



**VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil**  
**August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil**

## **RESISTÊNCIA AO IMPACTO DE NANOCOMPÓSITOS OBTIDOS A PARTIR DE BLENDA POLIMÉRICAS COM MATRIZ DE PA6**

**Pankaj Agrawal, pankaj@ig.com.br<sup>1</sup>**  
**Edcleide M. Araújo, edcleide@dema.ufcg.edu.br<sup>1</sup>**  
**Tomás J. A. Mélo, tomas@dema.ufcg.edu.br<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia de Materiais - Universidade Federal de Campina Grande, , Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande – PB, 58429-900

**Resumo:** Neste trabalho, foi investigada a resistência ao impacto de nanocompósitos obtidos a partir de blendas de Poliamida 6 (PA6) e Polietileno de Alta Densidade (PEAD). Os nanocompósitos foram preparados em uma extrusora dupla rosca contra-rotacional a 240°C e velocidade das roscas de 50rpm. A composição das amostras foi de 100/03pvc para o sistema PA6/argila, 80/20/03pvc para o sistema PA6/compatibilizante/argila e 80/10/10/03pvc para o sistema PA6/compatibilizante/PEAD/argila. As amostras para os ensaios foram preparadas por injeção a 240°C. Os nanocompósitos foram caracterizados por Difração de Raios X (DRX) e resistência ao impacto Izod. Os resultados de DRX mostraram que quando a PA6 é misturada à argila organofílica, os picos da argila são deslocados para ângulos  $2\theta$  menores, o que corresponde a um aumento da distância interplanar basal  $d_{001}$ , indicando que houve a intercalação da PA6 entre as lamelas da argila. Os resultados também indicaram que os sistemas PA6/compatibilizante/argila e PA6/compatibilizante/PEAD/argila apresentaram estrutura predominantemente esfoliada. Os resultados de resistência ao impacto mostraram que os sistemas PA6/compatibilizante/argila e PA6/compatibilizante/PEAD/argila apresentaram resistência ao impacto superior ao do sistema PA6/argila e à da PA6.

**Palavras-chave:** Nanocompósitos, blendas poliméricas, resistência ao impacto

### **1. INTRODUÇÃO**

Com a crescente demanda mundial por novos materiais, as blendas poliméricas, misturas de dois ou mais polímeros, surgiram há pelo menos três décadas como uma alternativa à síntese de novos polímeros. Entretanto, como a maioria das blendas são incompatíveis devido à falta de afinidade química entre os seus componentes, é necessária a compatibilização. A compatibilização é realizada pela adição de um terceiro componente (compatibilizante) que dependendo da sua estrutura molecular poderá interagir fisicamente ou quimicamente com os componentes da blenda, neste último caso, formará um copolímero *in-situ*.

Já nos últimos anos os nanocompósitos poliméricos, compósitos onde o reforço exibe uma dimensão em escala nanométrica ( $10^{-9}$  m), têm despertado interesse tanto da indústria quanto do meio acadêmico, pois apresentam propriedades como elevado módulo, boa resistência mecânica, estabilidade térmica e dimensional, propriedades de barreira, e retardância de chama (Kashiwagi et al., 2004; Garcia-Lopez et al., 2005 ; Fedullo et al., 2007).

Os nanocompósitos de polímero/argila têm recebido grande atenção ultimamente, já que a argila é um material abundante na natureza e de baixo custo, além de proporcionar uma melhora significativa nas propriedades dos polímeros, mesmo em concentrações pequenas. Apesar de algumas propriedades como resistência à flexão e à tração serem melhoradas, certas propriedades como a resistência ao impacto são deterioradas com a incorporação da argila ao polímero. Uma possível solução para este problema é a obtenção de nanocompósitos a partir de blendas poliméricas compatibilizadas, combinando-se a elevada resistência ao impacto das blendas com as principais propriedades dos nanocompósitos.

O objetivo deste trabalho é avaliar a resistência ao impacto de nanocompósitos obtidos a partir de blendas poliméricas com matriz de Poliamida 6 (PA6).

## 2. EXPERIMENTAL

### 2.1. Materiais

A Poliamida 6 (PA6) C216 natural de média viscosidade foi fornecida pela Rhodia. O Polietileno de Alta Densidade (PEAD) JV060U, copolímero de buteno-1 de distribuição de peso molecular estreita e  $IF=7g/10min$ , foi fornecido pela Braskem. O compatibilizante Etileno- Acrilato de Metila – Metacrilato de Glicidila (EMA-GMA) Lotader AX8900, contendo 25% de ester e 8% de GMA e  $IF=6g/10min$ , foi fornecido pela Arkema. A argila organofílica Cloisite® 20A (CL20A) foi obtida da Southern Clay Products.

### 2.2. Métodos

#### 2.2.1. Preparação dos nanocompósitos

Os nanocompósitos foram preparados em extrusora dupla rosca contra-rotacional cônica, modelo TW 100, acoplada a um reômetro de Torque System 90 da Haake-Blucher a  $240^{\circ}C$  e velocidade das roscas de 50rpm. A composição das amostras foi de 100/03pcr para o sistema PA6/argila, 80/20/03pcr para o sistema PA6/compatibilizante/argila e 80/10/10/03pcr para o sistema PA6/compatibilizante/PEAD/argila. O material obtido foi granulado, seco sob vácuo por 24h e as amostras para os ensaios foram moldadas por injeção a  $240^{\circ}C$  em uma injetora FLUIDMEC H 30/40.

#### 2.2.2. Caracterização dos Nanocompósitos

Os Nanocompósitos foram caracterizados por Difração de Raios X (DRX) e Resistência ao Impacto Izod. Os ensaios de DRX foram realizados em um difratômetro de raios-X da marca Shimadzu (radiação  $Cu K\alpha$ ) operando na faixa de  $2\theta$  de  $1,5$  a  $30^{\circ}$  a uma taxa de  $2^{\circ}/min$ . Já os ensaios de resistência ao impacto IZOD foram realizados em corpos de prova entalhados, utilizando-se um equipamento do tipo RESIL 5,5 da CEAST e pêndulo de 2,75J, de acordo com a norma ASTM D 256, na temperatura ambiente. Os entalhes de 2,5 mm foram feitos em um entalhador NOTSCHVIS da CEAST. Os resultados foram obtidos a partir de uma média de 6 corpos de prova.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Difração de Raios X (DRX)

A DRX foi utilizada para investigar o grau de dispersão da argila nos polímeros. A Figura (1) ilustra o difratograma de raios x da argila organofílica Cloisite® 20A utilizada neste trabalho. Esta argila apresenta dois picos, sendo o primeiro um pico característico em  $2\theta \sim 7^{\circ}$  correspondente à distância interplanar basal ( $d_{001}$ ) de  $12,4 \text{ \AA}$ , referente à parte das lamelas de argila que não foram intercaladas pelo sal, e um segundo pico em  $2\theta \sim 3,6^{\circ}$ , e distância interplanar ( $d_{001}$ ) de  $24,5 \text{ \AA}$ , referente à parte das lamelas da argila que foram intercaladas pelo sal.

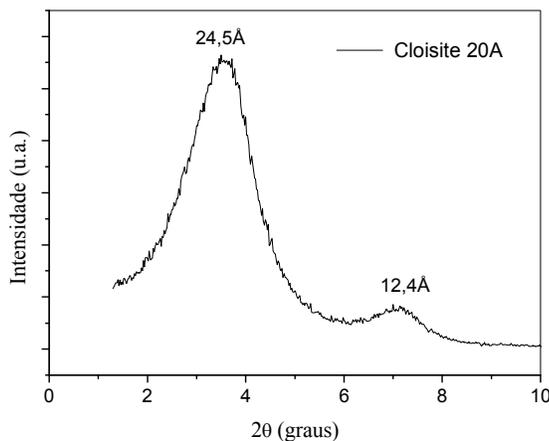


Figura 1. Difratograma de Raios X da argila Cloisite® 20A

A Figura (2) ilustra as curvas de DRX da PA6 e dos sistemas PA6/CL20A, PA6/Compatibilizante/CL20A e PA6/Compatibilizante/PEAD/CL20A. Observa-se que quando a argila organofílica CL20A é adicionada à PA6, há o deslocamento dos picos para ângulos menores, sendo o segundo deslocado do ângulo  $2\theta$  de  $\sim 3,6^{\circ}$  para  $\sim 2,5^{\circ}$  o que

corresponde a um aumento da distância interplanar basal  $d_{001}$  de 24,5 para 35,3 Å, o que indica que houve a intercalação das cadeias da PA6 na argila. O aparecimento do pico da argila indica que não houve uma boa dispersão da mesma na matriz de PA6. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Filippi et al. (2009). Quando o compatibilizante é adicionado ao sistema PA6/CL20A, há uma redução do pico referente à argila CL20A. Isto sugere que a presença do compatibilizante levou a uma maior dispersão da argila no polímero, e conseqüentemente, à formação de um nanocompósito com estrutura mista, ou seja, intercalada e esfoliada. Observa-se também que mesmo com a adição do PEAD ao sistema PA6/Compatibilizante/CL20A, nota-se uma redução do pico da argila, o que sugere que para o sistema PA6/Compatibilizante/PEAD/CL20A, houve também a formação de um nanocompósito com estrutura mista. Entretanto, informações sobre a real morfologia formada só poderá ser confirmada por meio da Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET).

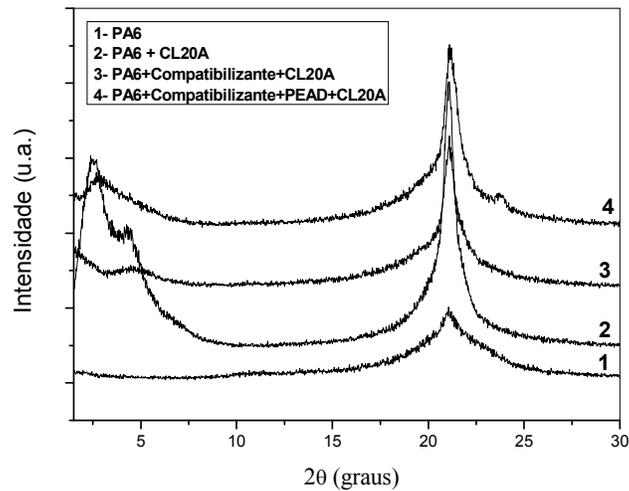


Figura 2. Difratograma de Raios X da PA6 e dos sistemas PA6/CL20A, PA6/Compatibilizante/CL20A e PA6/Compatibilizante/PEAD/CL20A.

A Figura (3) ilustra os gráficos de resistência ao impacto da PA6 e dos sistemas PA6/CL20A, PA6/Compatibilizante/CL20A e PA6/Compatibilizante/PEAD/CL20A. Observa-se que com a adição da argila CL20A à PA6, há uma redução da resistência ao impacto. Já a adição do compatibilizante no sistema PA6/CL20A leva a um aumento significativo na resistência ao impacto. Este aumento na resistência ao impacto pode estar relacionado à maior dispersão da argila na blenda compatibilizada, conforme observado por Difração de Raios X. A adição do PEAD ao sistema PA6/compatibilizante/argila leva a uma pequena redução da Resistência ao Impacto. Entretanto o valor ainda é superior ao da PA6 e ao do sistema PA6/CL20A.

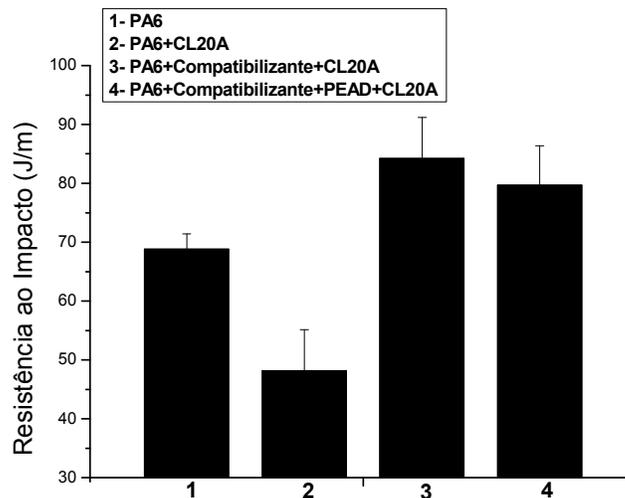


Figura 3. Resistência ao Impacto dos sistemas da PA6 e dos sistemas PA6/CL20A, PA6/Compatibilizante/CL20A e PA6/Compatibilizante/PEAD/CL20A.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados de DRX mostraram que quando a PA6 é misturada à argila organofílica, os picos da argila são deslocados para ângulos  $2\theta$  menores, o que corresponde a um aumento da distância interplanar basal  $d_{001}$ , indicando que houve a intercalação da PA6 entre as lamelas da argila. Os resultados também indicaram que os sistemas PA6/compatibilizante/argila e PA6/compatibilizante/PEAD/argila apresentaram maior dispersão da argila. Os resultados de resistência ao impacto mostraram que os sistemas PA6/compatibilizante/CL20A e PA6/compatibilizante/PEAD/CL20A apresentaram resistência ao impacto superior ao do sistema PA6/argila e à da PA6. Estes resultados são importantes em aplicações onde o requisito principal seja a resistência ao impacto.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Rhodia pela Poliamida 6, à Braskem pelo PEAD, à Arkema pelo compatibilizante e à CAPES pelo apoio financeiro. Aos financiadores de projetos que deram suporte a esta pesquisa: CNPq, CNPq/FAPESQ-PB, CNPq/Universal 2008, RENAMI/CNPq, Bolsa de Produtividade PQ-2/CNPq.

#### 6. REFERÊNCIAS

- Fedullo, N., Sorlier, E., Sclavons, M., Bailly, C., Lefebvre, J.M. and Devaux, J., 2007, "Polymer based nanocomposites: Overview, Applications and Perspectives", *Process in Organic Coatings*, Vol. 58, pp. 87-95.
- Filippi, S., Dintcheva, N.Tz., Scaffaro, R. and La Mantia, F.P., 2009, "Effects of organoclay on morphology and properties of nanocomposites based on LDPE/PA6 blends without and with SEBSgMA compatibilizer", *Polymer Engineering and Science*, Vol. 49, No. 6, pp. 1187-1197.
- Garcia-Lopéz, D., Gobernado-Mitre, I., Fernández, J.F., Merino, J.C. and Pastor, J.M., 2005, Influence of clay modification process in PA6-layered silicate nanocomposites", *Polymer*, Vol. 46, No 8., pp. 2758-2765.
- Kashiwagi, T., Harris Jr., R.H., Zhang, X., Briber, R.M., Cipriano, B.H., Rhagavan, S.R., Awad, W.H. and Shields, J. R., 2004, "Flame retardant mechanism of Polyamide 6-Clay nanocomposites", *Polymer*, Vol. 45, No 3. , pp. 881-891.

#### 7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.

Abstract

## IMPACT STRENGTH OF NANOCOMPOSITES OBTAINED FROM POLYMER BLENDS WITH PA6 MATRIX

Pankaj Agrawal, [pankaj@ig.com.br](mailto:pankaj@ig.com.br)<sup>1</sup>  
Edcleide M. Araújo, [edcleide@dema.ufcg.edu.br](mailto:edcleide@dema.ufcg.edu.br)<sup>1</sup>  
Tomás J. A. Mélo, [tomas@dema.ufcg.edu.br](mailto:tomas@dema.ufcg.edu.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia de Materiais - Universidade Federal de Campina Grande, , Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande – PB, 58429-900

In this work, the impact strength of the nanocomposites obtained from Polyamide (6) and High Density Polyethylene (HDPE) blends was investigated. The nanocomposites were prepared in a counter-rotating intermeshing twin screw extruder at 240°C and screw speed of 50rpm. The compositions of the samples were 100/03 phr for PA6/clay system, 80/20/03phr for PA6/compatibilizer/clay system and 80/10/10/03phr for PA6/compatibilizer/HDPE/clay system. The samples for testing were prepared by Injection molding at 240°C. The nanocomposites were characterized by X-Ray Diffraction (XRD) and Izod impact strength. XRD results showed that when PA6 is mixed with the organoclay, the clay peaks are shifted to lower  $2\theta$  angles, which corresponds to an increase in the  $d_{001}$  basal spacing, indicating that PA6 was intercalated between the clay platelets. The results also showed that an exfoliated structure was predominant for the PA6/compatibilizer/clay and PA6/compatibilizer/HDPE/clay systems. The impact strength of PA6/compatibilizer/clay and PA6/compatibilizer/HDPE/clay systems was greater than that of PA6 and PA6/clay system.

**Keywords:** Nanocomposites, polymer blends, nanocomposites.