

Aplicação de resíduos oriundos do corte de mármore na matriz do polipropileno




























Larissa Ribeiro de Souza¹; Roberto Carlos da Conceição Ribeiro¹;
Regina Coeli Casseres Carrisso¹

RESUMO

Com o intuito de equacionar o contínuo desenvolvimento do setor de rochas ornamentais e sua crescente geração de resíduos desenvolveu-se um material constituído por polipropileno e resíduos de mármore. Constatou-se que houve uma distribuição homogênea das partículas de mármore, ocorreu um aumento na resistência ao impacto proporcional ao teor de resíduo, os compósitos são hidrofóbicos e a degradação dos mesmos ocorre a 450°C. Certificou-se que o material com 60% de resíduo possui a maior capacidade de armazenar energia sob variação térmica e a temperatura de fusão dos compósitos aumentou de acordo com o teor de resíduo. Ficou estabelecido que o resíduo de mármore fornece tanto estabilidade térmica quanto mecânica ao compósito.

INTRODUÇÃO

A produção mundial de rochas para ornamentação e revestimento atinge a ordem de 92,7Mt/ano. A China, Índia, Itália, Brasil, Irã, Turquia e Espanha, despontam respectivamente como os principais produtores e expressivos exportadores mundiais. Na produção nacional, os estados do Espírito Santo e Minas Gerais respondem por 70% a 75% dessa produção, respectivamente. O consumo aparente de 5,582 milhões de toneladas de rochas no Brasil, estimado em 2007, foi estimulado pelo expressivo crescimento do setor da construção civil, pela redução de taxas de juros e crescimento da oferta de crédito imobiliário (DNPM, 2009).

Esse crescimento vem acompanhado de uma enorme quantidade de resíduos gerados pela extração e estão contribuindo com diversos impactos ambientais, como o assoreamento de rios e a                            Os, afetando gravemente a flora e a fauna das regiões.

MÁRMORE

Os mármore são rochas metamórficas constituídas principalmente por calcita e/ou dolomita. No entanto, comercialmente, são entendidos como qualquer rocha carbonática, tanto de origem sedimentar (calcários e dolomitos), como metamórfica (FERREIRA & NUNES, 2007).

Segundo um estudo de Cid Chiodi feito em 2008, o mármore participou com 19% do consumo interno aparente brasileiro de rochas ornamentais. Ficando atrás somente do granito, o qual tem a parcela de 50% do total do consumo interno.

A escolha do mármore como objeto de estudo, baseou-se na escala de produção e no volume de resíduos gerados. De acordo com o Departamento Nacional de Produção Mineral, no ano de 2007, a produção brasileira total de rochas ornamentais e de revestimento foi de 7.971.000 toneladas. Considera-se que 30% dessa quantidade finaliza-se em forma de resíduo, ou seja, só

¹ Bolsista de Iniciação Científica, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ/COPPE/DMM,
lrsouza@metalmat.ufrj.br

no ano de 2008 foram geradas 2.391.300 toneladas de resíduos aproximadamente. É urgente o desenvolvimento de um plano que viabilize a coerência entre a produção de rochas ornamentais e os impactos causados na natureza.

POLIPROPILENO

Foi escolhido o polipropileno para fazer parte do compósito, pois de acordo com a CMAI (2009), o PP é um dos plásticos de menores custos do mercado, como pode se verificar na Figura 1. Além de possuir boas características para fazer parte de um compósito como fácil usinagem, regular resistência ao atrito, boa estabilidade térmica, alta resistência ao entalhe, o mais leve dos plásticos, baixa absorção de umidade e significativa resistência ao impacto (VICK, 2009).

Cargas em Polímeros

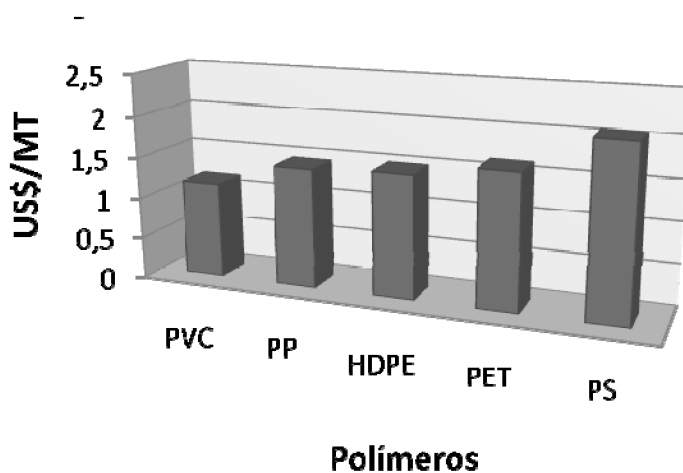


Figura 1 - Preços dos polímeros do ano de 2009 (Fonte: CMAI, 2009)

Segundo Rabello (2000), com a crise do petróleo nos anos 60 e 70 os materiais poliméricos atingiram preços exorbitantes. Para reduzir um pouco os custos de fabricação, os fabricantes de peças adotaram um procedimento antigo como meio de viabilização econômica: o uso de cargas minerais de baixo custo como aditivos em plásticos e borrachas com fins não reforçantes. A necessidade despertou um maior interesse pelo uso técnico de cargas, levando a grandes desenvolvimentos nesta área, de modo que hoje as cargas se constituem no aditivo mais empregado (em termos percentuais de consumo) nos plásticos. Dentre as cargas utilizadas encontram-se: o calcário (calcita, dolomita), o filito, a mica (muscovita, flogopita, biotita), sílica (quartzo, zeólita), talco, pirofilita (agalmatolito), gesso, barita, wolastonita, esmectita (bentonita, montmorilonita, hectorita, saponita) e ilita. A visão de servir apenas como enchimento ficou ultrapassada, pela possibilidade de grandes alterações nas propriedades dos materiais caso sejam adicionadas cargas corretas em concentrações apropriadas.

As cargas minerais têm sido utilizadas em misturas com os mais variados tipos de polímeros, misturas estas, chamadas de compósitos, com a finalidade de barateamento de custos e, mais particularmente, porque agregam melhorias das características físicas e químicas das peças fabricadas.

As indústrias químicas fabricantes de polímeros têm procurado desenvolver novos tipos de polímeros. A disputa torna-se acirrada pelo grande mercado consumidor que existe. As empresas tentam, então, atender as mais diversas necessidades de tipos e características físicas e

químicas dos materiais e peças fabricados pelas indústrias consumidoras. No Brasil as cargas minerais ainda são utilizadas pelas indústrias, na sua maioria, em misturas com os polímeros.

O entendimento das propriedades intrínsecas das cargas minerais e dos polímeros, da influência da tensão superficial na interação entre eles, o desenvolvimento de novos equipamentos de medida da tensão superficial, o desenvolvimento de agentes de tratamento superficial visando melhorar a compatibilidade de energia entre a carga mineral e o polímero, tudo isso tem contribuído para uma melhor compreensão e previsão das propriedades de compósitos e nanocompósitos. Várias pesquisas têm sido desenvolvidas nesta direção, cujo intuito principal é o de comparar o efeito do uso, em polímeros, de cargas minerais diversas, tratadas e não tratadas superficialmente com agentes químicos como silanos e ácidos graxos. As características físicas e químicas dos produtos destas misturas, como alongamento, tensão de ruptura, deformações ao calor, etc, são medidas e definidas, constatando-se modificações nestas propriedades quando comparadas com as mesmas propriedades para os polímeros puros (LIMA, 2007).

Uma pesquisa bibliográfica foi realizada e foram encontrados alguns trabalhos nessa área.

Tawfik e Eskander, por exemplo, desenvolveram um concreto polimérico constituído por mármore e politereftalato de etileno (PET) reciclado. Eles investigaram a resistência a ataques químicos desse compósito e comprovaram uma ótima resistência a uma solução com 20% Na_2CO_3 . Juntamente, por meio de ensaios, observaram que o compósito com PET reciclado possui maior elasticidade quando comparado ao compósito com PET virgem.

Hristova, Valeva e Ivanova desenvolveram um compósito feito de poliéster (PE) e mármore. Eles verificaram que conforme aumenta a quantidade de carga mineral aumenta a resistência a deformação elástica do compósito.

OBJETIVO

Caracterizar morfológicamente, mecanicamente e termicamente compósitos formados por polipropileno e resíduos de mármore.

EXPERIMENTAL

Origem dos Materiais

O termoplástico polipropileno, tipo 0810, de índice de fluidez 12,0 g/10 min (2,16 Kg/230°C) e densidade de 0,903 g/cm³ foi gentilmente fornecido pela empresa Ipiranga Petroquímica S.A.

O resíduo utilizado possui granulometria inferior a 0,037 mm e é oriundo de uma serraria da cidade de Cachoeiro de Itapemirim, estado do Espírito Santo.

Sintetização

As condições iniciais para a extrusão dos compósitos, podem ser encontradas em Souza *et al* (2008).

No presente trabalho, foram estudados compósitos com teores de 0 a 70% em massa de resíduos de mármore. Utilizou-se a nomenclatura “PPM + teor de mármore” para distinguir cada compósito. Os compósitos também foram pigmentados com sais inorgânicos para facilitar sua identificação.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As morfologias foram estudadas pelo microscópio da marca LEO modelo S440, com aceleração de voltagem de 20 KV. Os compósitos foram revestidos por uma camada nanométrica de prata,

limpos com jatos de ar e suas seções transversais foram analisadas com ampliações de 2500 e 5000 vezes o seu tamanho.

Foram também analisados os compósitos pós-ensaio de impacto Izod, realizado em Souza *et al* (2008), para se observar possível desprendimento de partículas. As amostras foram metalizadas com ouro sob plasma de argônio. O microscópio eletrônico utilizado foi da marca FEI, modelo QUANTA 400 e voltagem de 20 KV.

Ensaio de Impacto Izod a 23°C

Foram entalhados 10 corpos-de-prova de cada composição e a partir da mediana dos resultados de energia cinética absorvida, obteve-se o módulo de impacto de cada compósito. O ensaio foi realizado em um equipamento da marca Ceast, modelo Resil Impactor Das 4000, seguindo a norma ASTM D256, utilizando um martelo de 2J.

Ângulo de Contato

Para verificar a hidrofobicidade, foram feitas 30 medidas do ângulo de contato, cada qual com um intervalo de 15 segundos da anterior, nos compósitos com 0, 20, 40 e 60% de resíduos de mármore. As medidas registradas são as médias do ângulo de contato de cada lado da gota d'água, a qual com 0,2 microlitros de volume. O goniômetro utilizado é da marca Ramé-Hart Instrument Co., modelo 500-F1.

Análises Termodiferencial (ATD) e Termogravimétrica (ATG)

O comportamento térmico dos materiais foi analisado pelo equipamento da TA Instruments, modelo DSC 2920. As análises de ATD e ATG foram feitas simultaneamente. As amostras, que pesavam entre 5 e 8 mg, foram postas em um cadinho de platina. A amostra de referência foi a alumina (Al_2O_3). Analisou-se o comportamento térmico dos compósitos no intervalo de temperatura de 0 a 800°C a 10°C/min, sob uma atmosfera de nitrogênio com uma vazão de 110 mL/min.

Análise Dinâmico-Mecânica (DMA)

A análise de DMA verifica o comportamento mecânico do material sob uma variação de temperatura. O ensaio foi executado no modo flexão, sob uma atmosfera de nitrogênio. As amostras pesavam em torno de 5 mg. Inicialmente, as amostras ficaram por 1 minuto sob a temperatura de -25°C, em seguida, sofreram um aquecimento até 160°C, a 3°C/min. O equipamento empregado é da marca PerkinElmer Instruments, modelo DMA 7e (*Dynamic Mechanical Analyser*).

Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)

Por esse ensaio, foi possível obter as temperaturas de fusão dos compósitos. O equipamento utilizado foi da marca Perkin Elmer Instruments, modelo Pyris Diamond DSC. O cadinho era de alumínio. Seguiu-se o seguinte procedimento:

Primeiro aquecimento (lento)

-80 a 220°C a 10°C/min

Primeiro resfriamento (rápido)

220 a -80°C a 200°C/min

Segundo aquecimento (lento)

-80 a 220°C a 10°C/min

Segundo resfriamento (lento)

220 a -80°C a 10°C/min

Terceiro aquecimento (lento)

-80 a 220°C a 10°C/min

Terceiro Resfriamento (lento)

220 a -80°C a 10°C/min

RESULTADOS

Processamento dos Compósitos

A Figura 2 apresenta os perfis de fita obtidos no processamento dos compósitos por extrusão, onde se verificou que foi possível a realização do processamento com até 60% em massa de resíduo, indicado pela fita verde clara. A tentativa de utilização de 70% em massa de resíduo na matriz do PP não foi realizada com sucesso, pois a extrusão desse compósito não permitiu a obtenção de uma fita com perfil homogêneo, limitando o teor de resíduo em 60% em massa. Isso se explica pelo alto teor de carga na matriz polimérica que dificultou o processamento do



Figura 2 - Corpos-de-prova (fitas) ordenados segundo sua composição de resíduo de mármore.

Análise Morfológica

Os pontos brilhantes da Figura 3 e os pontos pequenos esbranquiçados das outras figuras são os poros de ar, formados durante o processamento das fitas na extrusora. Analisando o conjunto das quatro fotos, percebe-se que não houve um aumento de poros com o aumento de carga mineral na matriz polimérica.

As micrografias dos compósitos, com porcentagem de mármore, demonstram variados tamanhos de partículas minerais. A explicação para as partículas maiores de 35 μm , pode ser um furo na peneira de 400 mesh utilizada no beneficiamento do mármore.

Observa-se que as partículas de mármore se distribuíram uniformemente no compósito, com ausência de agregações.

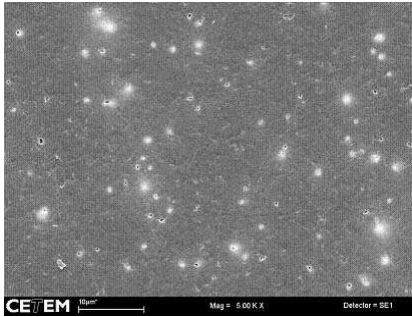


Figura 3 - PPM0 (5000X)

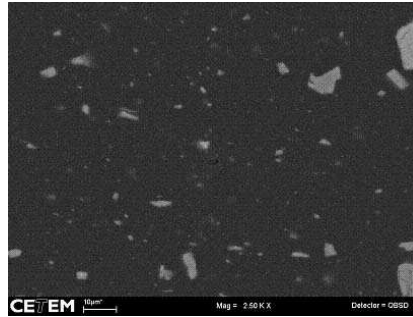


Figura 4 - PPM20 (2500X)

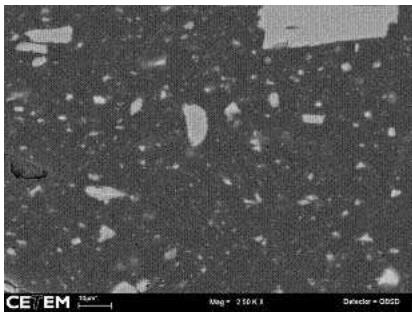


Figura 5 - PPM40 (2500X)

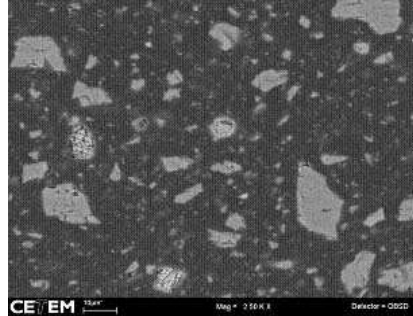


Figura 6 - PPM60 (2500X)

Ensaio de Impacto Izod a 23°C

Os resultados de resistência ao Impacto Izod à 23°C foram bastante satisfatórios, indicados pela Figura 7. O resultado mais considerável foi obtido com 50% de resíduo, o qual apresentou um aumento de mais de 300% na resistência ao impacto comparado ao PP puro. As análises de MEV estão de acordo com as elevadas resistências ao impacto. A adequada dispersão do resíduo de mármore na matriz polimérica, proporcionou uma boa interação entre as partículas de mármore e as cadeias de hidrocarbonetos. Baseando-se nesses resultados e em alguns artigos encontrados na literatura, como o trabalho de LING et al (2002), pode-se estabelecer que o resíduo de mármore atua contra a propagação da quebra do compósito.

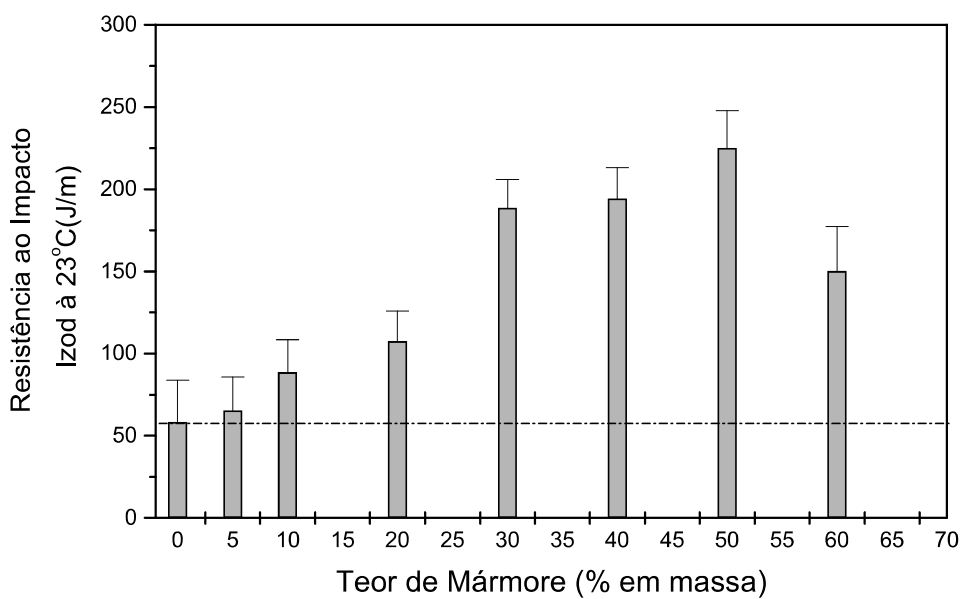


Figura 7 - Resistência ao Impacto Izod a 23 °C versus teor de resíduo de mármore.

Análise Morfológica Pós-Ensaio de Impacto Izod

A Figura 8 comprova a literatura estabelece (Callister, 2008), pela rugosidade da superfície, observa-se que ocorreu deformação elástica e plástica no polipropileno. Ou seja, ocorreu um alongamento das cadeias moleculares em regiões amorfas na direção da tensão de tração aplicada e em seguida, as cadeias adjacentes deslizaram uma em relação às outras.

Nas três figuras seguintes, apresentam-se vários buracos originados do desprendimento das partículas de mármore pós-“ataque” do pêndulo Izod. No entanto, a presença de partículas de mármore é maior do que o número de buracos, indicando boa interação entre o resíduo e o polímero. Essa satisfatória interação explica os bons resultados de resistência aos ensaios de flexão e impacto Izod, realizados em Souza *e al.* (2008).

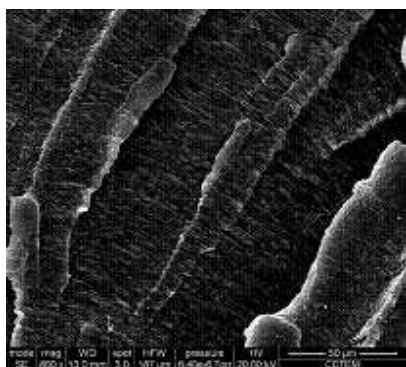


Figura 8 - PPM0 (800 X)

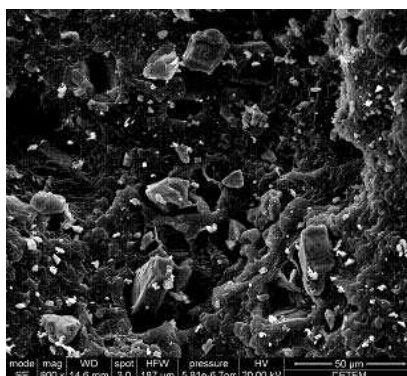


Figura 9 - PPM20 (800 X)

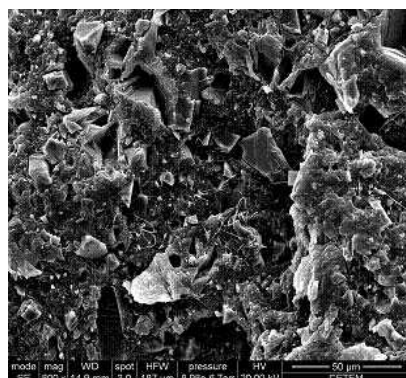


Figura 10 - PPM40 (800 X)

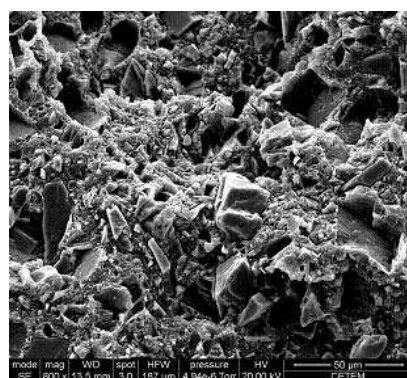


Figura 11 - PPM60 (800 X)

Ângulo de Contato

O polipropileno é um polímero hidrofóbico, repele a água, e o mármore é um mineral hidrofílico, ou seja, possui afinidade com a água. A união desses dois materiais criou superfícies hidrofóbicas. Os ângulos a partir dos quais as superfícies são consideradas hidrofóbicas variam segundo diversos autores. Van Oss & Geisel (1995), Santos (2005) e Valcarte et al. (2002) consideram hidrofóbicas superfícies com ângulos de contato $\theta > 50^\circ$, 60° e 65° , respectivamente. Os compósitos de resíduos de mármore e polipropileno apresentam comportamento hidrofóbico por qualquer um dos critérios citados anteriormente. Todos mantiveram seus ângulos de contato com a gota d'água (Figura 12) superior a média de hidrofobicidade levantada pelos autores, mesmo depois de um determinado tempo de exposição, como mostra a Figura 13.

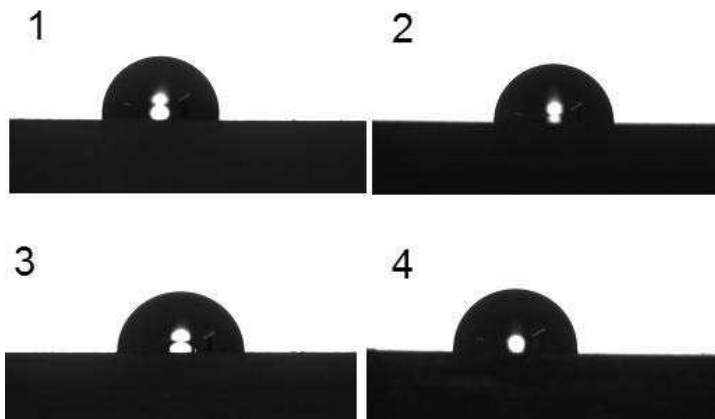


Figura 12 - Cinética de molhabilidade dos compósitos com 0, 20, 40 e 60% de resíduo de mármore.

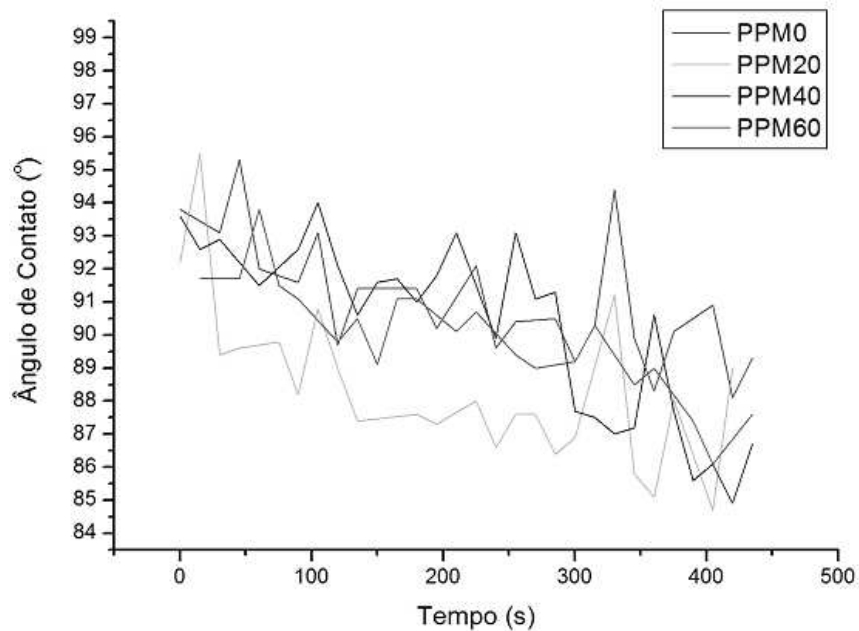


Figura 13 - Cinética de molhabilidade dos compósitos com 0, 20, 40 e 60% de resíduo de mármore.

Análise Termogravimétrica (ATG)

Por meio do gráfico de ATG (Figura 14), verifica-se que a temperatura de degradação dos compósitos inicia-se a 350°C aproximadamente. Comparando a curva do PPM0 com os outros compósitos, percebe-se que a carga mineral não exerce influência sob a temperatura de degradação do material, pois a mesma se manteve constante com o aumento de resíduo.

Segundo Visco *et al.* 2008), a degradação do mármore ocorre por volta de 700°C. O que explica a resultante das massas entre 500 e 600°C nas curvas de ATG ser equivalente ao teor de mármore presente no compósito.

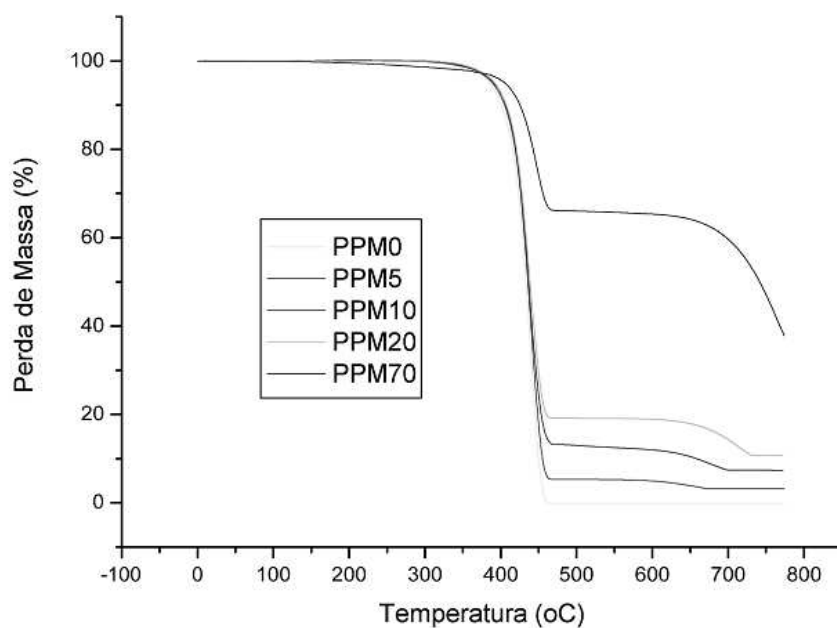


Figura 14 - Curvas termogravimétricas dos compósitos com 0, 5, 10, 20 e 70% de mármore.

Analisando Figura 15, que representa a curva da derivada da ATG (DTG). Por meio desta, é possível obter a temperatura para a velocidade máxima de degradação dos compósitos. Observa-se que a velocidade máxima de degradação do PPM70 procede a 446°C, enquanto que para o PPM0 ocorre a 436°C. Pode-se concluir que o resíduo aumenta a estabilidade térmica do material. Esses resultados estão de acordo com o trabalho de Dubkinova et al (2008) e as análises de MEV.

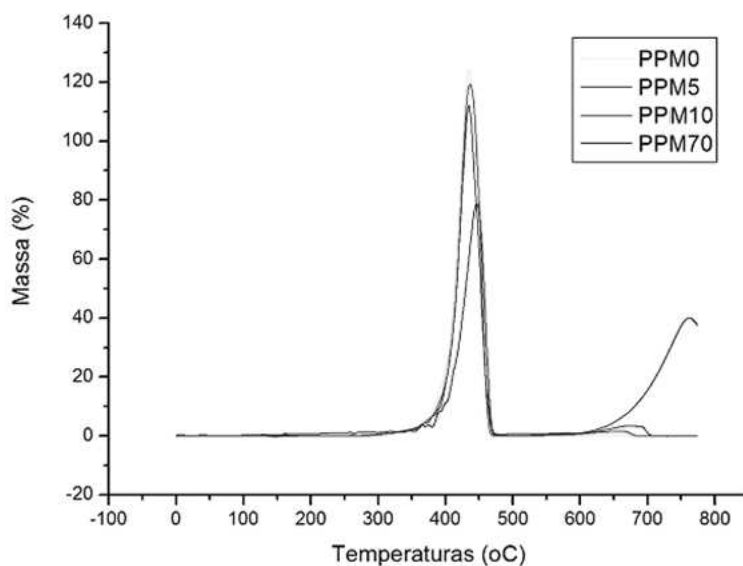


Figura 15 - Derivada da ATG (DTG) dos compósitos com 0, 5, 10, 20 e 70% de mármore.

Análise Dinâmico-Mecânica (DMA)

A DMA (Figura 16) revelou que as temperaturas de fusão não variaram significativamente entre os compósitos. No entanto, constatou-se que o PPM60 é o compósito com maior capacidade de absorção de energia. Concordando com os resultados de resistência ao impacto, vistos anteriormente. Não houve diferença entre as capacidade de absorver energia dos demais compósitos. Faz-se uma necessidade de realizar mais análises e trazer resultados estatísticos, para comprovação desses dados.

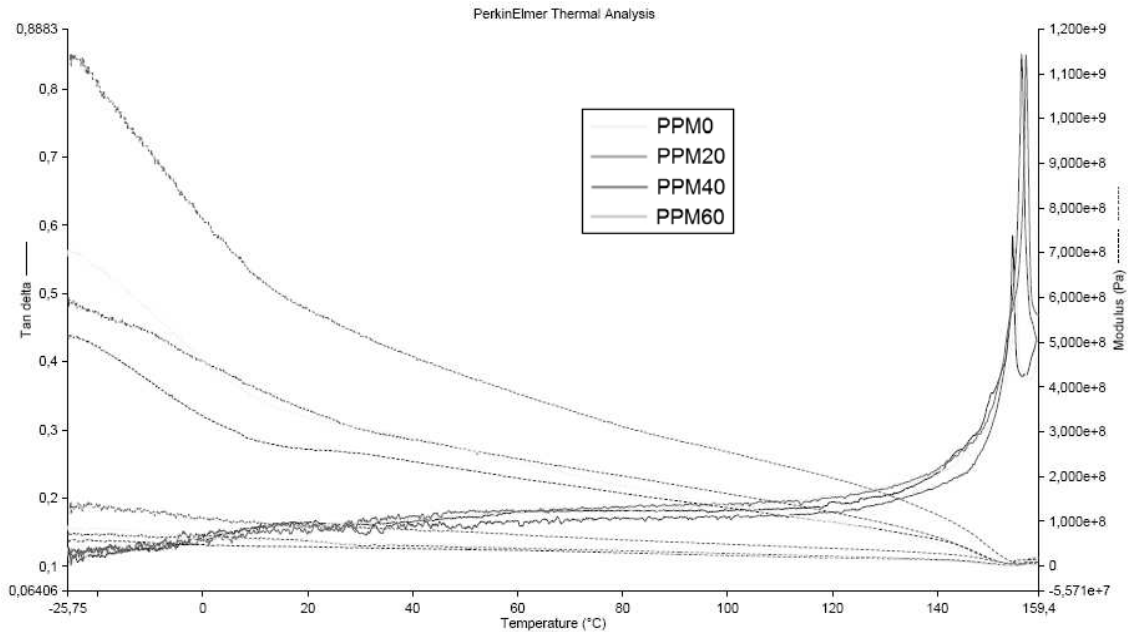


Figura 16 - Curvas de DMA dos compósitos com 0, 20, 40 e 60% de mármore.

Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC)

A temperatura de cristalização aumentou de 115,23°C (PPM0) para 129,05°C (PPM60). Essa diferença de mais de 10°C, significa que durante o resfriamento, apesar do compósito se encontrar em uma temperatura elevada (129,05°C), o que aumenta a mobilidade das cadeias de hidrocarbonetos, sua cristalização foi promovida. Esse fato sugere que as partículas de mármore exercem efeito nucleante durante a cristalização do polipropileno, Dubnikova et al e Weon & Sue tiveram conclusões semelhantes. Ou seja, proporcionam um aumento no número de cadeias de hidrocarbonetos do polipropileno organizadas regularmente. Isso corrobora as elevadas resistências mecânicas, comprovadas pelo ensaio de impacto. Houve um aumento na temperatura de fusão, indicando que as partículas minerais além de representarem estabilidade mecânica, também promovem uma maior estabilidade térmica para o compósito. As temperaturas citadas podem ser vistas na Tabela 1.

T 1 - Temperaturas de fusão dos compósitos

Compósitos	T _c (°C)	T _m (°C)
PPM0	115,23	160,09
PPM20	122,72	162,18
PPM40	122,95	162,82
PPM60	129,05	162,97

CONCLUSÕES

As partículas de resíduos de mármore se distribuíram uniformemente na matriz do polipropileno. Não houve formação de agregados. Os compósitos possuem uma elevada resistência ao impacto. Existe uma forte interação e uma ótima adesão entre as moléculas dos dois materiais. Os compósitos são hidrofóbicos. Até 350°C, os compósitos são resistentes, a partir dessa temperatura ocorrem suas degradações, a aproximadamente 450°C. Durante o resfriamento, a temperatura de cristalização aumentou, proporcionalmente, ao teor de resíduo no compósito, o que sugere que as partículas de mármore contribuem para a estabilidade mecânica do material. A temperatura de fusão aumentou de acordo com o teor de resíduo no compósito, sugerindo que as partículas de mármore promovem também a estabilidade térmica do compósito.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro. Ao CETEM pela infra-estrutura fornecida. À pesquisadora Léa Lopes (IMA-UFRJ), ao doutorando Jeremias Macedo (PEMM-UFRJ), às professoras Elizabete Lucas (IMA-UFRJ) e Verônica Maria de Araújo Calado (EQ-UFRJ), ao pesquisador Otávio Gomes (CETEM) e aos técnicos Rosana Gouvêa Maurício (EQ-UFRJ) e Luiz Carlos de Lima (CETEM).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D256: Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics. Philadelphia: ASMT, 1993.
- CALLISTER, W.D.J. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 7 ed. RJ, BRASIL: LTC, 2008, 398p.
- CHIODI, C.F. Balanço no Setor de Rochas Ornamentais em 2007. Texto elaborado para a ABIROCHAS – Associação Brasileira das Indústrias de Rochas Ornamentais. Belo Horizonte, 2008.
- CHEMICAL MARKET ASSOCIATES, INC. Market Report: Issue 137, Global Plastics & Polymers Market Advisory Service, Minnesota, EUA, 2009.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Sumário Mineral Brasileiro 2008: Rochas Ornamentais e de Revestimento. Brasília, DF, Jan. 2009. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=64>>. Acesso em: 27 jun. 2009.
- DUBNIKOVA, I.L., NIZHEGORODTSEVA, E.I., LOMAKIN S. M., KRASHENINNIKOV V. G., GORENBERG, A. YA. & KULEZNEV, V. N. Preparation and Characteristics of Composites Based on Polypropylene and Ultradispersed Calcium Carbonate. Polymer Science, ser.A, v.50, no12, p.1214–1225, 2008.
- FERREIRA, A. C. B. & NUNCES, E. C. D., Reaproveitamento e Incorporação de Resíduo de Mármore em Poliamida 66, Revista Eletrônica. São Bernardo do Campo, SP. Disponível em: <<http://revistaeletronica.sp.senai.br/index.php/seer/article/viewFile/89/50>>. Acesso em: 2 out. 2009.
- LIMA, A. B. T. Aplicações de Cargas Mineraias em Polímeros. São Paulo: Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Universidade de São Paulo, (Dissertação de Mestrado), 2007.
- LING, Z., ZHENGHUA, W., RUI, H., LIANGBIN, L. & XINYUAN, Z. PP/elastomer/calcium carbonate composites: effect of elastomer and calcium carbonate contents on the deformation and impact behavior. Journal Of Materials Science, v.37, p.2615 – 2621, 2002.
- RABELLO, M. Aditivacão de Polímeros. Editora Artliber. São Paulo, 2000.

- SANTOS, S.F. Análise de filmes poliméricos densos de ACC/PHANMCL por técnicas de DSC, DMA, XPS, ângulo de contato e AFM. Dissertação de M.Sc. em Física, PUC-RJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.
- SOUZA, L.R., RIBEIRO, R.C.C. & CARRISSO, R.C.C. Aplicação de Rejeitos Oriundos do Corte de Mármore como Carga na Indústria Polimérica. In: XVI Jornada de Iniciação Científica do CETEM. Rio de Janeiro, 2008.
- VALCARTE, M.B., BUSALMEN, J.P. & SÁNCHEZ, S.R. The influence of the surface condition on the adhesion of *pseudomonas fluorescens* (ATTCC 17552) to copper and aluminium brass. *Internacional Journal of Biodeterioration & Biodegradation*, v. 50, n. 1, pp. 61-66, 2002.
- VAN OSS, C.J. & GIESE, R.F. Hydrophilicity and hydrophobicity of clay minerals. *Clays and Clay Minerals*, v. 43, n. 4, pp. 474-477, 1995.
- VICK, Comércio de Plásticos e Isolantes Ltda. Plásticos de Engenharia – Polipropileno. Disponível em: <www.vick.com.br/vick/produtos/polipropileno/polipropileno.htm> . Acesso em: 7 de ago. De 2009.
- VISCO, G., GREGORI E., TOMASSETTI M. & CAMPANELLA L. Probably counterfeit in Roman Imperial Age: Pattern recognition helps diagnostic performed with inductive coupled plasma spectrometry and thermogravimetry analysis of torso and a head of Roman Age marble statue. *Microchemical Journal*, v.88, p.210-217, 2008.
- WEON, J.I. & SUE, H.J. Mechanical properties of talc and CaCO₃ reinforced high crystallinity polypropylene composites. *Journal of Materials Science*, v.41, p.2291-2300, 2006.