral tiveram suas resistências mecânicas aumentadas com o aumento do percentual de resíduos em todos os grupos. Entretanto verifica-se a diminuição da resistência em relação ao aumento do percentual de resina;
- Os compósitos A45R9T60 (32,1MPa), A45R10T60 (37,5MPa) e A45R12T60 (32,7MPa) apresentaram os melhores resultados de resistência à flexão, dentre as composições estudadas;
- A maioria dos compósitos apresentaram valores que variaram entre 15 a 35 MPa, mas quando comparados com os da placa industrializada (Silestone®),

apenas os compósitos A45R9T60, A45R10T60 e A45R12T60 encontram-se dentro do especificado;

Com base nos resultados, conclui-se que é possível confirmar a viabilidade e inovação desta pesquisa, que acarretará na redução dos custos energéticos na indústria, por utilizar o processo de conformação por prensagem a baixa temperatura, sem sinterização, além de utilizar resíduos de rochas ornamentais como matéria prima, o que acarreta em benefícios ao meio ambiente, sendo também de grande valor científico para a comunidade acadêmica e profissional que atua na área de reutilização e reciclagem de resíduos sólidos.

## **BIBLIOGRAFIA**

(1) SANTOS, E. A. **Avaliação mecânica e microestrutural de compósitos de matriz de poliéster com adição de cargas minerais e resíduos industriais.**

Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Natal, 2007.

(2) LIMA, A. M. V., ANTÓNIO. **Caracterização do comportamento à fractura de materiais compósitos (PRFV)**, Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica. Porto, 1987.

(3) BONALDO, E., BARROS, J.A.O., LOURENÇO, P.B. **Sistema híbrido em materiais compósitos para reforço de lajes de betão armado.** Jornadas Portuguesas de Engenharia de Estruturas, Lisboa, 2006.

(4) VENTURA, A.M.F.M. **Os compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas Metálicas.** C. Tecn.Mat., v.21, p. 3-4, Lisboa, 2009.

(5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13.818. **Placas cerâmicas para revestimento: especificação e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 1997c.

(6) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13.816. **Placas cerâmicas para revestimento: terminologia.** Rio de Janeiro, 1997 a.

(7) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004: **Resíduos Sólidos: classificação.** São Paulo, 2004.

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF CERAMIC MATRIX COMPOSITES LABORATORY DEVELOPED WITH INDUSTRIALIZED**

### **ABSTRACT**

The objective of this study is to investigate the mechanical properties of water absorption, apparent porosity, bulk density and flexural strength of three points, composites made using waste rock cut from marble, granite and kaolin processing compared to Silestone® industrial cards. The residues were benefited through the process of dry grinding in a mill and passed in gauges of 0.074 mm sieve (ABNT No. 200). The composites were made using equal amounts of waste and a polyester resin ortoftálica previously prepared. Was observed in this study that the results showed that the composites exhibited water absorption  $\leq 0.5$ , with direct relation to the apparent porosity, which showed strength within the required standards (ABNT 13816) for coating plates. The developed product will contribute to reducing environmental impacts, enabling the reuse of waste used to produce plates for coating.

**Key - words:** Composites, Waste, Mechanical properties