CARACTERIZAÇÃO DE MISTURAS DE PEUAMM COM RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEU OBTIDOS ATRAVÉS DE MOAGEM DE ALTA ENERGIA

Bruna Amanda Ruiz (PROVIC/UEPG), Adriane Bassani Sowek (Orientadora), e-mail: absowek@uepg.br.

Universidade Estadual de Ponta Grossa/Departamento de Engenharia de Materiais.

Área: 3.03.00.00–2 (Engenharia de Materiais e Metalurgia) Sub-área: 3.03.05.04-7 (Polímeros, aplicações).

Palavras-chave: Resíduo de pneu, moagem de alta energia, moagem criogênica, misturas poliméricas, reciclagem

Resumo

Devido o crescimento na frota de veículos a quantidade de pneus produzidos e descartados de maneira incorreta tem afetado o meio ambiente, devido a isso estudos têm sido realizados para reutiliza-los. Através da moagem de alta energia pode-se obter pós finos desse material, os quais podem ser incorporados ao polietileno de ultra alta massa molar (PEUAMM). Existe a necessidade do estudo dessa mistura produzida para observar o efeito da borracha do pneu ao PEUAMM, possibilitando assim o conhecimento e determinação posterior de uma nova aplicação para esses materiais. A moagem de alta energia faz com que ocorra mudanças estruturais nos materiais poliméricos devido a isso ocorreram alterações tanto no comportamento térmico, diminuindo a temperatura de fusão (Tm) do PEUAMM e suas misturas, bem como promovendo o aumento da sua resistência mecânica quando analisada para o PEUAMM puro e sua diminuição da mesma quando analisada nas misturas de PEUAMM com resíduo de borracha de pneu.

Introdução

Com a revolução industrial o consumo de pneus cresceu exorbitantemente, necessitando de uma maior produção, consequentemente houve um aumento no descarte dos mesmos,muitas vezes de forma incorreta. Como consequência disso no ano de 2009 o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) criou uma lei que determinou que os fabricantes e importadores de pneus novos deveriam coletar o material descartado e dar um destino correto ao mesmo (Resolução CONAMA Nº 416/2009).[1]

O polietileno de ultra alta massa molar (PEUAMM) trata-se de um polímero que apresenta características muito peculiares e que chama sua atenção devido sua ampla aplicação tecnológica em diversas áreas. Ele apresenta-se na forma de longas cadeias lineares, com elevada massa molar de 2 a $8x10^6$ g/mol, considerável grau de cristalinidade e com temperaturas de fusão de 135ºC.[2]

Esse trabalho teve o objetivo de realizar a mistura de pó da borracha de pneu, obtida por moagem criogênica, com o PEUAMM, ambos misturados através de moagem de alta energia para a obtenção de compósitos poliméricos que foram analisados, termicamente e mecanicamente, afim de observar a influência da borracha de pneu na matriz de PEUAMM.

Materiais e Métodos

1. Materiais utilizados

Utilizou-se polietileno de ultra alta massa molar (UTEC® 6541) fornecido pela Brasken e resíduos de borracha de pneu fornecidos pela Recapadora Presidente.

2. Preparação dos materiais

Para a preparação dos materiais utilizou-se o moinho de alta energia do tipo Attritor, Union Process modelo 01HD.

Realizou-se moagens a temperatura ambiente e criogênica para o PEUAMM, enquanto que para a borracha de pneu realizou-se somente moagens criogênicas. Ambas as moagens duraram 60 minutos com uma frequência de rotação de 600 rpm e necessitou de 2 quilogramas de esferas metálicas para garantir a eficiência da moagem.

3. Classificação granulométrica

Realizou-se a classificação granulométrica do pó proveniente da moagem da borracha de pneu em um jogo de cinco peneiras (mesh 20, 35, 60, 80 e 100) as quais sofreram agitação constante por 30 minutos. Para a preparação das misturas foi utilizado somente o pó passante na peneira mesh 20.

4. Realização das misturas

Fez-se misturas de PEUAMM com uma concentração de 10% de borracha de pneu manualmente, os quais sofreram uma agitação manual até que ocorresse a mistura de seus componentes de maneira homogênea e no moinho de alta energia utilizando rotação de 600 rpm durante 60 minutos.

5. Produção dos filmes poliméricos

Produziu-se filmes poliméricos a partir do pó do PEUAMM puro e das suas misturas em uma prensa hidráulica aquecida a 220ºC aplicando-se uma pressão de 3 toneladas por cerca de 2 minutos.

6. Análise térmica

Para a realização da análise térmica utilizou-se o equipamento de calorimetria diferencial de varredura (DSC), Shimadzu modelo DSC-60. Todas as amostras foram analisadas com a aplicação das mesmas condições, sendo elas um fluxo de nitrogênio de 50ml/min e taxas de aquecimento e resfriamento de 10ºC/min, sendo que suas corridas tinham início na temperatura de 30ºC e continuavam seu aquecimento até 250ºC.

7. Análise da morfologia

A morfologia das partículas do PEUAMM puro e das suas respectivas misturas foram observadas a partir das amostras em pós, analisadas e comparadas em diferentes ampliações através do estudo realizado no microscópio eletrônico de varredura marca Shimadzu®, modelo SSX 550.

8. Ensaio de Tração

O ensaio de tração foi realizado na Máquina Universal de Ensaios Shimadzu, de acordo com a norma ASTM D882-12, a partir dos filmes poliméricos de PEUAMM puro e das suas misturas. O ensaio foi realizado com uma velocidade de 500mm/min em uma distância entre garras de 50mm e os corpos de prova apresentavam todos as mesmas dimensões de 10 mm de largura e 0,85 mm de espessura.

Resultados e Discussão

As análises térmicas realizadas no DSC serviram de maneira muito importante para a observação da influência que o pó da borracha de pneu tem em relação ao comportamento térmico das misturas através da observação dos picos de fusão e

cristalização. Pode-se perceber pouca alteração nos valores destas temperaturas. Na Fig.1 estão apresentados os gráficos obtidos por DSC.

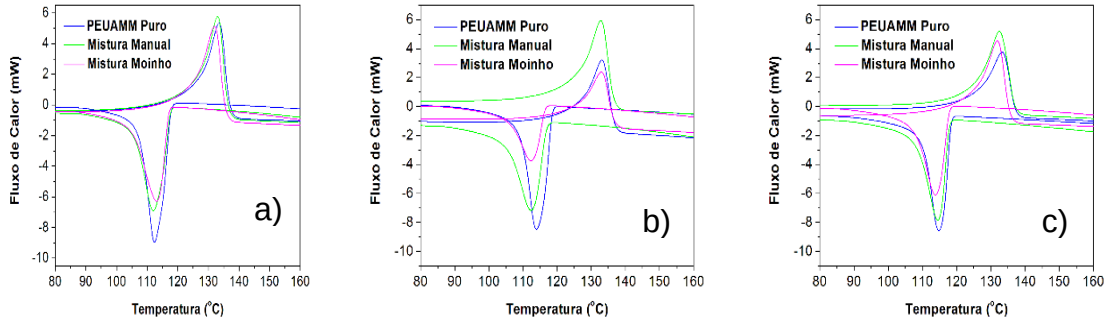


Figura 1 – Comparação entre os picos de fusão e cristalização: (a) PEUAMM puro sem moagem e das suas misturas; (b) PEUAMM puro moído a temperatura ambiente e das suas misturas; (c) PEUAMM puro moído a baixas temperaturas e das suas misturas.

Percebeu-se uma alteração no grau de cristalinidade das PEUAMM puro moído de diferentes maneiras, bem como devido a realização de suas misturas, como pode-se observar na Tabela 1.

Tabela 1 - Grau de cristalinidade, calor de fusão e temperaturas de fusão (Tm) e cristalização (Tc) do PEUAMM e das suas misturas.

	PEUAMM sem moagem			PEUAMM moído normal		
Amostra	**Puro**	**Mistura Manual**	**Mistura Moinho**	**Puro**	**Mistura Manual**	**Mistura Moinho**
Tm (°C)	133,2	132,9	132,8	132,6	132,9	133,0
Tc (°C)	112,2	115,9	112,4	113,5	112,6	113,1
Cristalinidade (%)	46,2	50,0	53,7	41,1	41,4	42,0

	PEUAMM moído criogenicamente		
Amostra	**Puro**	**Mistura Manual**	**Mistura Moinho**
Tm (°C)	133,0	132,4	132,3
Tc (°C)	113,9	114,0	113,8
Cristalinidade (%)	36,7	56,6	45,8

Através da análise morfológica dos pós de PEUAMM e suas misturas notou-se que ocorreu uma alteração morfológica do PEUAMM e da adesão das partículas de borracha de pneu, como pode ser observado na Fig.2.

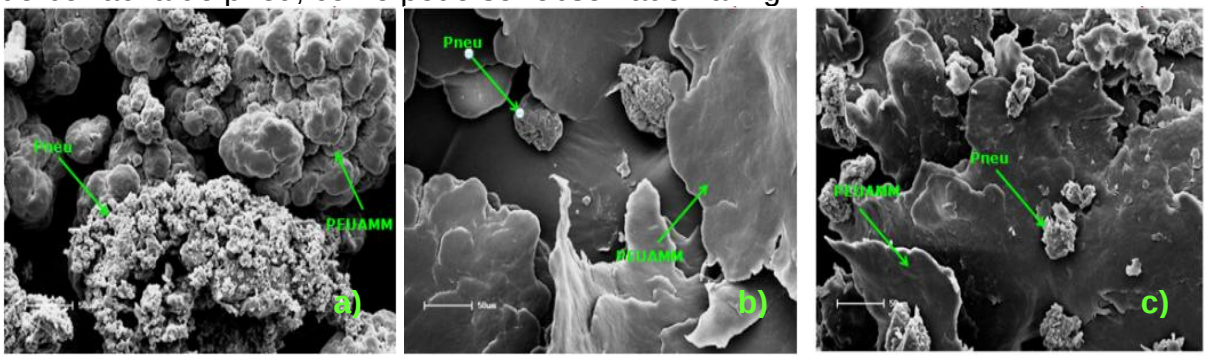


Figura 2 – Análise morfológica das misturas de PEUAMM com 10% de borracha de pneu: (a) PEUAMM sem moagem; (b) PEUAMM moído a temperatura ambiente; (c) PEUAMM moído a baixas temperaturas.

Com a realização do ensaio de tração notou-se que a mistura do PEUAMM com a borracha de pneu diminuiu significativamente a sua resistência quando comparadas com a resistência a tração dos materiais puros, o comportamento desses materiais pode ser observado na Fig. 3.

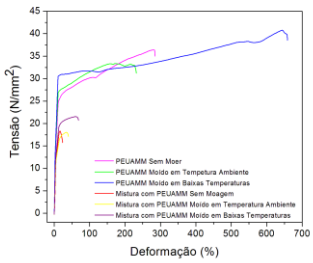


Figura 3 – Comparação do comportamento do ensaio de tração para os filmes de PEUAMM puro e de suas misturas.

Os dados referentes a esse ensaio estão descritos na Tabela 2, na qual pode-se observar uma variação nos seus valores referentes a resistência a tração e na deformação suportada por esses filmes.

Tabela 2 –Tensão máxima (σ) deformação máxima (ε) do PEUAMM e das suas misturas.

Amostra	σ (N/mm²)	ε(%)
PEUAMM Puro Sem Moer	36,69 ± 3,35	277,93 ± 65,97
PEUAMM Puro Moído Temperatura Ambiente	34,01 ± 1,41	237,05 ± 85,52
PEUAMM Puro Moído Baixas Temperatura	40,93 ± 3,37	549,57 ± 85,90
Mistura de Pneu e PEUAMM Sem Moer	18,83 ± 2,65	26,97 ± 13,53
Mistura de Pneu e PEUAMM Moído Temperatura Ambiente	17,95 ± 1,57	32,62 ± 8,29
Mistura de Pneu e PEUAMM Moído Baixas Temperaturas	21,49 ± 3,48	69,20 ± 28,04

Com base nos dados da Tabela 2, pôde-se perceber que a realização da moagem do PEUAMM em baixas temperaturas proporcionou um aumento na deformação suportada pelo filme antes do mesmo se romper, também notou-se que a realização das misturas promoveu uma significativa diminuição na resistência a tensão suportada por esses filmes, bem como na deformação suportada pelos mesmos.

Conclusões

Percebeu-se que houve variações no comportamento térmico e no grau de cristalinidade do PEUAMM devido a cada tipo de moagem que foi submetido, bem como devido a adição da borracha de pneu, sendo que essas alterações se deram devido a ocorrência de alterações morfológicas e a influência da borracha.

A partir da análise dos dados do ensaio de tração notou-se a influência da negativa da adição do pó da borracha do pneu e a influência positiva da realização da moagem criogênica no aumento da sua resistência.

Agradecimentos

A Brasken e a Recapadora Presidente pela doação dos materiais usados durante a realização desse trabalho e ao PROVIC-UEPG.

Referências

1 ANIP (Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos) – *História do Pneu.* Disponível em: < http://www.anip.com.br >. Acesso em: 03 de abril de 2017.

2 DOS SANTOS, A. C. C. **Avaliação das Propriedades e Aplicações do Polietileno de Ultra-Alto Peso Molecular (PEUAPM)**. 2011. Trabalho apresentado como requisito para obtenção de grau de Especialista em Engenharia Econômica, Estratégia e Prevenção de Perdas na Indústria, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.