

APROVEITAMENTO DO RESÍDUO ORIUNDO DO CORTE DO MÁRMORE BEGE BAHIA NA PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

¹C. M. R. Arruda, ¹R. C.C. Ribeiro e ¹F. W. H. Vidal

¹. Coordenação de Apoio Tecnológico a Micro e Pequenas Empresas – CATE, Centro de Tecnologia Mineral – Cetem, Av. Pedro Calmon, 900, Ilha da Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ, cmarruda@cetem.gov.br, rcarlos@cetem.gov.br e fhollanda@cetem.gov.br

RESUMO

Os resíduos de serrarias do mármore Bege Bahia apresentam, geralmente, granulometria ultrafina e baixos teores de ferro e sílica, caracterizando-o com elevado potencial para aplicação como carga mineral, uma vez que não há necessidades de altos custos com seu beneficiamento. Baseado nisto, o objetivo deste trabalho foi aplicar esses resíduos como carga em materiais poliméricos. Dessa forma, foram processados compósitos constituídos de polipropileno e resíduo, que pôde ser incorporado em até 50%, em massa. Foram realizados ensaios mecânicos e de alterabilidade. Os resultados indicaram que a adição de apenas 20%, em massa, de resíduo foi capaz de reduzir a deformação de ruptura do compósito de 300% para 30% e aumentar a rigidez de 800 MPa para 1300 MPa. Os resultados de alterabilidade indicaram que os compósitos não sofreram alterações após exposição à névoa salina e SO₂. Tais resultados foram possíveis graças ao alto teor de cálcio (49%) e baixos teores de sílica (5%) e ferro (0,3%) deste tipo de resíduo. Sugere-se sua aplicação como mobiliário urbano e escolar, bem como na substituição de dormentes de madeiras.

Palavras-chave: resíduos de rochas, Bege Bahia, compósitos poliméricos.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Mármore Bege Bahia

O mármore Bege Bahia, como é conhecido comercialmente no setor de rochas ornamentais, é uma rocha calcária abundante na região do rio Salitre, que é tipificada na formação Caatinga, de ambiente continental, e provém de alterações de calcários de formação salitre (Ribeiro & Magalhães, 2003) (Magalhães, 2008).

A extração desse mármore se concentra no pólo industrial entre as cidades de Orolândia e Jacobina, e o desdobramento dos blocos ocorre em teares diamantados, além de se observar a utilização de talha-blocos para o aproveitamento de pequenos blocos para produção de ladrilhos (Vidal *et al.*, 2009).

1.2. Resíduos de Rochas Ornamentais

Segundo a ABIROCHAS (2009), o Brasil é o sexto produtor mundial de rochas ornamentais, com uma produção anual de cerca de oito milhões de toneladas, onde o parque industrial brasileiro é basicamente constituído de aproximadamente 1.600 teares de lâminas convencionais. Atrélada a essa produção observa-se a geração de uma quantidade significativa de resíduos grosseiros (casqueiros e sobras de chapas e ladrilhos) e de resíduos finos na forma de lama, geralmente composta por água, pó de rocha e algum abrasivo (granalha) (Silva, 1998). No caso do resíduo Bege Bahia não são detectados abrasivos visto que o processo é essencialmente em teares diamantados o que facilita sua aplicação como carga mineral (Vidal, 2009).

1.3. Cargas Minerais na Matriz Polimérica

A utilização de cargas minerais na indústria polimérica tem como objetivo a redução de custos para o setor, pois elas preenchem vazios de plásticos e borrachas, tornando viável sua produção. Com o aprimoramento do uso dessas técnicas, pode-se observar que, mais do que o simples enchimento, as cargas possibilitariam mudanças importantes nas propriedades dos materiais poliméricos, como o controle de densidade, melhoria nos efeitos óticos, controle da expansão térmica, retardamento de chama, modificações no que se refere às propriedades de condutividade térmica, resistência elétrica e susceptibilidade magnética, além de melhora de propriedades mecânicas, tais como a dureza e a resistência ao rasgo (Lima, 2007).

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi analisar as possíveis melhoras das propriedades do polipropileno com a incorporação de diferentes percentuais de finos da serragem do mármore Bege Bahia, visando a produção de compósitos de baixo custo que possam ser utilizados como mobiliário escolar e urbano ou dormentes.

3. EXPERIMENTAL

3.1. Origem dos Materiais

O PP apresenta índice de fluidez 2,16 Kg/230°C e densidade de 0,903 g/cm³ e foi fornecido pelo Instituto Nacional de Tecnologia - INT. Já o resíduo é oriundo da lavra do mármore Bege Bahia, da cidade de Ouroândia – BA, que foi peneirado até a obtenção de uma granulometria inferior a 0,037 mm.

3.2 Análise Química do Resíduo

A determinação da composição do resíduo foi realizada pela coordenação de análises minerais (COAM) do CETEM.

3.3 Processamento do Compósito

O processamento dos compósitos foi realizado por meio da extrusora dupla-rosca modelo DCT 20, utilizando-se uma velocidade de 200 r.p.m., com zonas de temperaturas compreendidas entre 165°C e 230°C. Os teores de resíduo utilizados foram: 0, 5, 10, 20, 30, 40 e 50, em massa. Acoplada à extrusora, encontram-se uma calibradora com sistema de refrigeração e uma calandra, para resfriar uniformemente e puxar o material. Na Tabela 1 encontram-se as composições e nomenclaturas de cada um dos compósitos processados.

Tabela 1. Composição dos compósitos.

Composição	PP (g)	PP-MA (g)	Bege Bahia (%)	Irganox 1010 (g)
BB001	400	0	0	4
BB002	400	0	10	4
BB003	400	0	20	4
BB004	400	0	30	4
BB005	400	0	40	4
BB006	400	0	50	4
BB007	360	40	0	4
BB008	360	40	10	4
BB009	360	40	20	4
BB010	360	40	30	4
BB011	360	40	40	4
BB012	360	40	50	4

*PP-MA – Trata-se de um compatibilizante de Polipropileno grafitizado com anidrido maléico.

**Irganox – Trata-se de um anti-oxidante

3.5. Realização de Ensaio de Caracterização dos Compósitos

3.5.1. Determinação da Densidade

A densidade dos compósitos foi determinada segundo a norma ABNT 08/98 por meio da verificação da variação da água em uma proveta após a adição do compósito.

3.5.2. Comportamento Mecânico

O comportamento mecânico do compósito foi determinado por meio do ensaio de tração, utilizando-se uma máquina universal de ensaios mecânicos da marca Emic, modelo DL3000. O ensaio foi realizado de acordo com a norma ASTM D 638, a temperatura de 23 °C e velocidade de 50mm/min.

3.6. Realização de Ensaio de Alterabilidade

3.6.1. Ensaio de Exposição à Névoa Salina (ABNT/NBR 8094/83)

Para o ensaio de exposição à névoa salina, os compósitos foram pesados e mediu-se sua cor. Após esta etapa, os mesmos foram condicionados em câmara sob a ação de spray salino por 6 h e secagem por 12 h, totalizando 18 h (1 ciclo). Durante o ciclo, a temperatura da câmara climática foi mantida em (40 ± 5) °C. Passados 30 ciclos, os corpos-de-prova foram pesados e observaram-se alterações visuais.

3.6.2. Ensaio de Exposição ao SO₂ (ABNT/ NBR 8096/83)

Inicialmente procedeu-se a lavagem e secagem dos compósitos em estufa por 24 h à 70°C, pesou-se e realizou-se a verificação da cor. Os mesmos foram colocados na câmara, suspensos e atrelados aos suportes por meio de fios de nylon, ajustou-se a temperatura para 40°C e adicionou-se o SO₂. Devido a presença de água na câmara, há formação de um ambiente ácido, capaz de atacar os compósitos e simular o efeito da chuva ácida. Os compósitos ficaram em exposição a este ambiente durante 8 h. Passado este tempo, desligou-se o aparelho, abriu-se a câmara para ventilação do seu interior, permanecendo, assim, por 16 h.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Processamento do Compósito de Polipropileno e Mármore Bege Bahia

A Figura 1 apresenta os perfis de fita obtidos no processamento dos compósitos por extrusão, onde se verificou que foi possível a realização do processamento com até 50%, em massa, do resíduo Bege Bahia.



Figura 1. Corpos de prova ordenados segundo sua composição (%) de resíduo.

4.2. Análise Química

A análise química indicou que o principal elemento do resíduo é o cálcio (48,85%), sendo encontrado naturalmente como carbonato de cálcio e que os teores de sílica (5,13%) e óxidos de ferro (0,34%) são extremamente baixos, caracterizando a alta qualidade do resíduo para aplicação como carga mineral. Tal fato está relacionado com o processo de desdobramento das placas, que não utiliza granalha, daí o baixo valor de ferro e da composição da rocha, que apresenta pequeno teor de sílica. No entanto, esse dois elementos, que geralmente oneram as práticas de beneficiamento de alguns resíduos, estão em concentrações muito baixas, caracterizando a viabilidade de utilização desse resíduo, rico em cálcio, como carga no setor polimérico.

4.3. Realização de Ensaios de Caracterização dos Compósitos

4.3.1. Determinação da Densidade

Na Figura 2 estão apresentados os resultados de densidade dos compósitos em estudo. Os valores de densidade determinados para o PP puro (BB 001 e BB007) foi em torno de 0,9 g/mL, compatível com o valor da literatura, 0,920 g/mL (Mano, 1991). Observou-se também que após a adição de 20% em massa de resíduo Bege Bahia houve um aumento considerável na densidade, chegando-se a valores em torno de 1,7 g/mL, indicando o efeito da carga mineral na matriz polimérica.

4.3.2. Comportamento Mecânico

Na figura 3 verifica-se a tensão de escoamento dos compósitos gerados. A tensão de escoamento é a tensão máxima que o material suporta ainda no regime elástico de deformação. Dessa forma, verifica-se que o aumento do percentual de carga mineral na matriz polimérica é capaz de diminuir a tensão de escoamento, indicando que a presença dessa carga é responsável em fazer com que os compósitos suportem menos tensão, como se observa nos compósitos BB002 à BB 006, onde a tensão diminui de 32 MPa para 26 MPa. No entanto, quando se verificam os valores de tensão dos compósitos que apresentam o compatibilizante PP-MA (BB007 a BB012) observa-se que o aumento de

carga mineral não é capaz de diminuir essa tensão indicando a boa atuação do compatibilizante (PP-MA) entre a carga mineral e o polímero.

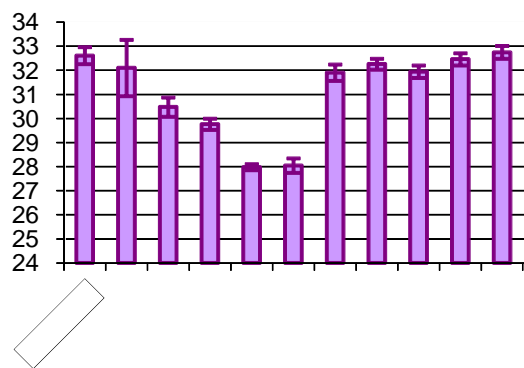
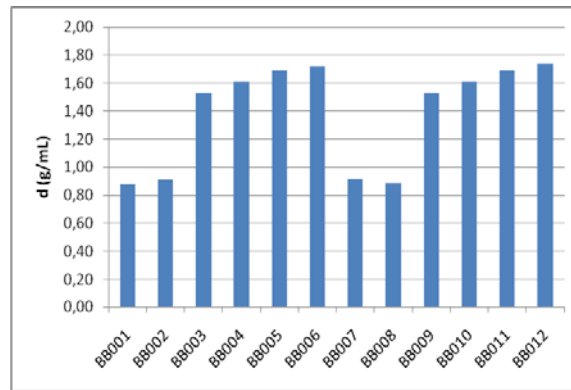


Figura 2. Densidade (g.mL⁻¹) dos compósitos. Figura 3. Tensão de Escoamento dos compósitos.

Na figura 4 observa-se que a deformação específica na ruptura do polipropileno isento de carga mineral é alta, chegando-se a valores em torno de 300% para o BB001 e 350% para o BB007. Verifica-se também que a adição do resíduo é responsável pela estabilização mecânica do material, uma vez que a deformação específica diminui gradativamente, chegando-se a valores em torno de 10% para os compósitos que apresentavam 50%, em massa de resíduo, que são BB006 e BB012. A atuação benéfica do compatibilizante PP-MA pode ser verificada já nos compósitos contendo 20%, em massa de resíduo (BB009), que apresentaram uma diminuição mais significativa na deformação da ruptura, se comparada ao compósito com o mesmo percentual de resíduo, porém sem a presença do compatibilizante (BB003). A função do compatibilizante é facilitar a interação entre a carga mineral e o polímero, e isso pôde ser verificado nos compósitos que o apresentava em sua composição.

Na figura 5 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. Dessa forma, verifica-se que os materiais de polipropileno isentos de carga mineral (BB001 e BB007) apresentam os menores valores de módulo de elasticidade, em torno de 800MPa, e que a adição de carga é capaz de aumentar esse valor para 1300MPa para todos os compósitos, indicando o aumento de rigidez do material sólido.

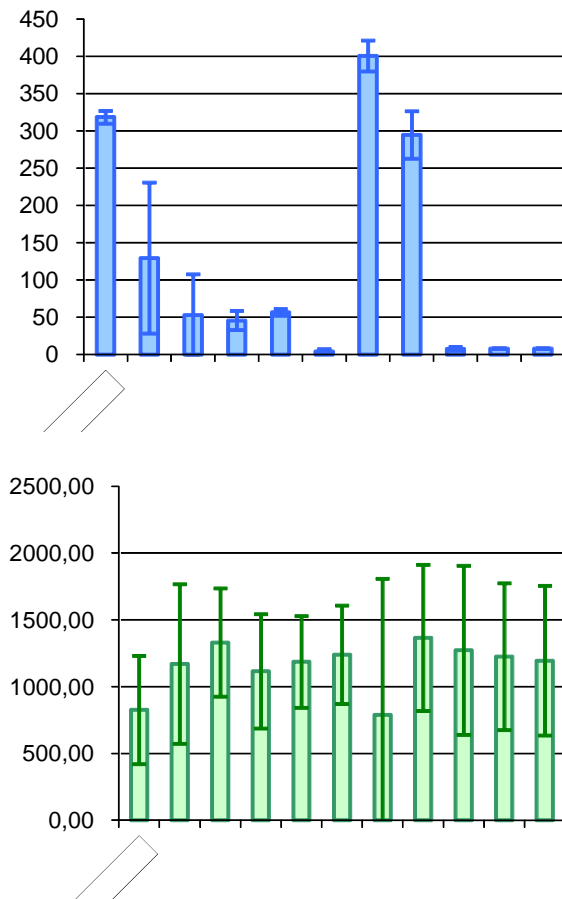


Figura 4 Deformação de ruptura (%) dos compósitos. Figura 5. Módulo Elástico (MPa) dos compósitos.

4.4. Realização de Ensaios de Alterabilidade

Após a exposição dos compósitos às câmaras de névoa salina e SO_2 , não houve alteração visivelmente significativa em termos de cor, textura, peso e brilho.

5. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o resíduo do mármore Bege Bahia pode ser utilizado como carga mineral na produção de compósito de polipropileno, chegando-se a 50% em massa, e que o emprego do compatibilizante contribui muito para a melhora do potencial mecânico do material. Além disso, produziu-se um material com elevada resistência

mecânica e estável ação de intemperismo como salinidade e chuva ácida. Dessa forma, recomenda-se seu uso em mobiliários escolares, urbanos e até mesmo em substituição de dormentes das linhas ferroviárias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIRROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, Informe 18/2009, São Paulo, São Paulo (Brasil).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8094/83**: Ensaio de Corrosão por Exposição à Névoa Salina. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8096/83**. Ensaio de Corrosão por Exposição ao Dióxido de Enxofre. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

LIMA, A. B. T., **Aplicações de Cargas Minerais em polímeros**. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Universidade de São Paulo, São Paulo (Brasil). 2007.

MAGALHÃES, A.C.F. Mármore Bege Bahia: dos tempos pretéritos ao panorama atual. **III Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais – VI Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, Natal-RN, 2008.

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

RIBEIRO, A. F. e MAGALHÃES, A. C. F. Caracterização Geológica-Econômico do Mármore Bege Bahia. **IV Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste**, Fortaleza – CE, 2003. p. 63-67.

SILVA, S. A. C., **Caracterização do Resíduo da Serragem de Blocos de Granito: Estudo do Potencial de Aplicação na Fabricação de Argamassa de Assentamento e de Tijolos de Solo-Cimento**. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. 1998.

VIDAL, F. W. H., RIBEIRO, L. D., ALVES, E., BARRETO, E., PINHO, R., **Apoio técnico ao arranjo produtivo do mármore Bege-Bahia**. Relatório de Andamento de Realizações, Salvador – BA, 2009.