

15º Congresso Brasileiro de Polímeros  
27 a 31 de outubro de 2019

## GERAÇÃO DE PISOS POLIMÉRICOS CONTENDO RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO CARGA

Roberto Carlos da Conceição Ribeiro<sup>1</sup>, Natali Toscano<sup>1</sup>, Daniele Dalto<sup>1</sup>, Márcia Oliveira<sup>2</sup>.

1 - Centro de Tecnologia Mineral - CETEM, Av. Pedro Calmon, 900, Ilha da cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ  
[rcarlos@cetem.gov.br](mailto:rcarlos@cetem.gov.br); [ntoscano@cetem.gov.br](mailto:ntoscano@cetem.gov.br); [ddalto@cetem.gov.br](mailto:ddalto@cetem.gov.br)

2. Instituto Nacional de Tecnologia – INT, Av. Venezuela, 82 - Saúde, Rio de Janeiro - RJ, 20081-312,  
[marcia.oliveira@int.gov.br](mailto:marcia.oliveira@int.gov.br)

### RESUMO

Dentre as principais rochas comercializadas no Brasil, destaca-se o mármore Bege Bahia, que se trata de um calcário ornamental, de baixa dureza e fácil corte e beneficiamento; e seus resíduos, geralmente, apresentam granulometria ultrafina, composição homogênea, com baixos teores de ferro e sílica, caracterizando-o com grande potencial para aplicação como carga mineral no setor polimérico. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade técnica da aplicação do resíduo gerado no corte do Mármore Bege Bahia como carga na matriz do polipropileno para a geração de pisos poliméricos geradores de energia. O processamento consistiu, numa primeira etapa, da mistura do polipropileno com o resíduo de calcário, e os compósitos foram processados com 10, 20, 30, 40 e 50%, em massa. A avaliação do resíduo por FRX determinou teores de 43,5% de CaO, cerca de 8% de MgO, 0,5% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5,4% de SiO<sub>2</sub> e cerca de 43% de perda ao fogo, uma vez que se trata de um calcário calcítico. Observou-se também que há pouca variação na massa específica com o aumento percentual de resíduos, pois com 10 e 20% o valor da massa específica foi de 1 g.mL<sup>-1</sup> e com 30, 40 e 50% a massa específica aumentou para 1,1 g.mL<sup>-1</sup>. Cada piso, de aproximadamente 15 x 15 cm, pode comportar no máximo 25 pastilhas piezoelétricas de 27mm de diâmetro. Esse material mostrou bom comportamento mecânico, nos testes de tensão de escoamento, deformação na ruptura, módulo de elasticidade e resistência ao impacto, que podem estar relacionados diretamente com a durabilidade do produto e grande potencial para uso de piso gerador de energia elétrica.

**Palavras-chave:** *resíduos de rochas ornamentais, bege Bahia, piso polimérico.*

### GENERATION OF POLIMERIC FLOOR WITH DIMENSION STONE WASTE AS CHARGE

#### ABSTRACT

**Abstract:** The main stone marketed in Brazil, there is the Beige Bahia marble, that it is an dimension stone limestone, low hardness and easy cutting and processing; and waste generally have ultrafine particle size, homogeneous composition, with low levels of iron and silica, characterized with great potential for use as a filler in the polymer industry. Thus, the aim of this study was to assess the technical feasibility of the application of the waste generated in cutting Beige Bahia marble as filler in polypropylene matrix to generate polymeric power generators floors. The processing consisted in a first step, the polypropylene mixture with limestone residue, and the composites were processed with 10, 20, 30, 40 and 50% by weight. The evaluation of the residue determined by XRF content of 43.5% CaO, about 8% MgO, 0.5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5.4% SiO<sub>2</sub> and about 43% loss on ignition, because is a limestone. It was also observed that there is little variation in density with increase in the percentage of waste, as at 10 and 20% the value of density was 1 g.mL<sup>-1</sup> and at 30, 40 and 50% of the density increased to 1.1 g.mL<sup>-1</sup>. Each floor of approximately 15 x 15 cm, can support a maximum of piezoelectric transducer 25 of 27 mm diameter. This material showed good mechanical behavior, the yield strength testing, elongation at break, modulus and impact resistance, which can be directly related to the durability of the product and great potential for use of electricity generator floor.

**Keywords:** *dimension stone waste, Bege Bahia marble, polimeric floor.*

### Introdução

A lavra e o beneficiamento de rochas ornamentais no Brasil ainda são processos responsáveis pela geração de uma quantidade significativa de resíduos, que podem acarretar grandes impactos ambientais e gerar graves problemas econômicos para o setor, uma vez que 70%, em massa, é considerado resíduo. O setor de rochas [1] tem como grande desafio o reaproveitamento racional desses resíduos, tornando-o um subproduto economicamente viável para sua comercialização. Nesse contexto, surge a indústria polimérica, onde cargas minerais são incorporadas em matrizes poliméricas visando melhorar as propriedades térmicas, mecânicas e termomecânicas, mudando a aparência superficial e as características de processamento, e em particular, reduzir os custos da composição polimérica. E a aplicação estudada nesse trabalho é a geração de pisos feitos com resíduos dessa rocha capaz de gerar eletricidade.

## Objetivo

O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade técnica da aplicação do resíduo gerado no corte do Mármore Bege Bahia como carga na matriz do polipropileno para a geração de pisos poliméricos geradores de energia.

## Metodologia

### Origem dos Materiais

O Polipropileno apresenta índice de fluidez 1,5g/10min e densidade de 0,903 g.cm<sup>-3</sup> e foi fornecido pela Suzano Petroquímica (Polibrasil). E o resíduo, é oriundo do corte do calcário, conhecido comercialmente como Mármore Bege Bahia, da cidade de Ourolândia.

### Análise Química do Resíduo

A determinação da composição química do resíduo foi realizada por meio da técnica de fluorescência de raios-X (FRX).

### Processamento dos Compósitos

O processamento consistiu, numa primeira etapa, da mistura do polipropileno com o resíduo de calcário, e os compósitos foram processados com 10, 20, 30, 40 e 50%, em massa. Em seguida, a mistura foi extrusada em extrusora dupla-rosca modelo DCT 20. A forma final dos corpos de prova foi obtida pela máquina Injetora Battenfeld Plus 35. As nomenclaturas das diferentes composições do resíduo de Bege Bahia (BB) nos compósitos encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1:** Percentual de resíduo em cada compósito.

BB01	BB02	BB03	BB04	BB05	BB06
0	10%	20%	30%	40%	50%

### Caracterização dos Compósitos

#### Determinação da Massa Específica

A densidade dos compósitos foi determinada segundo a norma ASTM D792-13 [2].

#### Comportamento Mecânico

O ensaio de tração foi realizado utilizando-se uma máquina de ensaios mecânicos da marca Emic, de acordo com a norma ASTM D 638. O ensaio de impacto, realizado por meio da máquina de teste Izod, de acordo com a norma ASTM D 256 – 05 [3]. O ensaio de flexão foi realizado utilizando-se uma máquina universal de ensaios mecânicos da marca Emic, de acordo com a norma ASTM D 790 [4,5].

#### Geração do circuito elétrico

Cada piso, de aproximadamente 15 x 15 cm, pode comportar no máximo 25 pastilhas piezoelétricas de 27mm de diâmetro (Figura 1a). E na Figura 1b está apresentado o sistema de geração de energia através das cápsulas piezoelétricas, que estão presas ao piso de resíduo, e conectadas aos fios gerando assim por piezoelectricidade a energia elétrica. Cada pastilha possui capacitância de  $20,0 \pm 30\%$  (1 KHz) e é feita de latão.



**Figura 1:** a) Pastilhas piezoelétricas no piso  
b) Sistema da geração de energia através do piso de resíduos

## Resultados E Discussões

### Análise Química do Resíduo

A avaliação do resíduo por FRX determinou teores de 43,5% de CaO, cerca de 8% de MgO, 0,5% de  $Al_2O_3$ , 5,4% de  $SiO_2$  e cerca de 43% de perda ao fogo, uma vez que se trata de um calcário calcítico.

### Caracterização dos Compósitos

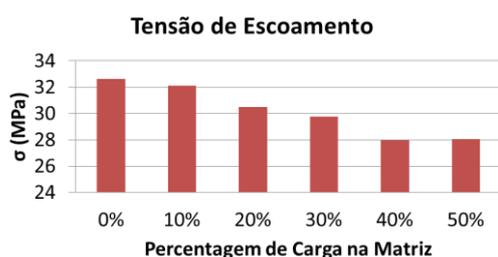
#### Determinação da Massa Específica

Os valores de massa específica obtidos para o PP puro (0%) foi em torno de  $0,9 \text{ g.mL}^{-1}$ , compatível com o valor da literatura,  $0,920 \text{ g.mL}^{-1}$  [6]. Observou-se também que há pouca variação na massa específica com o aumento percentual de resíduos, pois com 10 e 20% o valor da massa específica foi de  $1 \text{ g.mL}^{-1}$  e com 30, 40 e 50% a massa específica aumentou para  $1,1 \text{ g.mL}^{-1}$ .

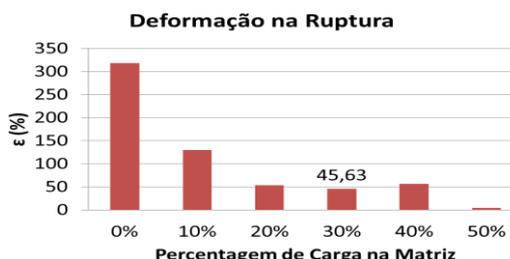
#### Comportamento Mecânico

De acordo com os ensaios de tração é possível obter alguns parâmetros. O primeiro a ser analisado será a Tensão de Escoamento do material, como pode ser visto na Figura 1. A tensão de escoamento é a tensão máxima que o material suporta ainda no regime elástico de deformação. Dessa forma, verifica-se que a presença dessa carga é responsável por fazer com que os compósitos suportem menos tensão. Na Figura 2 observa-se que a deformação específica na ruptura do polipropileno isento de carga mineral é alta, chegando-se a valores em torno de 300% e com a adição do resíduo verifica-se a estabilização mecânica do material, uma vez que a deformação específica diminui gradativamente, chegando-se a valores em torno de 10%.

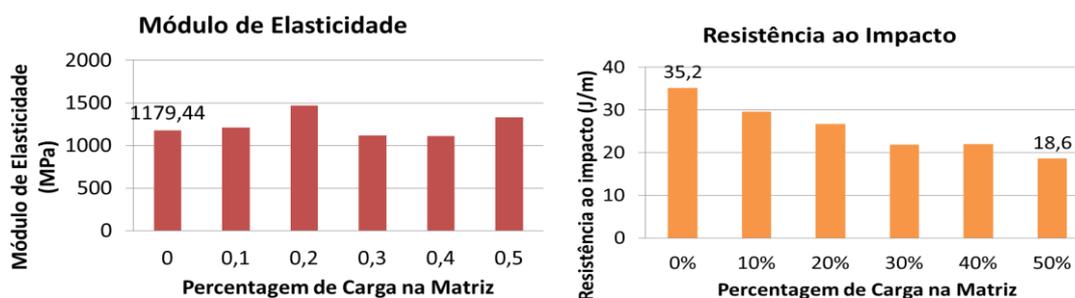
Na Figura 3 pode-se verificar o módulo de elasticidade dos compósitos. O módulo de Young ou módulo de elasticidade é um parâmetro mecânico que proporciona uma medida da rigidez de um material sólido. Na Figura 4, correspondente ao ensaio de Impacto Izod, verifica-se também que a adição do resíduo é responsável pela estabilização mecânica do material, uma vez que com a adição de carga os valores de resistência ao impacto se mantém em torno de 20 J/m.



**Figura 2:** Tensão de Escoamento.



**Figura 3:** Deformação Específica de Ruptura.



**Figura 4:** Módulo Elástico.

**Figura 5:** Resistência ao Impacto.

**Figura 5:** Estrutura do polipropileno envelada pela presença do alumínio e dos carbonatos

## Conclusões

Pode-se concluir que os resíduos de calcário Bege Bahia podem ser utilizados como carga mineral na produção de compósito de polipropileno, chegando-se a 50% em massa, capaz de gerar um piso. Além disso, é possível verificar que o aumento de carga não altera sua massa específica e o compósito apresenta alta resistência. Esse material mostrou bons resultados que podem estar relacionados diretamente com a durabilidade do produto e grande potencial para uso de piso gerador de energia elétrica, uma vez que aceitou o conjunto de pastilhas piezoelétricas, formando-se assim um sistema de 2 placas de pisos contendo resíduos com essas pastilhas no seu interior e a simples aplicação de força com os pés permitiu a geração de energia.

## Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro, ao Cetem e ao INT pela infraestrutura.

## Referências Bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10004/04, Resíduos Sólidos – Classificação, 2004.

[1] ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, Informe 11/2012, São Paulo, São Paulo (Brasil).

[2] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D792-13: Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement .

[3] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D256: Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics. Philadelphia: ASMT, 1993.

[4] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D792-13: Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement.

[5] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D790: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. Filadélfia: ASTM, 1984.

[6] MANO, E. B. Polímeros como Materiais de Engenharia. ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, Brasil,1991.