

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUO DE MÁRMORE PARA FABRICAÇÃO DE ROCHA ARTIFICIAL

M.C. Aguiar¹; A.G.P. Silva¹; M.C.B. Gadioli²

¹UENF/LAMAV – Universidade Estadual do Norte Fluminense / Laboratório de
Materiais Avançados. Av. Alberto Lamego, Campos dos Goytacazes-RJ.
maricostalonga2@gmail.com

²CETEM/NR-ES, Centro de Tecnologia Mineral – CETEM / Núcleo Regional do
Espírito Santo. Rodovia Cachoeiro-Alegre, km 05, Morro Grande, Cachoeiro de
Itapemirim-ES.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo estudar a caracterização do resíduo de mármore para a fabricação de rocha artificial. A caracterização do resíduo foi realizada por meio de fluorescência de raios-X, difração de raios-X, distribuição de tamanho de partícula, microscopia eletrônica de varredura e microscopia confocal. Os resultados mostraram que o resíduo do mármore apresenta composição tipicamente de um mármore dolomítico-calcítico, e seus minerais presentes são: Calcita (CaCO_3) e Dolomita ($\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$). O resíduo apresentou predominância de partículas abaixo de 200 mesh ($75 \mu\text{m}$). Tal fato pode ser interessante para a confecção de rochas artificiais de melhor aspecto visual, como o marmoglass, por exemplo. Os resultados indicaram que o resíduo do mármore tem grande potencial para sua utilização na produção de rocha artificial e é uma alternativa ambientalmente correta de dar um destino para esse resíduo gerado na ordem de milhões de toneladas que representa sério problema ambiental.

Palavra-chave: Mármore, rocha artificial, rocha ornamental.

INTRODUÇÃO

O setor de rochas ornamentais vem crescendo a cada ano, aumentando a extração, o beneficiamento e conseqüentemente contribuindo para uma maior quantidade de resíduos estocados no meio ambiente. O município de Cachoeiro de Itapemirim-ES, situado no sul do Estado do Espírito Santo, possui como principal atividade econômica a extração e beneficiamento de rochas ornamentais.

O Espírito Santo por ser o principal pólo industrial de rochas ornamentais do país, possui uma geração de resíduos de rochas muito grande, podendo dizer que o Estado sofre por problemas ambientais, no que diz a respeito, de geração de resíduos das indústrias de rochas ornamentais. Uma das alternativas tecnológicas para se reduzir o impacto ambiental, é o aproveitamento desse tipo de resíduo para a fabricação de materiais ^(1,2,3,4,5).

A utilização dos rejeitos de materiais de pedras para o desenvolvimento de rochas sintéticas mostra vantagens na diminuição da quantidade de rejeito a ser descartada na natureza, além de agregar valor a um resíduo indesejável, e possibilita também a geração de novos empregos.

As rochas artificiais têm hoje enorme importância na construção civil, constituindo notáveis ramos desta indústria. A rocha artificial é produzida por 95% de agregados naturais, ou seja, é considerado praticamente material natural. Os agregados que compõe a rocha artificial podem ser constituídos por partículas de mármore, granito triturado, areia de quartzo, sílica cristalina ou óxido de silício (SiO_2) e demais compostos, que são misturados juntamente com agentes aglutinantes, como a resina epóxi, que dependendo do agregado principal origina-se o tipo de rocha artificial ⁽⁶⁾.

Baseando-se na necessidade de aproveitar os resíduos do processo de beneficiamento de rochas ornamentais, o objetivo deste trabalho foi caracterizar o resíduo de mármore proveniente do município de Cachoeiro de Itapemirim-ES, para conhecer suas características e verificar a viabilidade de sua utilização para a fabricação de rocha artificial.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado para a caracterização foi o resíduo de mármore proveniente do município de Cachoeiro de Itapemirim-ES. O resíduo foi coletado na empresa SULCAMAR SUL CAPIXABA DE MÁRMORES LTDA na forma de granulado fino e de cacos (pedaços). Este último foi moído para compor o agregado grosso.

Este resíduo foi processado em três granulometrias básicas, denominadas de grossa, média e fina a partir do granulado fino e dos cacos de mármore. Foram usados peneiramento e moagem em moinho de bolas para diminuir o tamanho das partículas e para selecionar as frações de tamanho desejadas. As frações escolhidas foram: 20 mesh, 80 mesh e 180 mesh.

O ensaio de difração de raios-X (DRX) foi realizada no Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, pelo equipamento Bruker-AXS D5005 equipado com espelho de Goebel para feixe paralelo de raios-X, nas seguintes condições de operação: radiação $\text{Co K}\alpha$ e 2θ variando de 5 a 80° . A composição química das amostras foi realizada por espectrometria de fluorescência de raios-X, utilizando equipamento Phillips modelo PW 2400 / sequencial da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

A distribuição de tamanho de partícula foi realizada por peneiramento via úmida e sedimentação de acordo com norma técnica da ABNT 7181 ⁽⁷⁾.

As observações de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram efetuadas em equipamento SUPERSCAN SS-550, de fabricação SHIMADZU do Laboratório de Materiais Avançados (LAMAV/UENF). A microscopia confocal foi realizada por meio do microscópio Olympus, modelo CGA, Também no Laboratório de Materiais Avançados (LAMAV/UENF).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra o difratograma de raios-X e a Tabela 1 apresenta a composição química obtida por fluorescência de raios-X do mármore.

Na análise do difratograma do resíduo de mármore observa-se que os picos predominantes são os da calcita (CaCO_3) e da dolomita ($\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$). Sua composição é característica de rochas carbonáticas.

A composição química do resíduo de mármore, como esperado exibe características essencialmente típicas de rochas carbonáticas, sendo composto predominantemente de MgO e CaO, e elevado valor de perda ao fogo, fruto da decomposição térmica dos carbonatos durante a análise química. Este resíduo apresenta composição característica de um mármore dolomítico calcítico, tanto por revelar teor de 16,6% em MgO, quanto pela razão MgO/CaO em torno de 0,43 conforme a classificação demonstrada na Tabela 2.

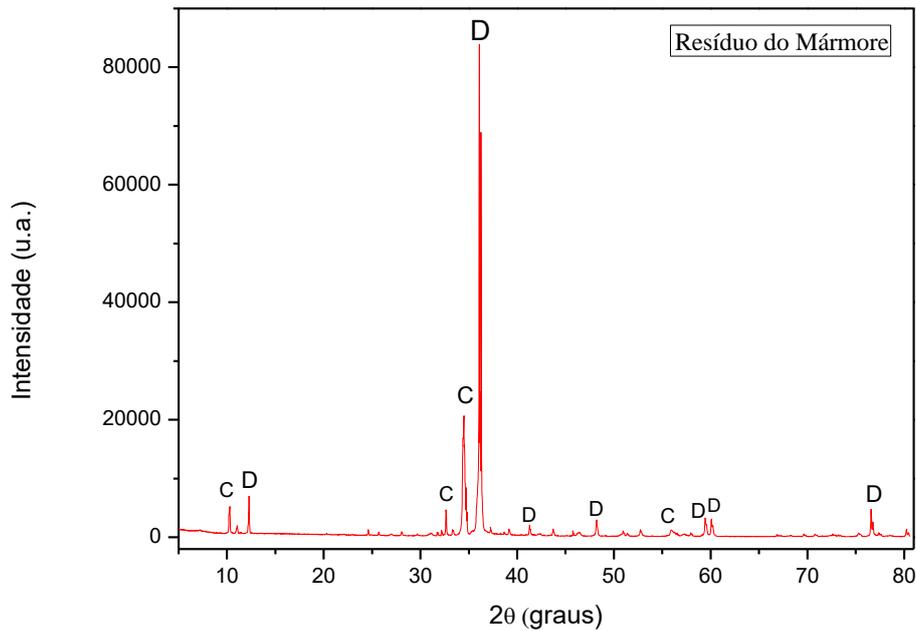


Figura 1 - Difratograma de raios-X do resíduo de mármore.

C= Calcita (CaCO_3), D= Dolomita ($\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$)

Tabela 1. Composição química do resíduo de mármore

Composição	(%)
SiO ₂	3,3
Al ₂ O ₃	0,08
MgO	16,6
K ₂ O	0,01
Fe ₂ O ₃	0,03
Na ₂ O	ND
CaO	38,1
PPC*	41,8

PPC* = Perda por calcinação

Tabela 2. Classificação das rochas carbonáticas em função dos teores cálcio e magnésio ⁽⁸⁾

Classificação	Teores de MgO %	Razão MgO / CaO
Calcário Calcítico	0,0 - 0,1	0,00 – 0,02
Calcário Magnesiano	1,2 - 4,3	0,03 – 0,08
Calcário Dolomítico	4,4 - 10,5	0,09 – 0,25
Dolomítico Calcítico	10,6 – 19,1	0,26 – 0,56
Dolomito	≥ 19,2	≥ 0,57

As Figuras 2, 3 e 4 mostram as curvas de distribuição de tamanho de partículas do resíduo das três granulometrias estudadas. Nota-se que o resíduo de mármore passado na peneira de 20 mesh não possui “fração argila” confirmando sua granulometria mais grosseira. A fração “argila” está associada com tamanhos de partículas inferior a 2 µm, a fração “silte” está entre 2 e 63 µm e a fração “areia” compreende partículas entre 63 a 2000 µm.

As partículas mais grosseiras, correspondente à faixa granulométrica de 20 mesh foram incluídas na composição no intuito de promover ao material um aspecto de grãos grosseiros, semelhante ao mármore natural.

Pode-se perceber que o resíduo tem um grande potencial para baixos tamanhos de grão, visto a predominância de partículas abaixo de 200 mesh. Tal fato pode ser interessante para a confecção de rochas artificiais de melhor aspecto visual, como o marmoglass, por exemplo.

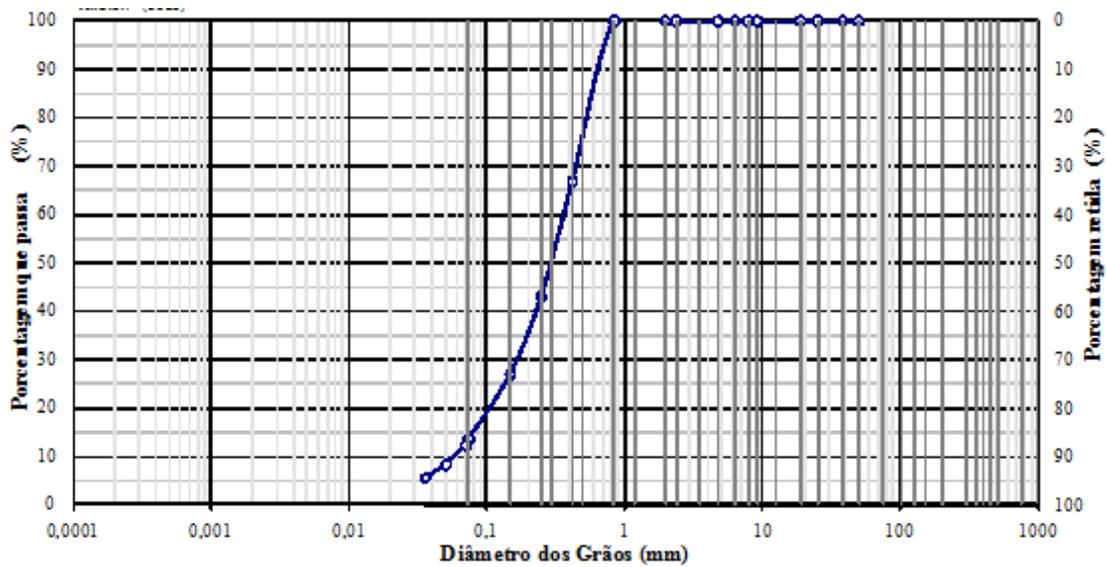


Figura 2. Distribuição de tamanho de partícula do resíduo do mármore passante na peneira de 20 mesh. (% em peso)

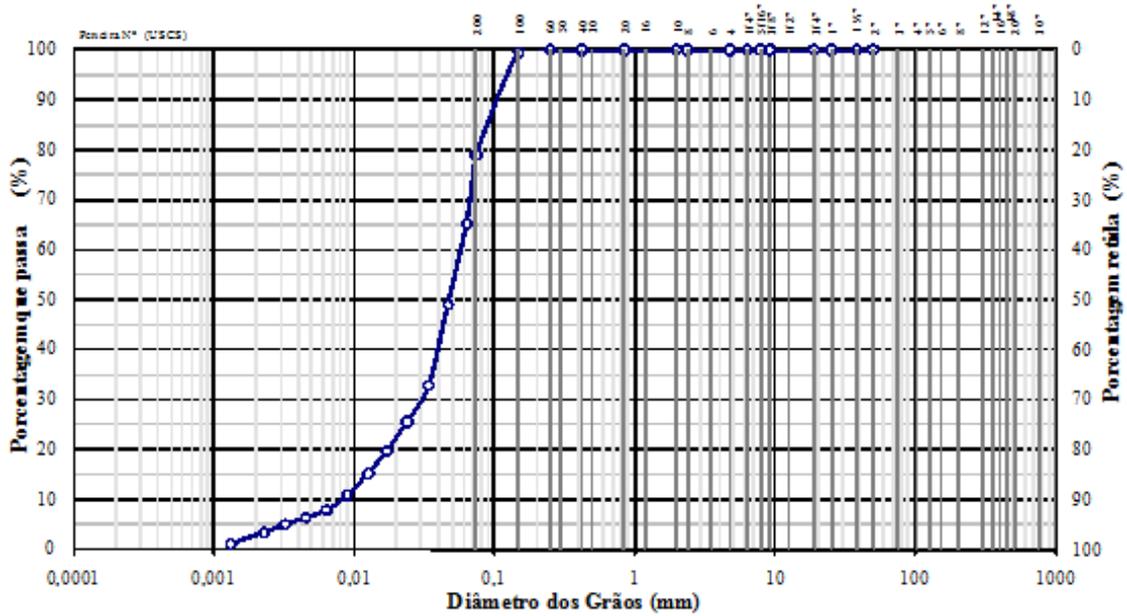


Figura 3. Distribuição de tamanho de partícula do resíduo do mármore passante na peneira de 80 mesh. (% em peso)

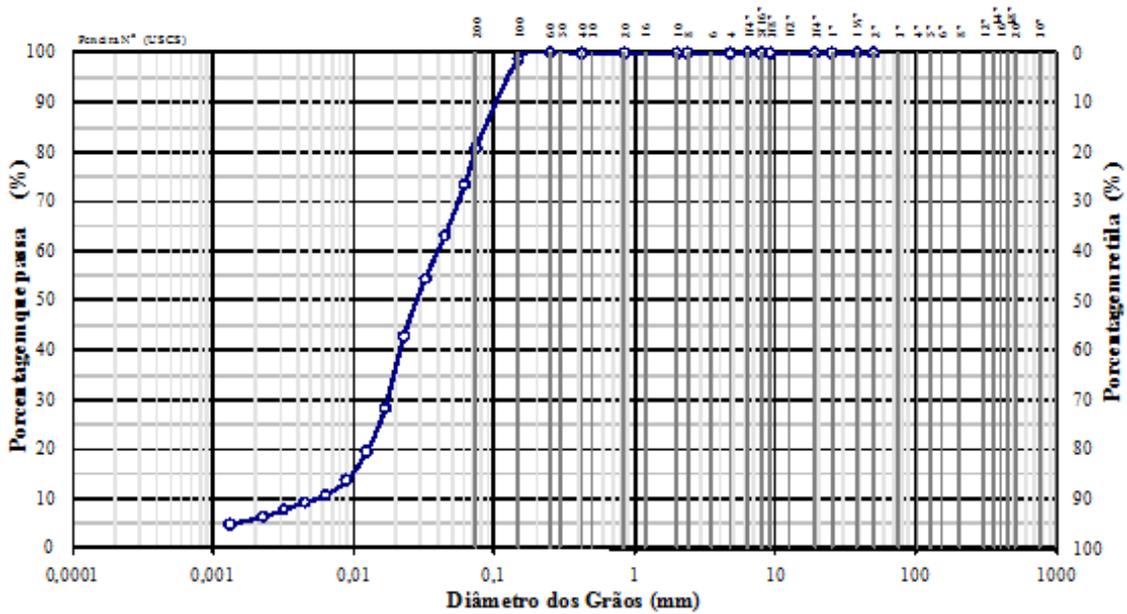


Figura 4. Distribuição de tamanho de partícula do resíduo do mármore passante na peneira de 180 mesh. (% em peso)

As Figuras 5 apresentam imagens do resíduo do mármore obtidas por microscopia confocal. O resíduo apresenta partículas de formas irregulares e tamanhos variados, que estão de acordo com as curvas granulométricas apresentadas anteriormente. A coloração branca é devido ao seu mineral

presente, carbonato de cálcio e magnésio (calcita e dolomita), o que torna interessante a fabricação da rocha artificial como o marmoglass, por exemplo, uma vez que possui a mesma coloração do mármore natural.

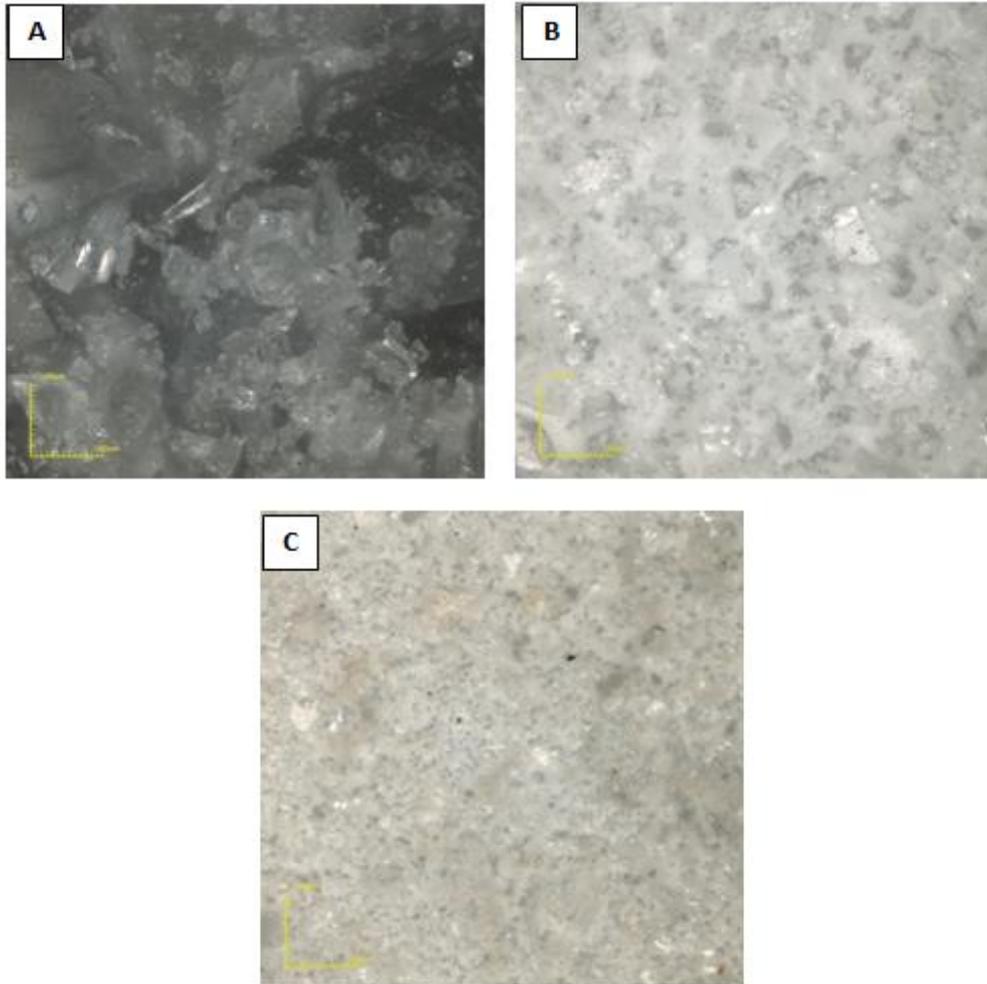


Figura 5. Micrografia confocal do resíduo do mármore.
(A) 20 mesh, (B) 80 mesh (C) 180 mesh. Aumento 430X.

As micrografias das matérias-primas obtidas por MEV são apresentadas na Figura 6. Observa-se que o mármore apresenta morfologia angular. A presença de partículas que se destacam pelo tamanho e pela morfologia, estão relacionadas aos grãos de carbonato de cálcio (calcita) e dolomita. O resultado do EDS, feito sobre a região ampliada na Figura 6 (a), revelou os elementos esperados para o resíduo, tais como Ca, Mg, O e Si. A presença desses elementos já havia sido apontada na análise química e esse resultado é consonante com os minerais identificados por difração de raios-X.

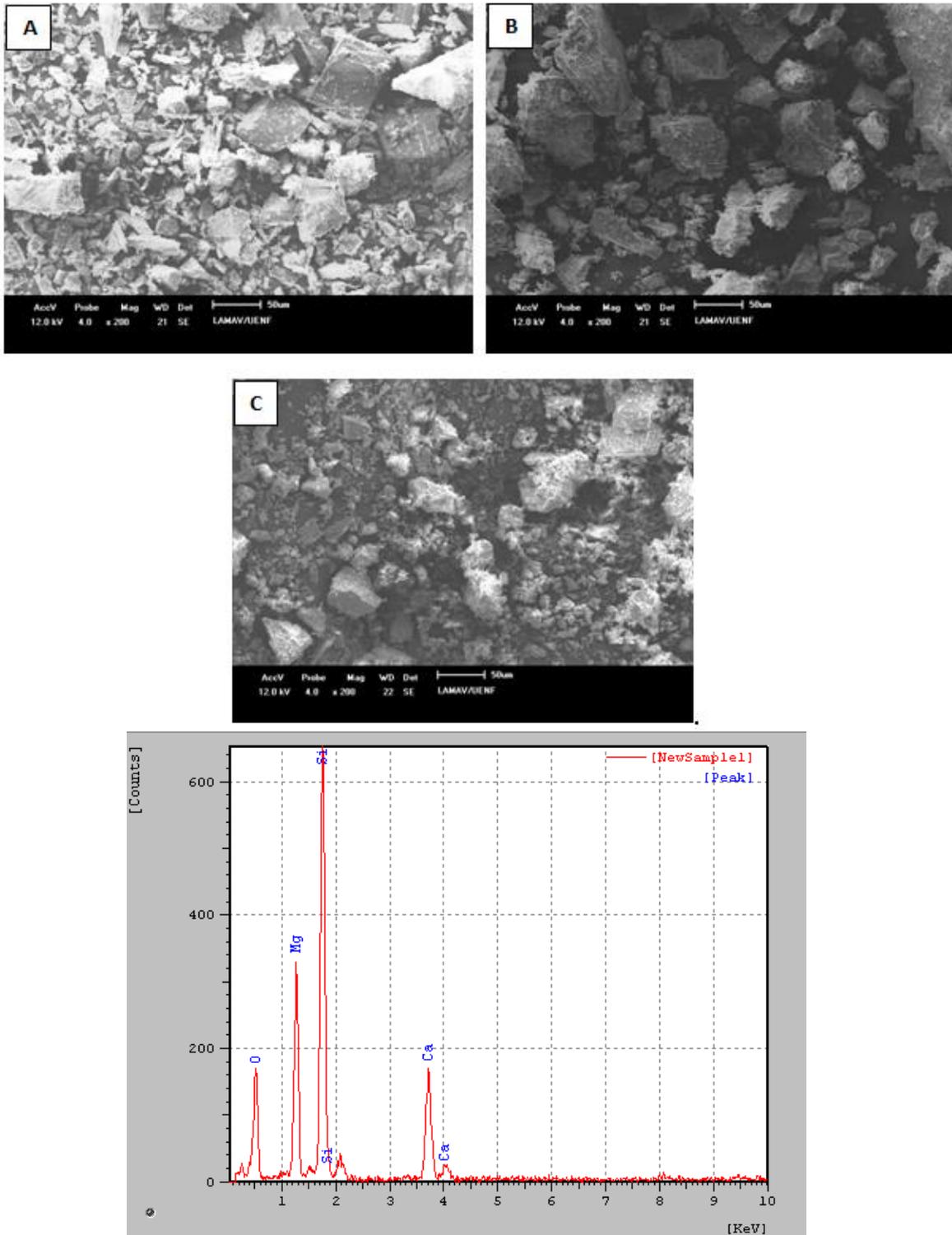


Figura 6. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) do resíduo do mármore.
(A) 20 mesh com mapeamento EDS, (B) 80 mesh, (C) 180 mesh. Aumento 200X.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, a caracterização do resíduo de mármore apresentou os seguintes resultados:

- O resíduo é constituído basicamente de óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO).

- Pode-se observar a presença dos minerais Calcita (CaCO_3) e Dolomita ($\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$), caracterizando o resíduo de mármore como dolomítico calcítico.

- A análise de granulometria apresentou predominância nas partículas abaixo de 200 mesh, tornando-se interessante para o aspecto visual para a fabricação das rochas artificiais.

- o resíduo apresenta morfologia angular das partículas com tamanhos diferentes, sendo estas relacionadas com a presença de carbonato de cálcio e dolomita.

Com os resultados obtidos, pode-se concluir que o resíduo de mármore pode ser utilizado como matéria-prima para fabricação de rochas artificiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MONTEIRO, S.N.; PEÇANHA, L.A.; VIEIRA, C.M.F. Reformulation of Roofing Tiles Body With Addition of Granite Waste From Sawing Operations. **Journal of the European Ceramic Society**, v.26, p. 305-310, 2004.

2. SEGADÃES, A. M.; CARVALHO, M. A.; ACCHAR, W. Using Marble and Granite Rejects to Enhance the Processing of Clay Products. **Applied Clay Science**, v.30, p. 42-52, 2005.

3. TORRES, P.; FERNANDES, H.R.; AGATHOPOULOS, S.; TULYAGANOV, D.U.; FERREIRA, J.M.F. Incorporation of Granite Cutting Sludge in Industrial Porcelain Tile Formulations. **Journal of the European Ceramic Society**, v.24, p. 3177-3185, 2004.

4. AGUIAR, M. C; GADIOLI, M. C. B; BABISK, M. P; CANDIDO, V. S; MONTEIRO, S. N; VIEIRA, C. M. F. Microstructural Evaluation of a Clay Ceramic Incorporated with Granite Rejects from Stone Sawing Using Diamond Wire. **Materials Science Forum (Online)** , v.798-799, p.251 - 256, 2014.
5. AGUIAR, M. C; GADIOLI, M. C. B; BABISK, M. P; CANDIDO, V. S; MONTEIRO, S. N; VIEIRA, C. M. F. Characterization of a Granite Waste for Clay Ceramic Addition. **Materials Science Forum (Online)**. v.775-776, p.699 - 704, 2014.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). Solo: análise granulométrica. - NBR 7181, 13p.
7. PEDRA ARTIFICIAL. 2010. Disponível em: < www.pedraartificial.com.br>. Acesso em outubro de 2016.
8. RÊGO, José Maria. O potencial das rochas carbonáticas do Rio Grande do Norte. Natal, 2005. Disponível em: <http://www.abceram.org.br/asp/13emc/pdf/sedec-rn.pdf> (capturado em 15 jul. 2015).

CHARACTERIZATION OF MARBLE WASTE FOR MANUFACTURE OF ARTIFICIAL STONE

ABSTRACT

This work aims to study the characterization of marble waste for the manufacture of artificial stone. The characterization of the waste was performed through X-ray fluorescence, X-ray diffraction, particle size distribution, scanning electron microscopy and confocal microscopy. The results indicated that the

marble waste presents typical composition of a dolomite, calcite marble, and their minerals are: Calcite (CaCO_3) and dolomite ($\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$). The waste presented predominance of particles below 200 mesh screen. This may be interesting for the production of artificial stone better visual appearance, such as marmoglass, for example. The results indicate that the use of marble waste for production of artificial stone is feasible and environmentally friendly alternative to give a destination for this waste generated in the order of millions of tons representing serious environmental problem.

Key-words: Marble, artificial stone, ornamental stone.