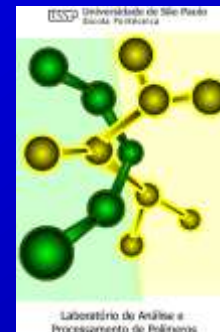




Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de
 Materiais
Laboratório de Análise e Processamento de Polímeros



BLENDAS COM ADIÇÃO DE NANOCARGAS: APLICAÇÕES EM PLÁSTICOS DE ENGENHARIA

Palestrantes: Dra. Ticiane S. Valera (ticiane.valera@poli.usp.br)

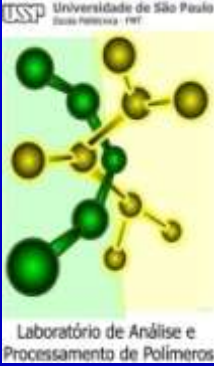
MSc. Douglas Morais (douglasmorais@usp.br)

Fábio Y. Sakata (fabiosakata438@gmail.com)

Plano

- Objetivo
- Introdução
- Materiais e Procedimento Experimental
- Resultados
- Conclusão

Objetivo



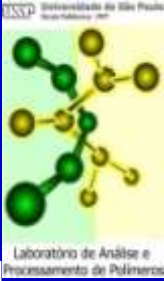
- ✓ Uso de borracha e nanocargas para tenacificar a **Poliamida-6**.
- ✓ Avaliar as propriedades das blendas e compósitos obtidos.
- ✓ Avaliar a morfologia dos materiais estudados.

Plano

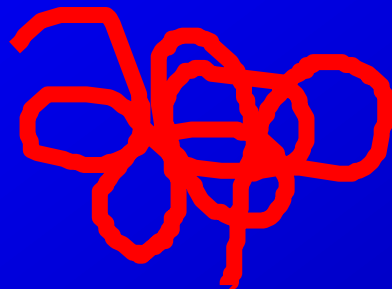
- Objetivo
- **Introdução**
- Materiais e Procedimento Experimental
- Resultados
- Conclusão

Misturas (Blendas) Poliméricas

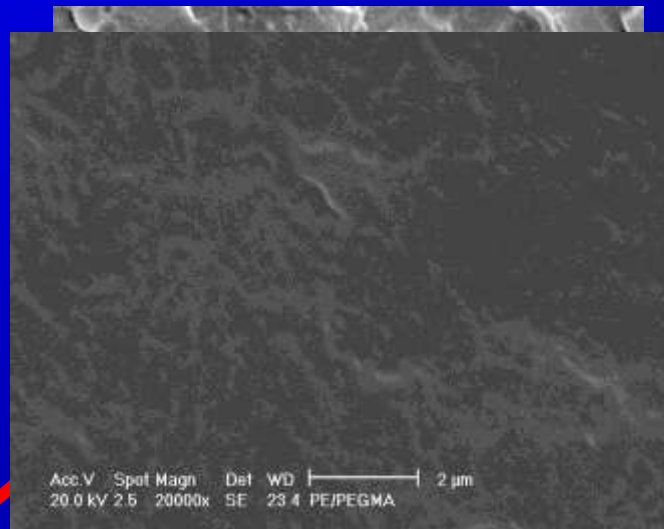
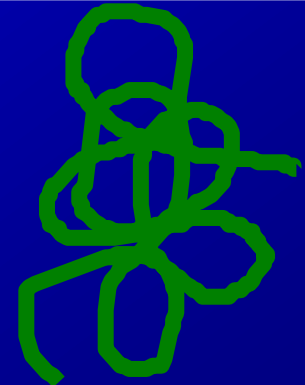
- ✓ Podem ser definidas como uma mistura física de dois ou mais polímeros ou copolímeros.
- ✓ Os polímeros formadores da mistura podem ser miscíveis ou imiscíveis.



Polímero A



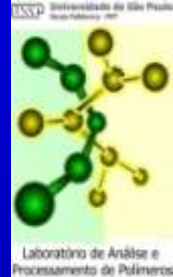
Polímero B



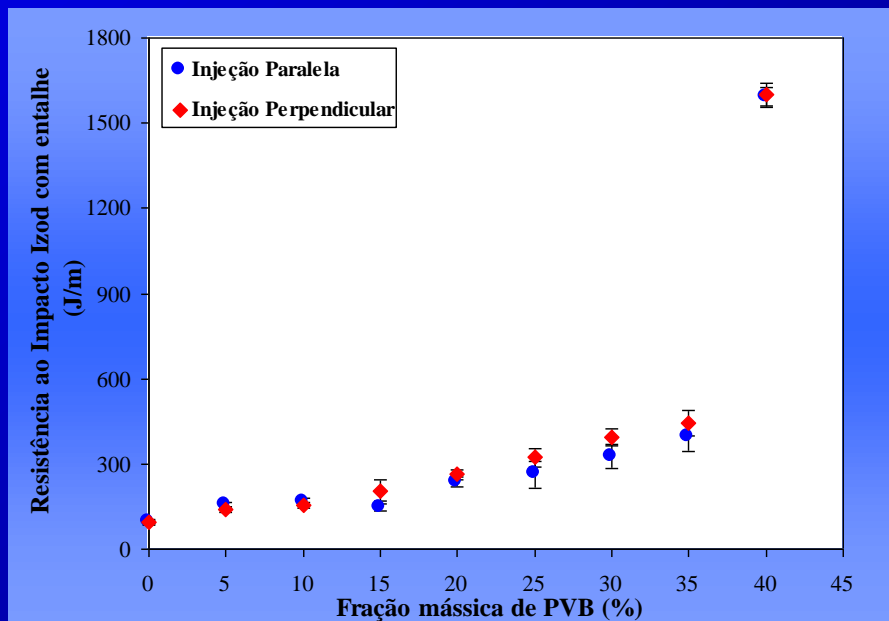
Fase dispersa

Fase matriz

Misturas (Blendas) Poliméricas

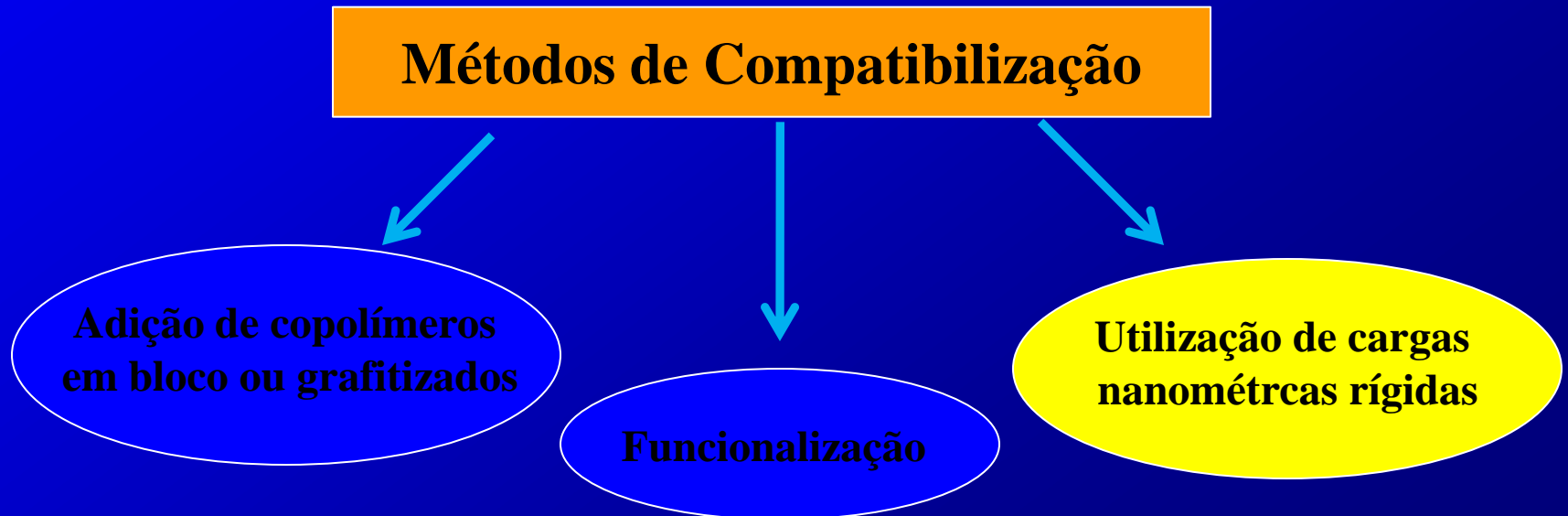


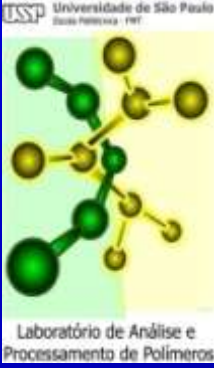
- ✓ As misturas compatíveis ou devidamente compatibilizadas apresentam uma combinação sinérgica das diferentes propriedades exibidas pelos materiais formadores.
- ✓ Como resultado desta combinação tem-se um novo material, com grande gama de aplicabilidade.



Compatibilização

- ✓ A compatibilização proporciona melhor adesão entre os componentes da mistura possibilitando a transferência de tensão entre as fases e, conseqüentemente, evitando que fenômenos de fratura ocorram na interface matriz/fase dispersa.

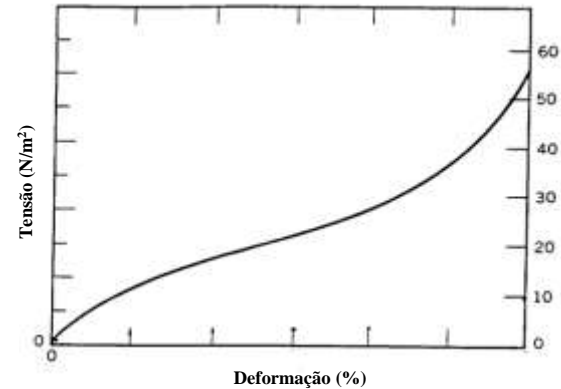
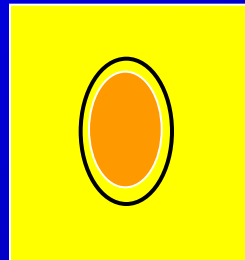
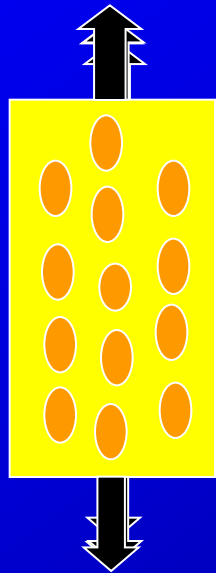




Polímeros Tenacificados com Borracha

- ✓ **Aumento na Tenacidade: Resistência ao Impacto (tenaz 5 J/m e super tenaz 500 J/m*)**
- ✓ **Tenacidade: energia absorvida pelo material quando sujeito a um esforço, por unidade de área ou de volume do material, para romper a energia de coesão entre as moléculas e formar uma nova superfície**
- ✓ **Mistura imiscível → matriz + borracha**
- ✓ **Borracha → agente tenacificante ou modificador de impacto**

Polímeros Tenacificados com Borracha



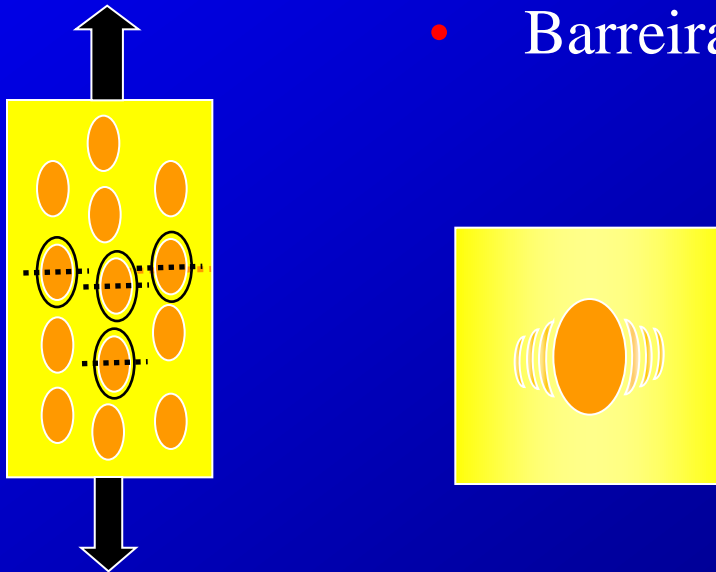
Mecanismo de falha:

- *Crazing* (multi-microfibrilamento)
- *Shear Yielding* (escoamento por cisalhamento)

Polímeros Tenacificados com Borracha

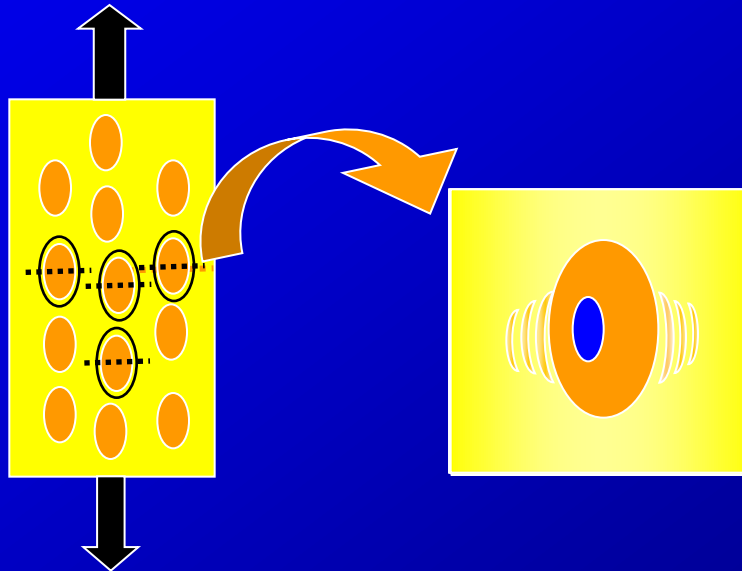
Shear yielding (escoamento por cisalhamento): extensivo escoamento da matriz polimérica e requer mobilidade dos segmentos das cadeias da matriz para que deformação plástica ocorra a nível molecular.

- Principal mecanismo de tenacificação
- Barreira para propagação de trincas

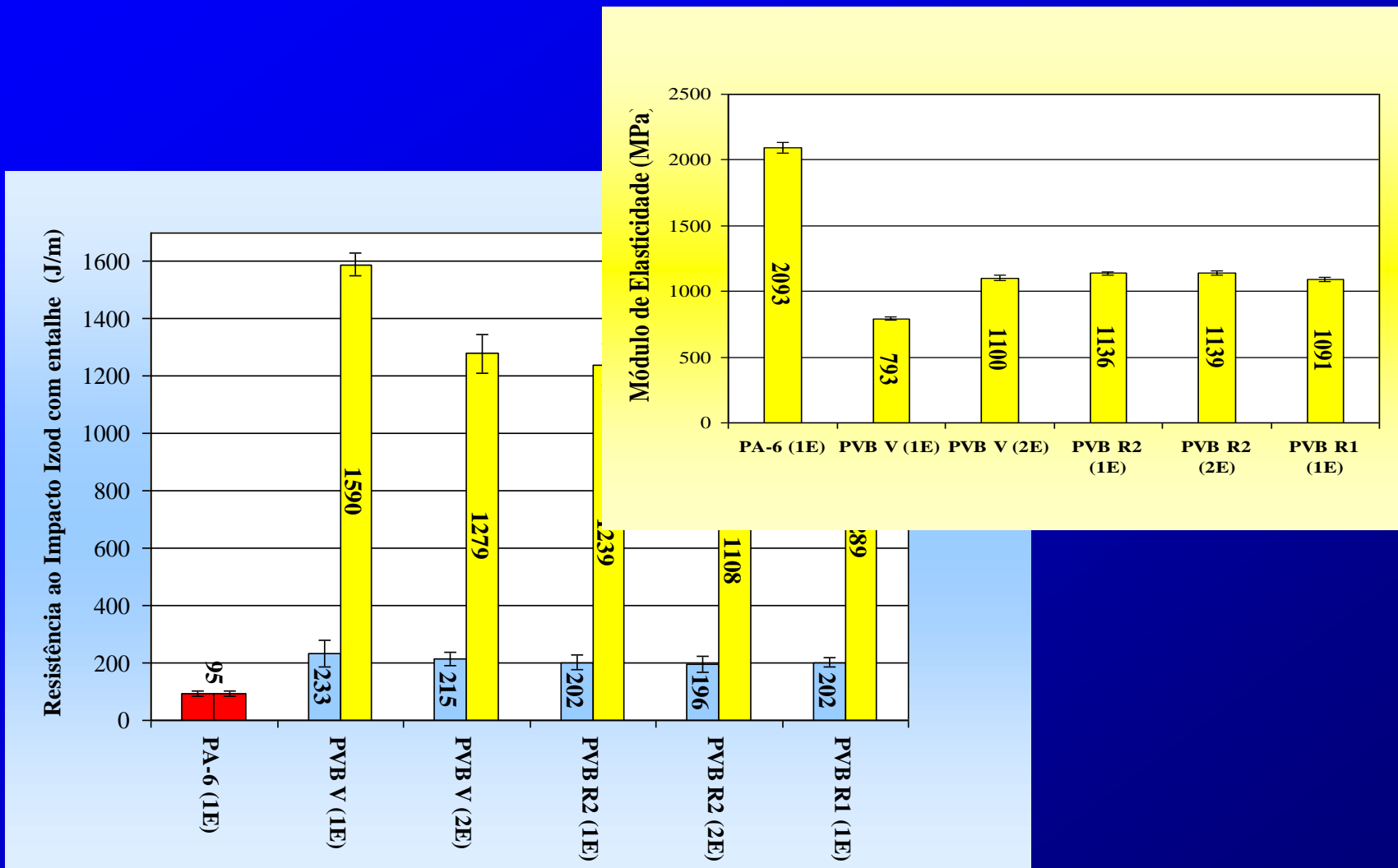
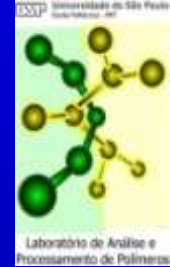


Polímeros Tenacificados com Borracha

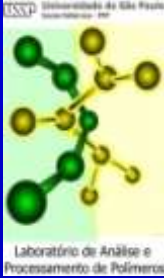
- ✓ A função das partículas de borracha era criar na matriz tensão triaxial suficiente na região próxima à interface, produzindo extensivo escoamento e estiramento.
- ✓ Escoamento por cisalhamento é constituído por cavitação das partículas de borracha, seguido por extensivo escoamento da matriz.



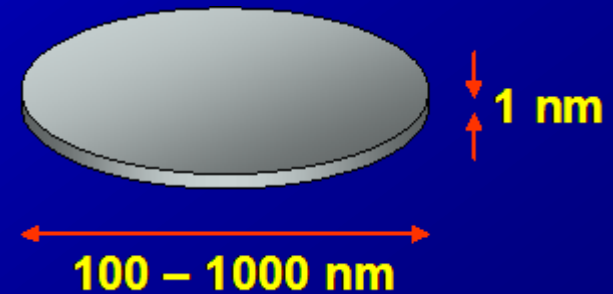
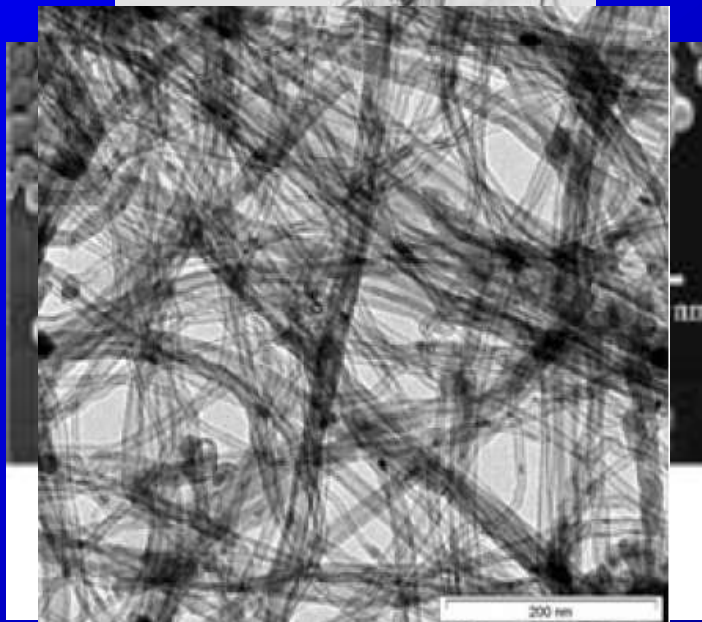
Polímeros Tenacificados com Borracha



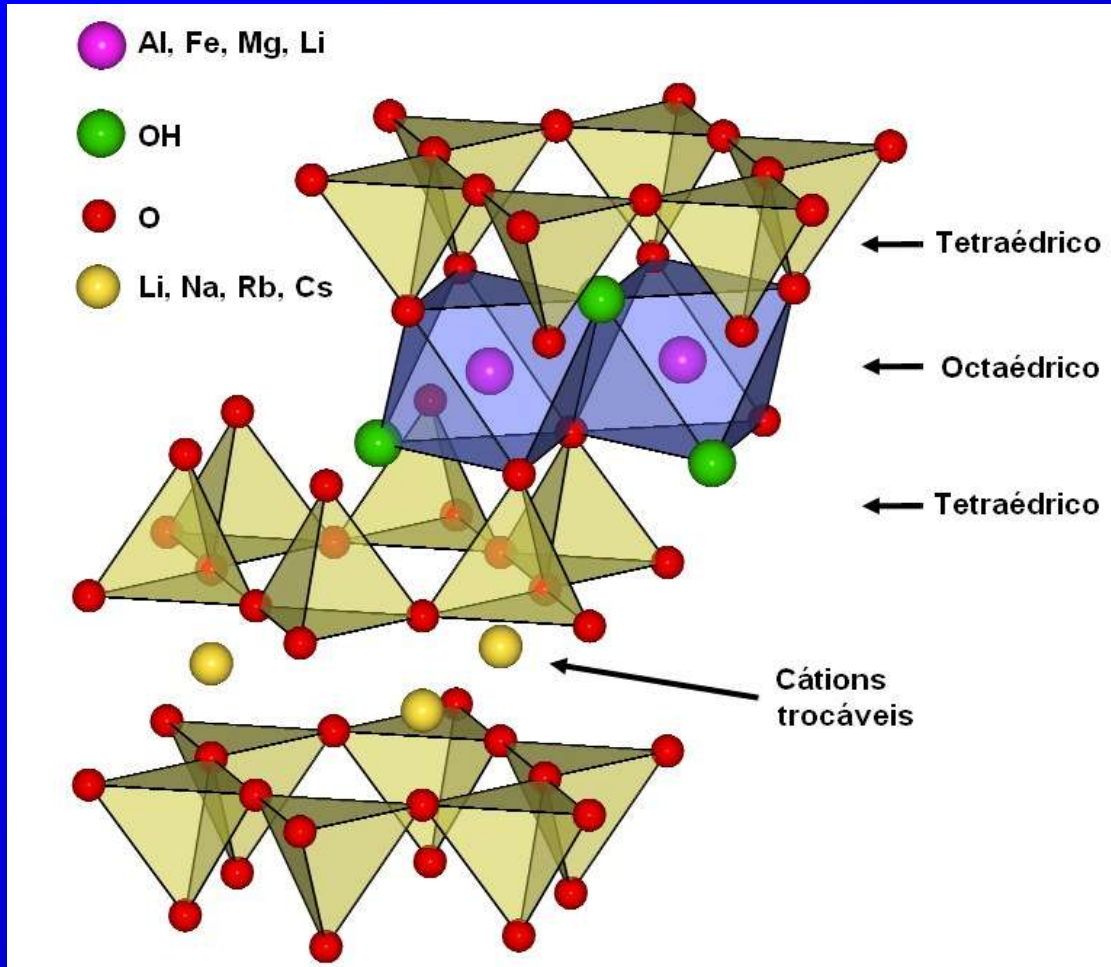
Nanocompósitos



- ✓ Podem ser definidos como materiais híbridos, em que um dos componentes apresenta ao menos uma das dimensões em escala nanométricas (inferior a 100nm).
- ✓ Dentre as nanocargas utilizadas na obtenção dos nanocompósitos destaca-se a utilização das argilas do grupo Esmectita.

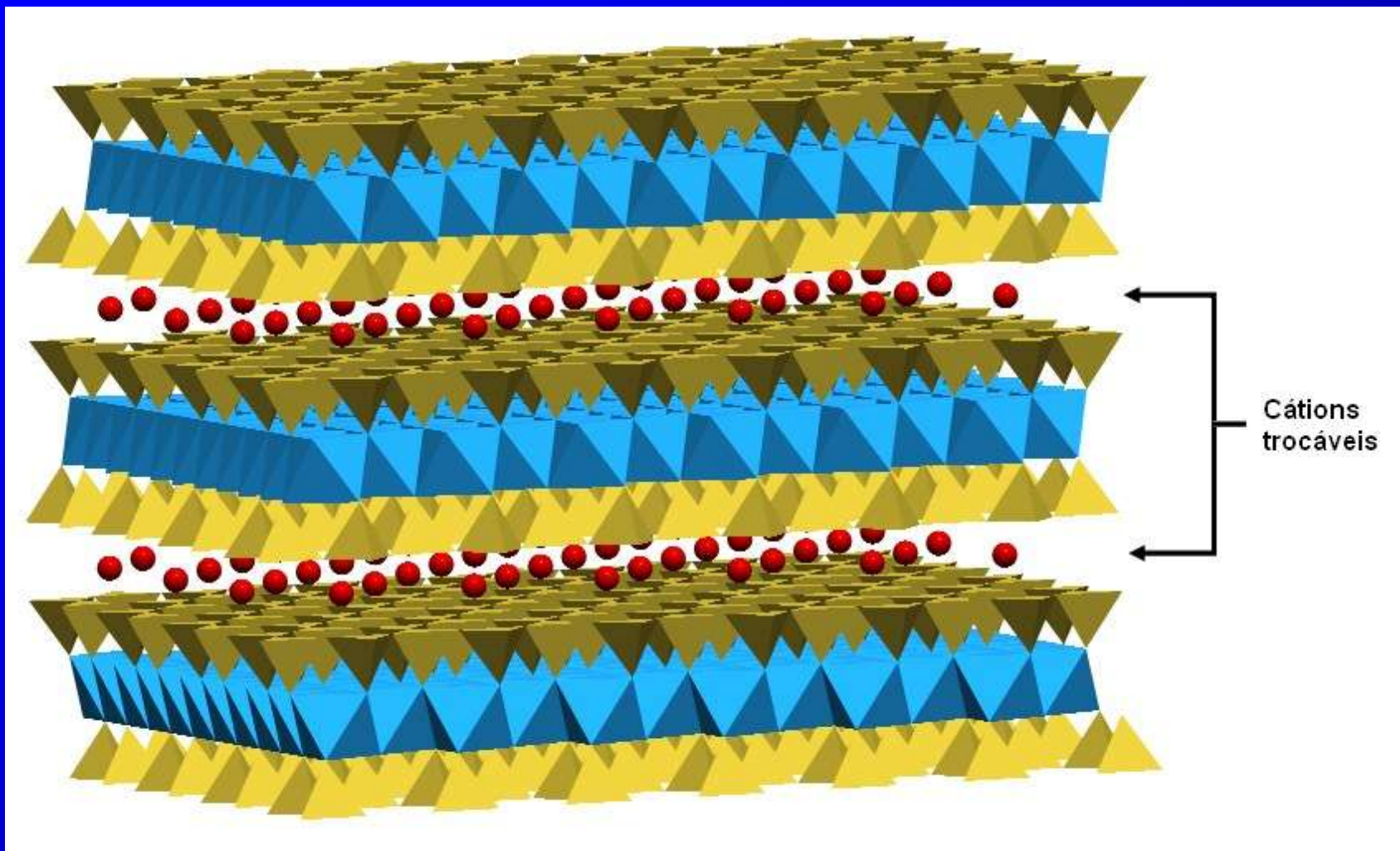


Argilas



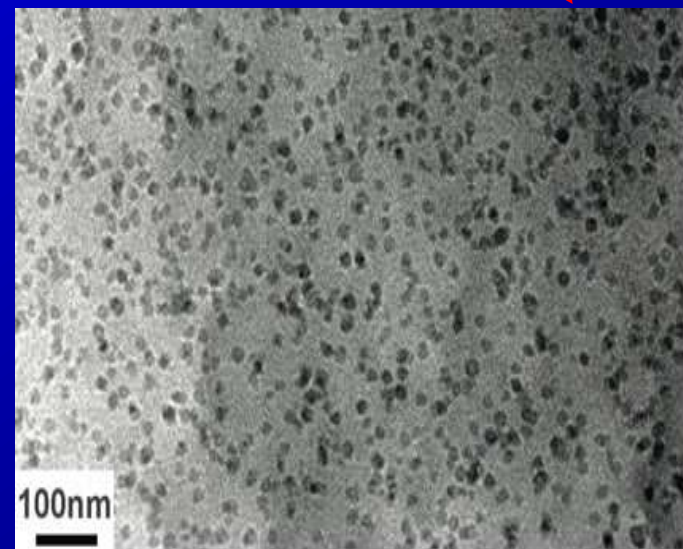
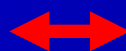
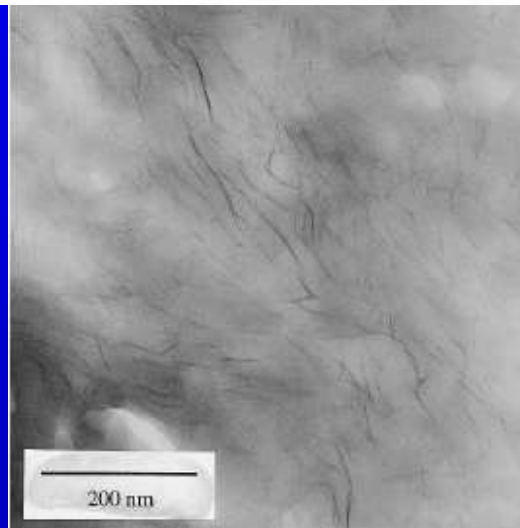
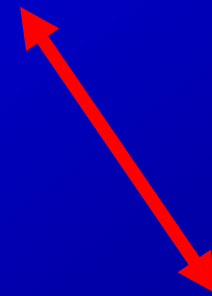
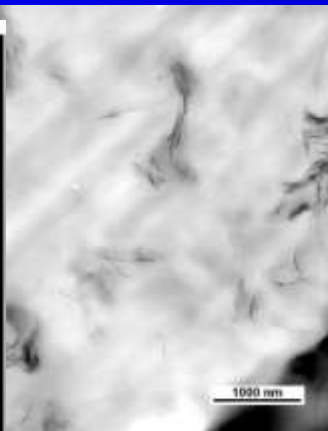
MMT

Argilas



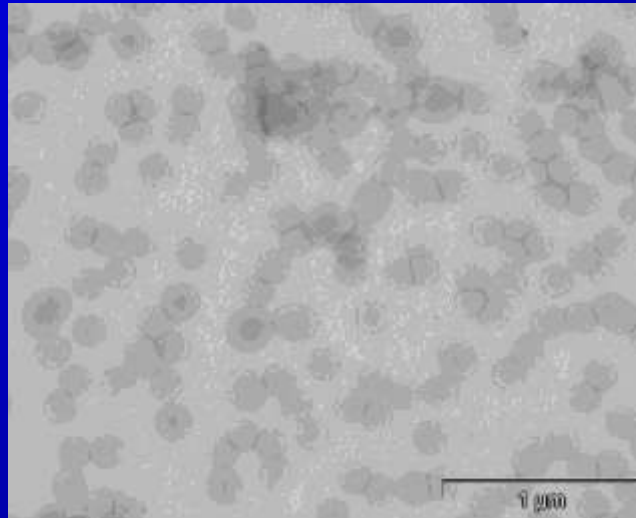
MMT

Nanocompósitos

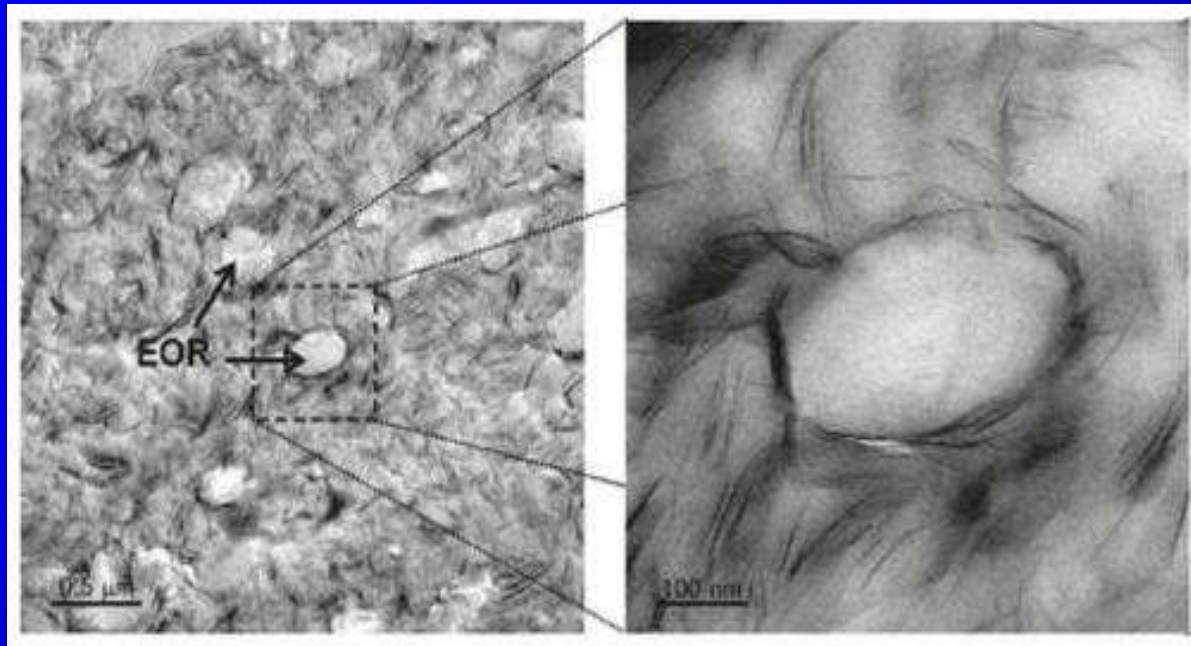


Blendas com Adição de Nanocargas

- ✓ Partículas inorgânicas sólidas podem atuar como agente compatibilizante em misturas poliméricas.
- ✓ A presença deste terceiro componente deve auxiliar na redução do tamanho da fase dispersa, evitando a coalescência no estado fundido.



Blendas com Adição de Nanocargas

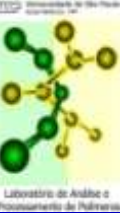


Micrografia obtida por TEM da mistura PA-6/elastômero/Argila

Plano

- Introdução
- **Materiais e Procedimento Experimental**
- Resultados
- Conclusão

Materiais



Nanocargas:

Argila Natural CLOISITE: MMT; densidade de $2,86 \text{ g/cm}^3$. CTC 90 meq/100g, tamanho médio de partícula entre 6 e $13 \mu\text{m}$.

Argila sintética LAPONITE RD: Hectorita,, CTC de 95 meq/100g, espessura de $0,97 \text{ nm}$ e diâmetro de 25 a 35 nm ,

Sílica coloidal Aerosil 200: área superficial de $200 \text{ m}^2/\text{g}$, densidade de $2,2 \text{ g/cm}^3$. Diâmetro médio de partícula 12 nm .

Polímeros:

SEBS-*g*-MA

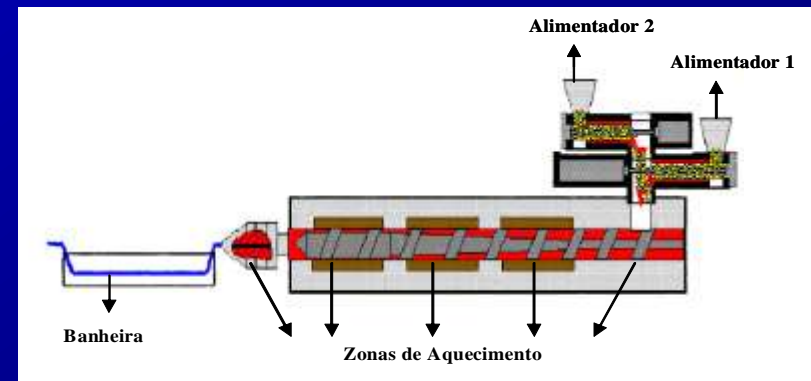
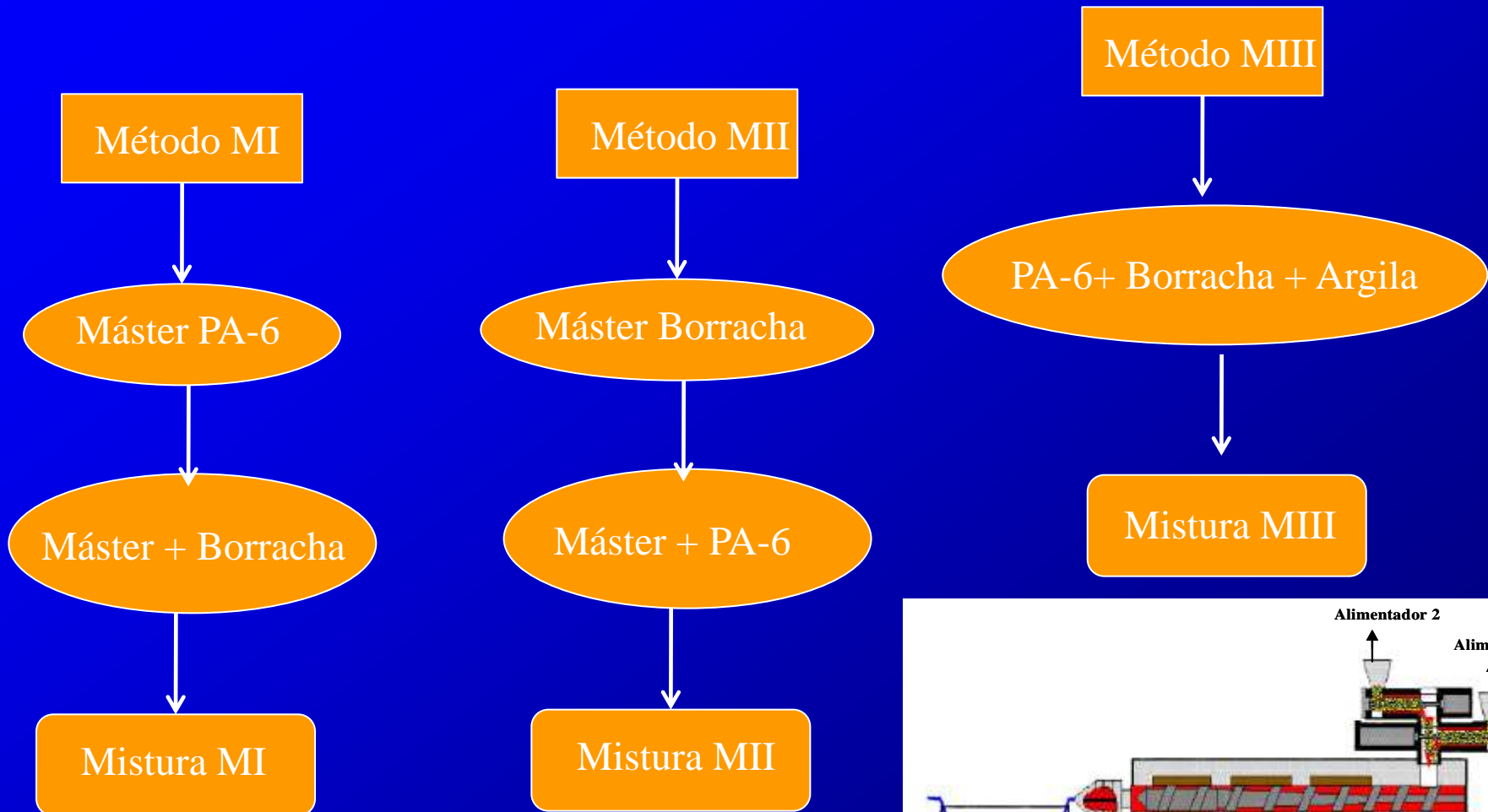
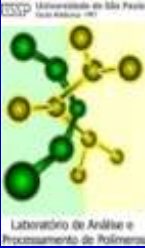
“Kraton FG1901”

Poliamida -6

“MAZMID B260”

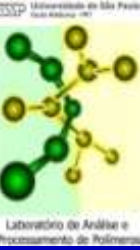
Procedimento Experimental

Métodos de Obtenção das Misturas



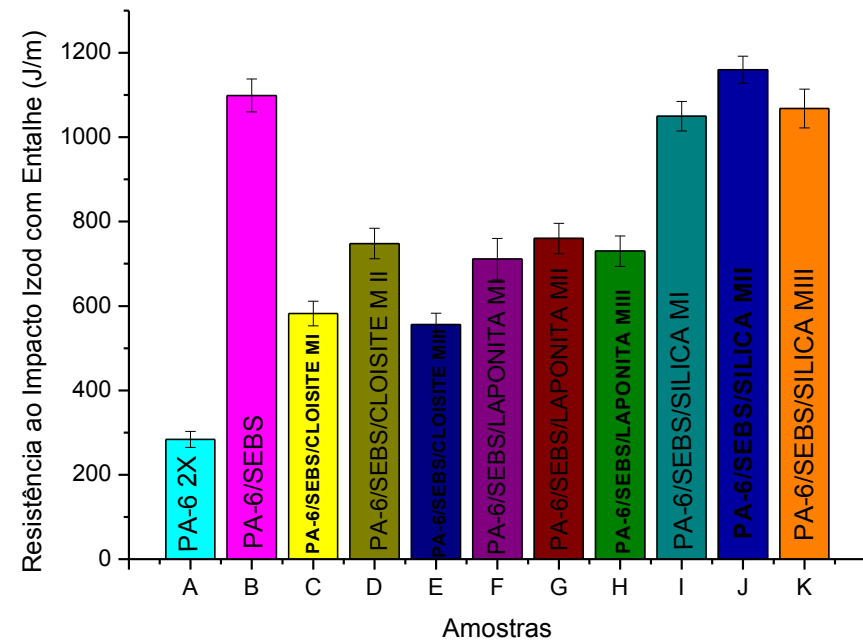
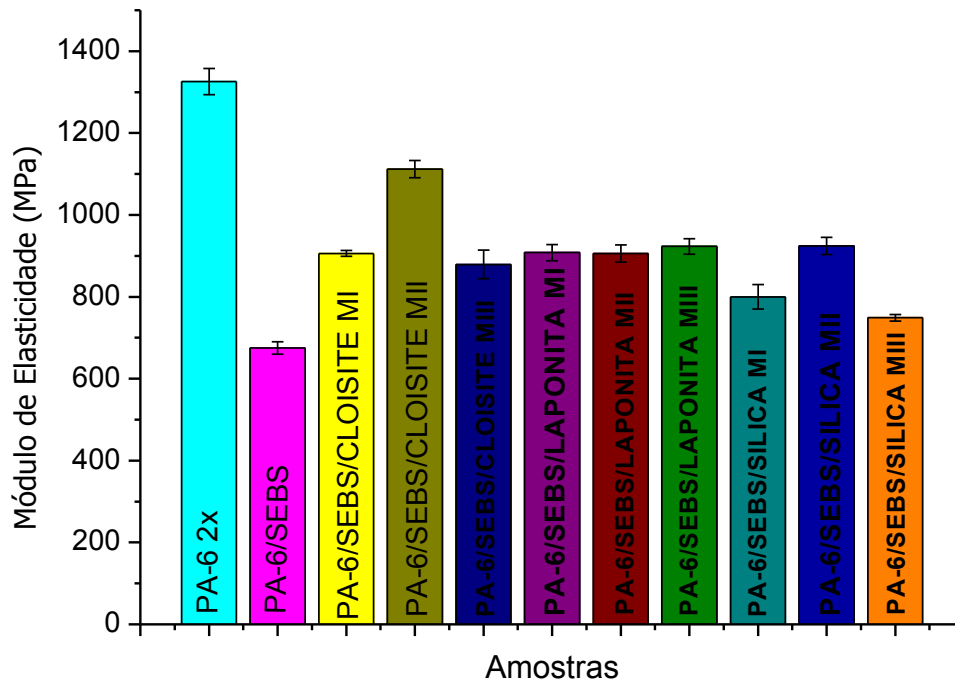
Plano

- Introdução
- Materiais e Procedimento Experimental
- **Resultados**
- Conclusão



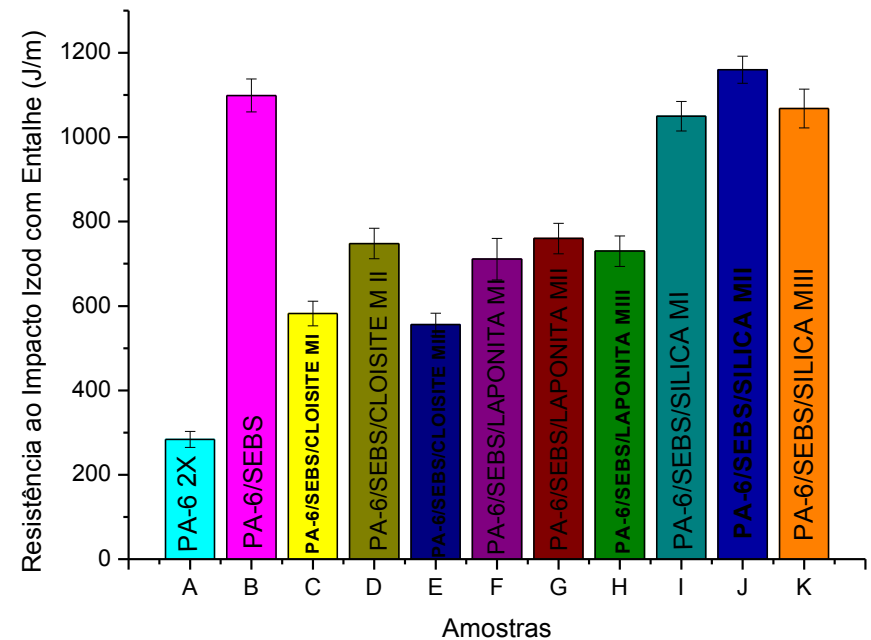
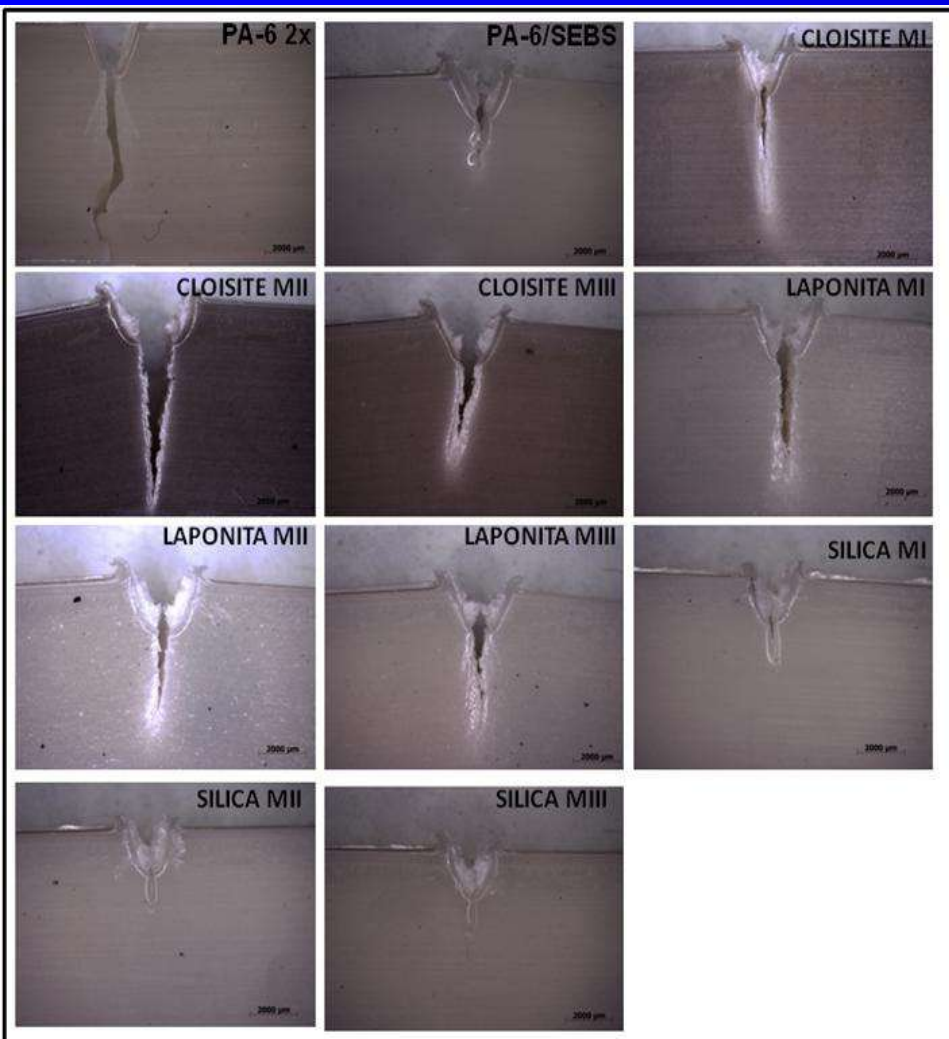
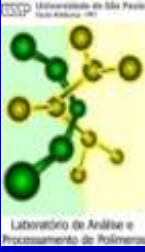
Resultados

Misturas (Blendas) PA-6/SEBS-g-MA (PA-6/SEBS) (60/40)
com e sem Adição de Nanocargas



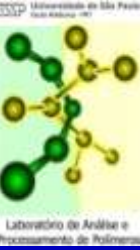
Resultados

Misturas (Blendas) PA-6/SEBS-g-MA (PA-6/SEBS) (60/40)
com e sem Adição de Nanocargas

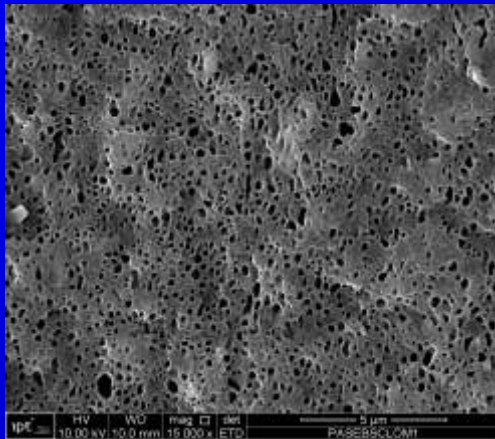
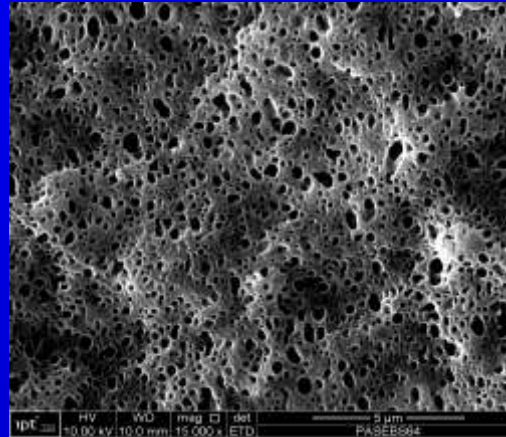


Resultados

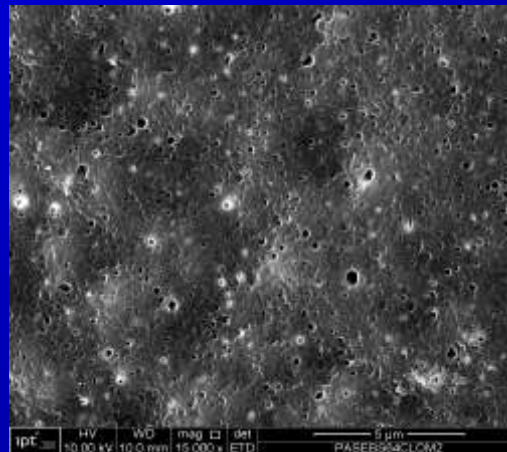
Misturas (Blendas) PA-6/SEBS-g-MA (PA-6/SEBS) (60/40)
com e sem Adição de Nanocargas



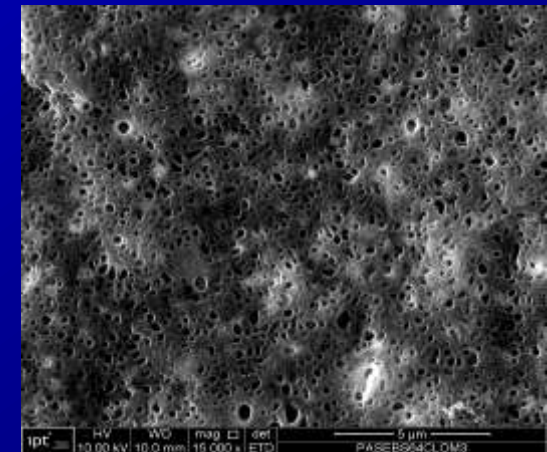
PA-6/SEBS



CLOISITE MI

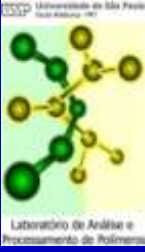


CLOISITE MII

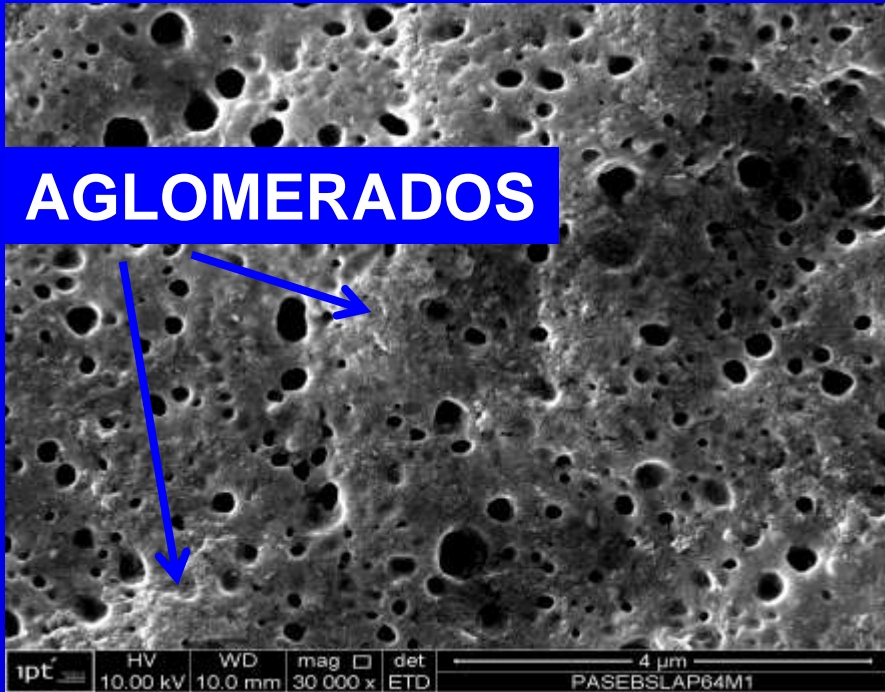


CLOISITE M III

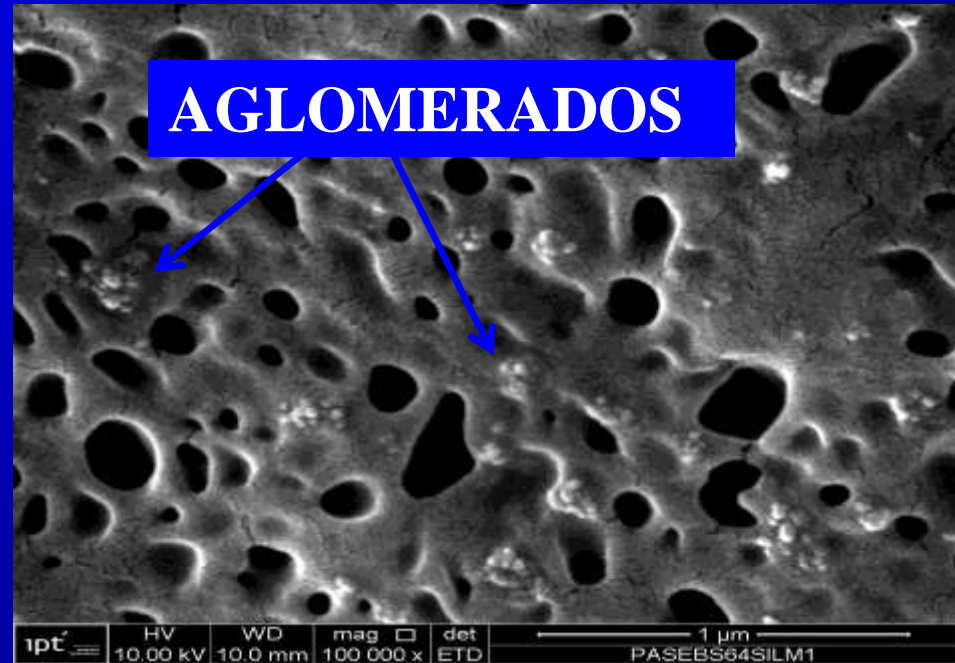
Resultados



Misturas (Blendas) PA-6/SEBS-g-MA (PA-6/SEBS) (60/40)
com e sem Adição de Nanocargas

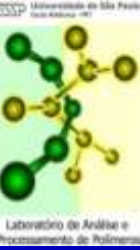


Micrografia obtida por MEV para a amostra PA-6/SEBS/LAPONITA MI.

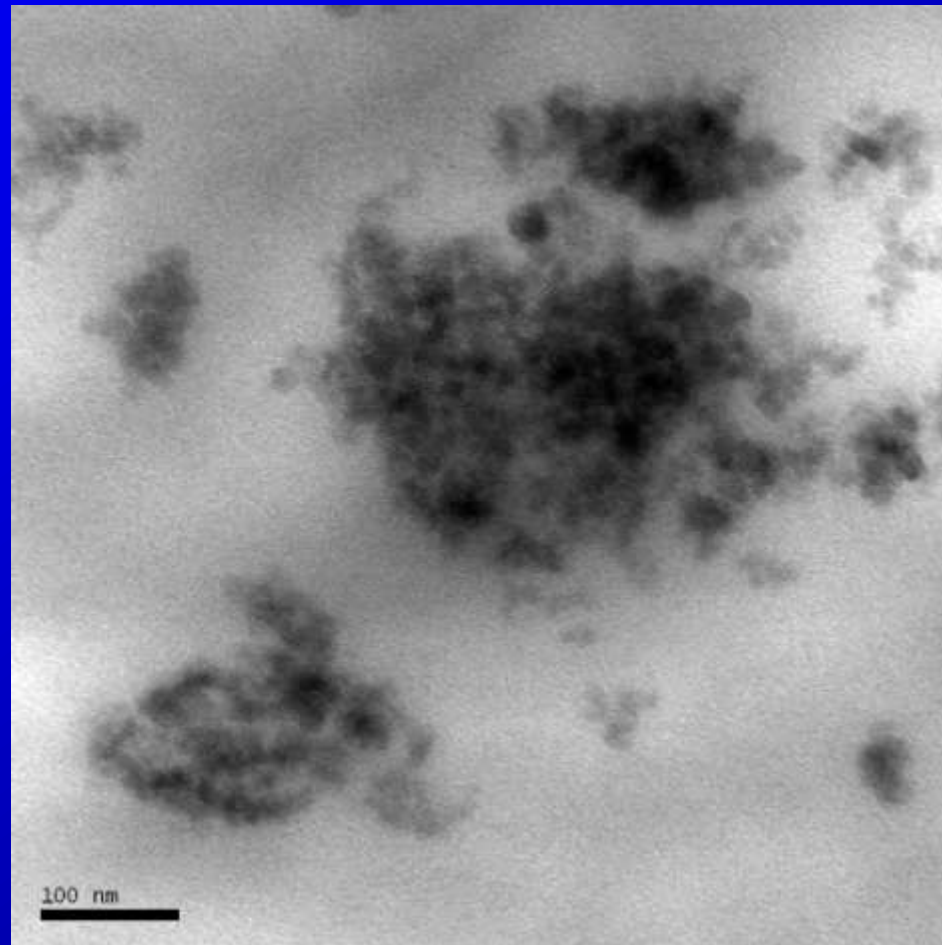


Micrografia obtida por MEV para a amostra PA-6/SEBS/SILICA MI

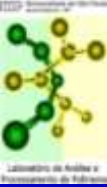
Resultados



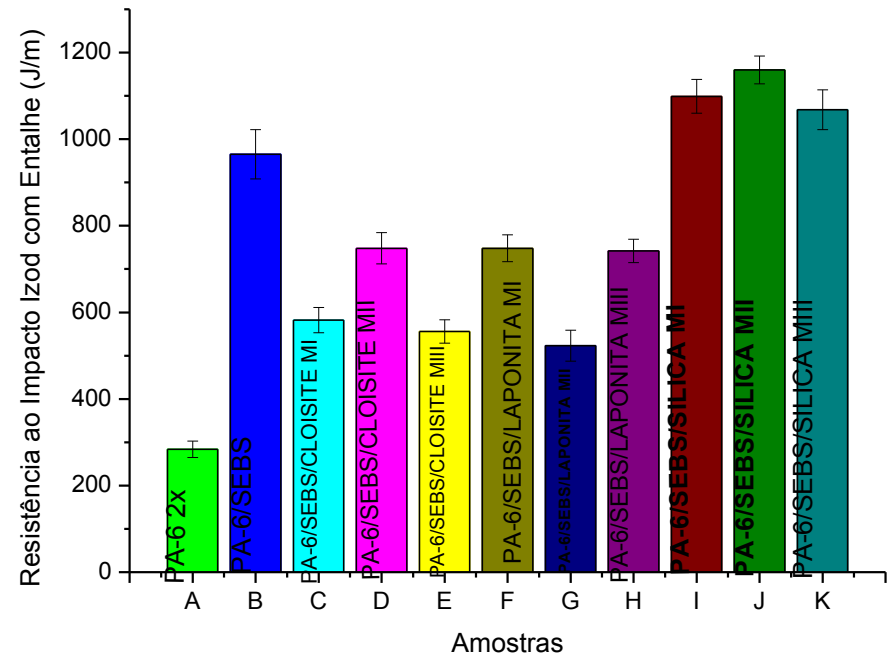
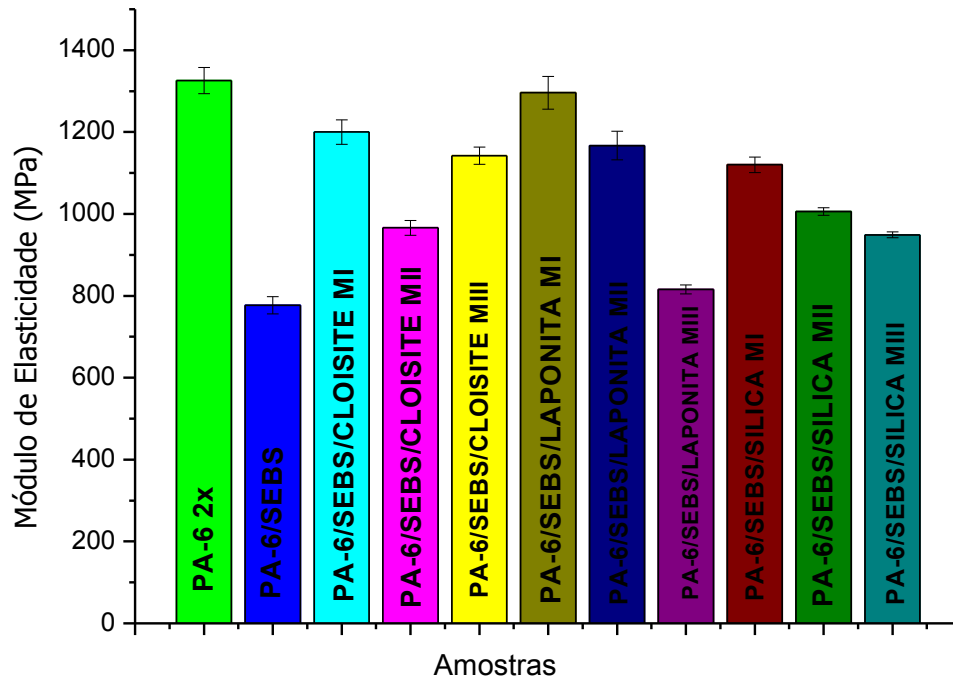
Misturas (Blendas) PA-6/SEBS-g-MA (PA-6/SEBS) (60/40) com e sem Adição de Sílica Método III



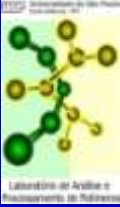
Resultados



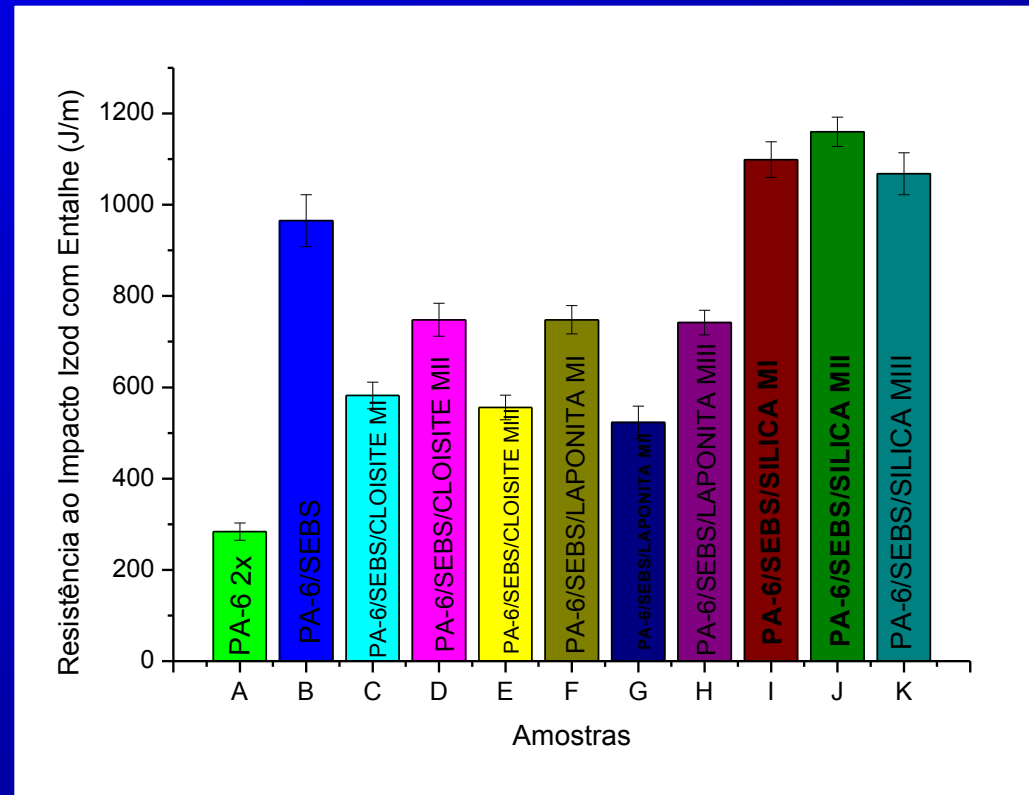
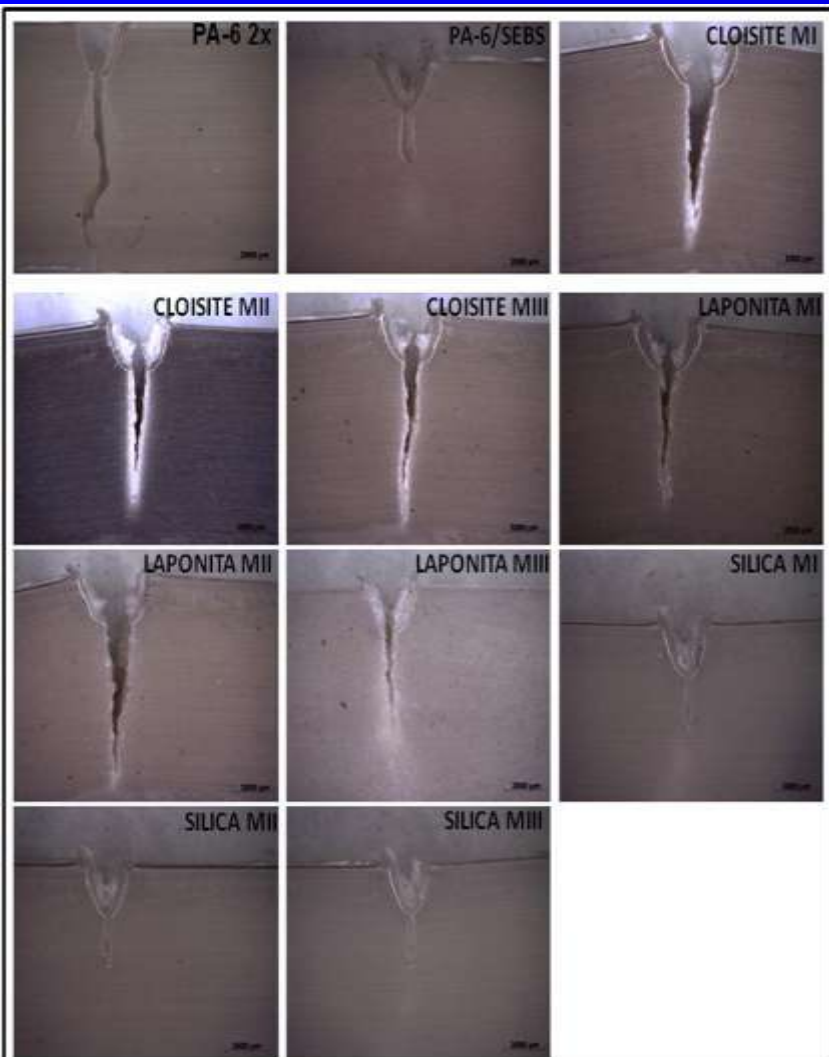
Misturas (Blendas) PA-6/SEBS-g-MA (PA-6/SEBS) (70/30) com e sem Adição de Nanocargas



Resultados

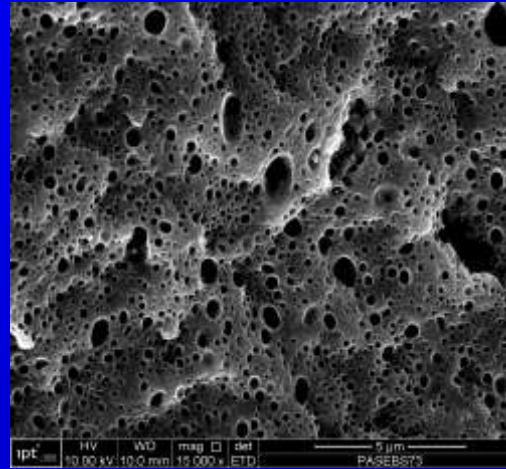
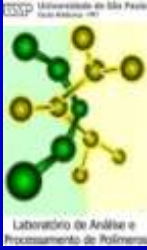


Misturas (Blendas) PA-6/SEBS-g-MA (PA-6/SEBS) (70/30)
com e sem Adição de Nanocargas

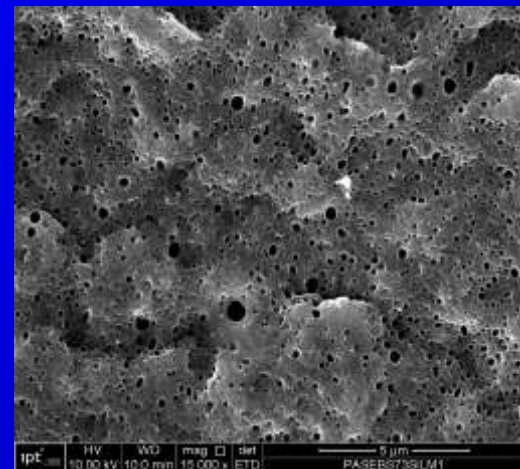


Resultados

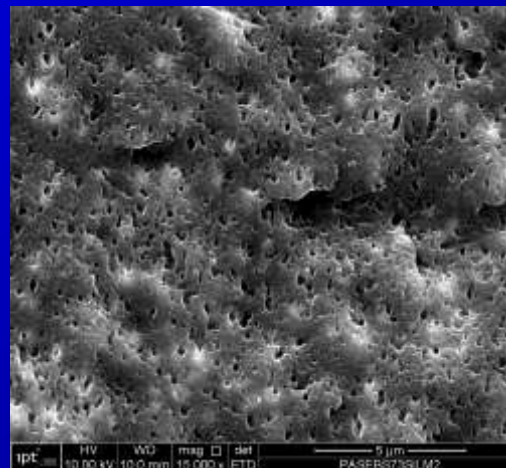
Misturas (Blendas) PA-6/SEBS-g-MA (PA-6/SEBS)
(70/30) com e sem Adição de Sílica



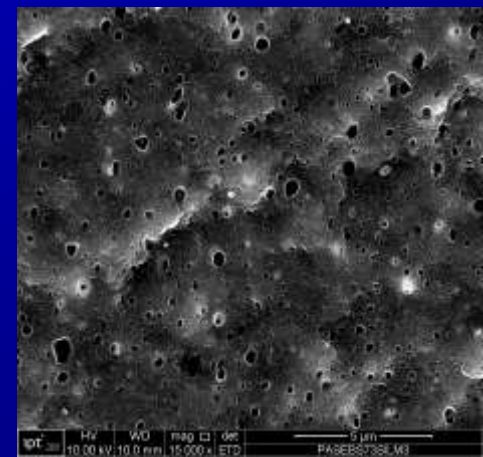
PA-6/SEBS



Sílica M I



Sílica M II

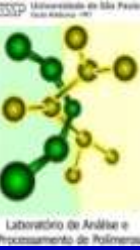


Sílica M III

Plano

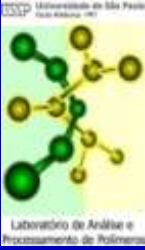
- **Introdução**
- **Materiais e Procedimento Experimental**
- **Resultados**
- **Conclusão**

Conclusões



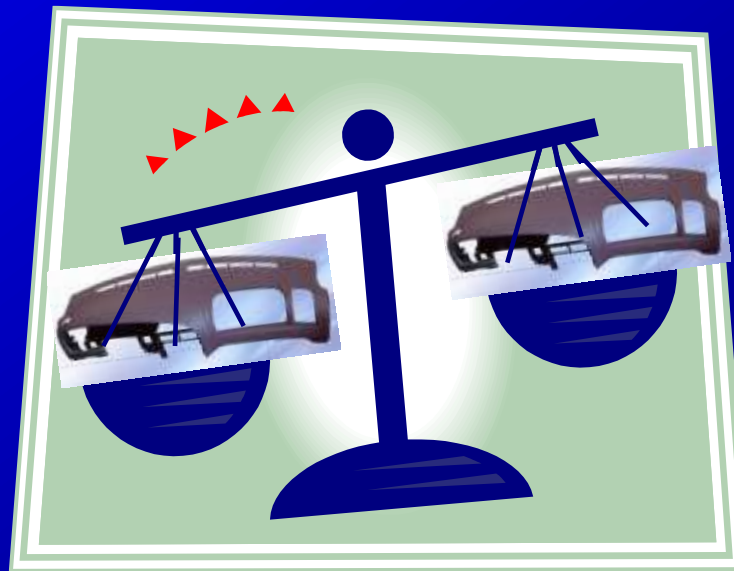
- ✓ Todas as blendas apresentaram melhorias significativas nos valores de resistência ao impacto com entalhe.
- ✓ As misturas com nanocarga apresentaram, também, valores de módulo de elasticidade próximos aos obtidos para a fase matriz pura.
- ✓ A morfologia das misturas indica que a presença de argila/sílica previne a coalescência das gotas de elastômetro, reduzindo o tamanho da fase dispersa.

Conclusões



20-50% em massa de carga nos **Compósitos** \times 5% em massa de nanocarga nos **Nanocompósitos**

- \uparrow Resistência ao Impacto \uparrow Módulo de Elasticidade
- \uparrow Estabilidade dimensional



Agradecimentos

- **Mazzaferro**
- **BUN (Bentonit União Nordeste)**
- **CAPEF e FAPESP**

