

**Incorporação de PET pós-consumo em misturas de PEAD virgem compatibilizadas****Incorporation of post-consumer PET into virgin PEAD compatible blends**

DOI:10.34115/basrv4n3-080

Recebimento dos originais: 01/05/2020

Aceitação para publicação: 04/06/2020

**Nathalia de Paiva Rodrigues**

Graduada em Tecnologia de Polímeros

Instituição: Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, UEZO

e-mail: nathy.pr@hotmail.com

**Elaine Vidal Dias Gomes Líbano**

Doutora em Ciência e Tecnologia de Polímeros pelo Instituto de Macromoléculas

Professora Eloisa Mano, IMA - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Instituição: Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, UEZO

Endereço: Avenida Manuel Caldeiras de Alvarenga, 1203, Campo Grande, CEP: 23070-200, Rio de Janeiro – RJ, Brasil

e-mail: elainelibano@uezo.rj.gov.br / elainevdg@yahoo.com.br

**Daniele Cruz Bastos**

Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pelo Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Coppe - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

Instituição: Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, UEZO

Endereço: Avenida Manuel Caldeiras de Alvarenga, 1203, Campo Grande, CEP: 23070-200, Rio de Janeiro – RJ, Brasil

e-mail: danielbastianosuezo@gmail.com / danielbastianos@uezo.rj.gov.br

**Patricia Soares da Costa Pereira**

Doutora em Ciência e Tecnologia de Polímeros pelo Instituto de Macromoléculas

Professora Eloisa Mano, IMA - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Instituição: Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste, UEZO

Endereço: Avenida Manuel Caldeiras de Alvarenga, 1203, Campo Grande, CEP: 23070-200, Rio de Janeiro – RJ, Brasil

e-mail: patriciapereira@uezo.rj.gov.br / patyscp@gmail.com

**RESUMO**

O politereftalato de etileno (PET) é um dos principais constituintes dos resíduos sólidos urbanos. A reciclagem de refugos é um processo estratégico que viabiliza a expansão do mercado de plásticos, podendo gerar novos produtos, além de minimizar o impacto ambiental causado pelo descarte incorreto das embalagens PET. A obtenção de blendas poliméricas com as poliolefinas é uma alternativa nesse processo. Entretanto, o PET e as poliolefinas são imiscíveis, formando blendas com baixa adesão interfacial, tendo-se a necessidade de compatibilização. Nesse contexto, o presente trabalho avaliou a influência de diferentes teores do compatibilizante polietileno de alta densidade graftizado com anidrido maleico (PEAD-g-MA), 5 e 10% m/m, nas propriedades físico-mecânicas, térmicas, estruturais e reológicas de blendas de PEAD virgem e PET pós-consumo (80/20) preparadas em extrusora mono-rosca. A adição do PET e do compatibilizante promoveram mudanças nas propriedades físico-mecânicas

dos materiais. A técnica de espectroscopia na região do infravermelho mostra uma possível ocorrência de trans-reações nas misturas compatibilizadas. As análises termogravimétrica e dinâmico-mecânica indicam a imiscibilidade das blendas.

**Palavras-chave:** PEAD, PET pós-consumo, blendas e compatibilizante.

### **ABSTRACT**

Polyethylene terephthalate (PET) is one of the main constituents of solid urban waste. Waste recycling is a strategic process that enables the expansion of the plastics market, which can generate new products, in addition to minimizing the environmental impact caused by the incorrect disposal of PET packaging. Obtaining polymeric blends with polyolefins is an alternative in this process. However, PET and polyolefins are immiscible, forming blends with low interfacial adhesion, with the need for compatibility. In this context, the present work evaluated the influence of different levels of the high density polyethylene compatilizer grafted with maleic anhydride (HDPE-g-MA), 5 and 10% w/w, in the physical-mechanical, thermal, structural and rheological properties of blends of virgin HDPE and post-consumer PET (80/20) prepared in mono-screw extruder. The addition of PET and the compatilizer promoted changes in the physical-mechanical properties of the materials. The spectroscopy technique in the infrared region shows a possible occurrence of trans-reactions in the compatible mixtures. Thermogravimetric and dynamic-mechanical analyzes indicate the immiscibility of the blends.

**Keywords:** HDPE, post-consumer, blends and compatibilizer.

## **1 INTRODUÇÃO**

Poli (tereftalato de etileno) (PET) e poliolefinas (PO), como poli (etileno de alta densidade) (PEAD), poli (etileno de baixa densidade) (PEBD) e polipropileno (PP) são os termoplásticos mais amplamente utilizados como embalagem de materiais (garrafas, recipientes, filmes, etc.). O PEAD possui boa processabilidade, baixo custo e excelente equilíbrio de propriedades físicas. O PET possui aplicações de uso comum e engenharia devido ao conjunto de propriedades - físico-mecânicas, térmicas, químicas, entre outras. Algumas de suas características são: excelente brilho, alta resistência mecânica, química e térmica, boa processabilidade e baixa permeabilidade ao gás (ABIPET, 2020; ABIPLAST, 2018; CEMPRE, 2020).

O PET tem como uma de suas principais aplicações a confecção de embalagens para bebidas e por ter um grande volume em relação ao seu peso, esses materiais ocupam extenso espaço em aterros após seu descarte o que gera além da poluição visual pela disposição inadequada nas ruas, sérios problemas de inundações pelo entupimento de galerias pluviais e a redução da vida útil de aterros sanitários (DI SOUZA et al.,2008; ABIPET, 2010; WANG *et al.*, 2019). A destinação para a reciclagem dos resíduos de PET é um procedimento adequado para a economia de energia, preservação de fontes esgotáveis de matéria-prima, redução de custos com disposição final do resíduo, economia com a recuperação de áreas impactadas pelo

mau acondicionamento dos resíduos, aumento da vida útil dos aterros sanitários, a redução de gastos com a limpeza e a saúde pública, e a geração de emprego e renda (SPINACÉ, 2005; HENDGES, 2014).

A mistura de polímeros termoplásticos é uma técnica prudente para produzir materiais, que podem melhorar sinergicamente as propriedades e o desempenho em comparação com os polímeros individuais envolvidos (ABDUL *et al.*, 2013; JIA *et al.*, 2013; BRUGGEN *et al.*, 2016). As poliolefinas que são relativamente fracas podem ser efetivamente reforçadas pelo PET relativamente forte (LEPERS *et al.*, 1997; PANG *et al.*, 2000, LIN *et al.*, 2013).

A imiscibilidade entre poliolefinas e poliésteres leva à formação de blendas com baixa adesão e alta tensão interfacial, com uma separação de fase grosseira, resultando em propriedades insatisfatórias. Enquanto o poliéster é composto de grupos polares, as poliolefinas são apolares. Polaridades divergentes geralmente levam à imiscibilidade (Li and HU, 2001; PRACELLA *et al.*, 2002; PEREIRA *et al.*, 2007; CRUZ *et al.*, 2008; PEREIRA *et al.*, 2008; MENDES *et al.*, 2009). Misturas imiscíveis têm propriedades que não são adequadas para aplicações industriais e, portanto, são incompatíveis (SPERLING and THOMAS, 1978; MANO, 1991; LUCAS *et al.*, 2001; FOX and ALLEN, 2005).

Para superar o problema da incompatibilidade é necessário adicionar um copolímero compatibilizante, em bloco ou enxertado, que possa reagir quimicamente com uma fase e interagir fisicamente com a outra formando um copolímero *in situ* na interface. A adição de um agente compatibilizante com o uso de poliolefinas funcionalizadas como agentes de acoplamento visa melhorar a interação entre as fases, o que resultaria em uma melhoria em suas propriedades (KAFOGLOU *et al.*, 1995; LEPERS *et al.*, 1997; DIMITROVA *et al.*, 2000; PANG *et al.*, 2000; LI and HU, 2001; PAWLAK *et al.*, 2002; PRACELLA *et al.*, 2002; ABDUL *et al.*, 2013; LIN and CHEN, 2013; BRUGGEN *et al.*, 2016; BIRCH *et al.*, 2019).

Os agentes reativos ou grupos funcionais mais utilizados para a compatibilização do PET com as poliolefinas são os grupos ácido acrílico, anidrido maleico e epóxi, que reagem com os grupos terminais carboxila ou hidroxila do PET (DIMITROVA *et al.*, 2000; PAWLAK *et al.*, 2002; BHATNAGAR and MAHANWAR, 2019; BIRCH *et al.*, 2019;).

Assim, o PET pós-consumo foi escolhido neste artigo para a obtenção de misturas a partir de PEAD virgem como matriz polimérica com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes teores de PE-g-MA nas propriedades físico-mecânicas, térmicas, estruturais e reológicas.

**2 METODOLOGIA****2.1 MATERIAIS**

O PEAD virgem foi fornecido pela empresa Quattor. O PET pós-consumo, na cor verde, oriundas de garrafas de refrigerante, foi fornecido pela empresa REPET, São Paulo. O agente compatibilizante, um polietileno funcionalizado (PEAD enxertado com anidrido maleico – PE-g-MA) foi fornecido pela Polybond, sob o nome comercial de Polybond 3009, com 1,0% de anidrido maleico (nominal) e índice de fluidez de 4g/10min (ASTM D1238, 190 °C/2,16Kg).

**2.2. PREPARAÇÃO DAS MISTURAS**

Para avaliar o efeito do compatibilizante na mistura PEAD/PET, diferentes teores do PE-g-MA foram adicionados: 0, 5 e 10% (m/m). A Tabela 1 apresenta a formulação e nomenclatura dos materiais.

Tabela 1- Formulações das Blendas

<b>Nomenclatura</b>	<b>PEAD (% m/m)</b>	<b>PET (%m/m)</b>	<b>PE-g-MA (% m/m)</b>
PEAD	100	-	-
PEAD/PET	80	20	-
PEAD/PET 5%	76	19	5
PEAD/PET 10%	72	18	10
PET	-	100	-

As misturas foram processadas em extrusora mono-rosca modelo (AX Plásticos 1626), separadamente seguindo as condições de processamento da Tabela 2. A velocidade de puxamento dos rolos foi de 36 RPM e o Torque adquirido foi de 37 N/m.

Tabela 2- Parâmetros do processamento por extrusão dos filmes planos.

<b>Nomenclatura</b>	<b>Temperaturas das zonas</b>			<b>Velocidade da Rosca</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
PEAD	190	200	210	35
PEAD/PET	200	230	250	81
PEAD/PET 5%	200	230	250	81
PEAD/PET 10%	200	230	250	81
PET	200	230	250	81

## 2.3 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova dos materiais foram confeccionados em prensa hidráulica de aquecimento, marca Marconi, modelo MA 098, a partir da prensagem das amostras peletizadas que foram obtidas durante a extrusão. Sob a temperatura de 200°C, com 1 minuto na prensa quente para fundir e depois durante 3 minutos e com pressão de 3 toneladas para formação do filme, retiradas e em seguida foram resfriadas na prensa fria durante 3 minutos assim obtendo os filmes dos materiais (LÍBANO *et al.*, 2019).

## 2.4 CARACTERIZAÇÃO

### 2.4.1 Densidade

A análise de massa específica das amostras foi executada segundo a norma ASTM D792-13 (2013). O equipamento (modelo DSL 910- GEHAKA) forneceu o valor da massa específica do material analisado. Para cada amostra foram excluídos o maior e o menor valor, calculando-se a média aritmética das cinco determinações (LÍBANO *et al.*, 2019).

### 2.4.2 Dureza

Os ensaios de dureza foram executados segundo a norma ASTM D2240–05 (2010). O Durômetro Shore D (Type GS 702) forneceu o valor da dureza Shore D do material analisado. Para cada amostra foram excluídos o maior e o menor valor, calculando assim a média aritmética das cinco determinações (LÍBANO *et al.*, 2019).

### 2.4.3 Índice de fluidez (MFI)

O índice de fluidez das amostras foi avaliado segundo a norma ASTM D-1238-01 (2002) no Medidor de índice de fluidez (CEAST- Quick Index). Foram utilizados 5,00g de cada amostra, a uma temperatura de 230°C e submetido à carga de 2,160 Kg. A partir dos dados obtidos, foi calculado o valor do índice de fluidez, cuja unidade é expressa em gramas/10 minutos. Para cada amostra foram excluídos o maior e o menor valor, calculando assim a média aritmética das cinco determinações (LÍBANO *et al.*, 2019).

### 2.4.4 Espectroscopia de Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Os materiais foram caracterizados por análises de FTIR (FTIR - modelo Nicolet 6700 da Thermo Scientific) no modo ATR, utilizando cristal de ZnSe, na faixa de número de ondas de 600- 4000  $\text{cm}^{-1}$ , com 100 varreduras por análise e resolução de 4.182 $\text{cm}^{-1}$ .

## 2.4.5 Análise termogravimétrica (TGA)

A análise termogravimétrica foi realizada no analisador termogravimétrico TA INSTRUMENT Q600, sob atmosfera de Nitrogênio, em uma vazão de 50mL/minuto, a uma taxa de aquecimento de 10°C/min, temperatura entre 30 e 700 °C (CESTARI, 2010). A temperatura de degradação inicial ( $T_{onset}$ ), máxima ( $T_{máx}$ ) e final ( $T_{final}$ ), foram determinadas, assim como a presença de resíduo de queima.

## 2.4.6 Análise Dinâmico-Mecânica (DMA)

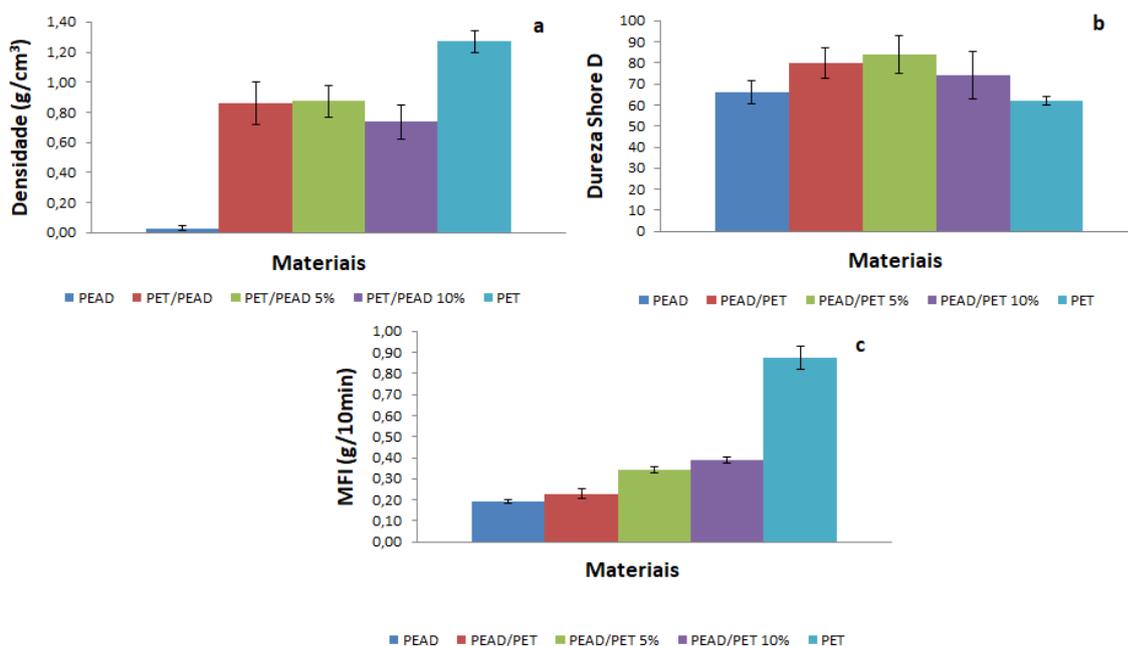
A análise de DMA foi realizada no equipamento Q800 TA instrument, frequência de 1Hz, deformação de 0,1, faixa de 3°C/min a 170°C/min e garra para filme.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 DENSIDADE, DUREZA E MFI

A presença do PET pós-consumo promoveu um aumento na densidade, da dureza e no MFI em comparação a matriz de PEAD virgem (Figura 1a, 1b e 1c).

Figura 1- Ensaios físico-mecânicos de Blendas de PEAD virgem e PET pós-consumo: a) Densidade; b) Dureza; c) MFI



O PEAD apresentou um valor de densidade inferior ao do PET. Todas as misturas apresentaram densidades intermediárias aos homopolímeros independentes da presença do

compatibilizante. A incorporação do PET pós-consumo nas misturas promoveu um aumento nos valores de densidade em comparação a matriz de PEAD virgem. A mistura com maior teor de compatibilizante apresentou uma menor densidade.

Apesar da presença do grupo benzênico do PET que é responsável pela rigidez da cadeia molecular, o PET pós-consumo apresentou um menor valor de dureza em decorrência de processos degradativos ocasionados pelo seu reprocessamento e conseqüentemente a quebra da cadeia (ROMAO *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2010). A incorporação do PET pós-consumo nas misturas promoveu um aumento nos valores de dureza em comparação a matriz de PEAD virgem. A mistura com maior teor de compatibilizante apresentou uma menor dureza.

Como era esperado, o PET apresentou um maior índice de fluidez. Esse comportamento representa a degradação do PET ocasionada pelo reprocessamento o que ocasiona uma queda na massa molar (MANCINI *et al.*, 1998; ROMAO *et al.*, 2009). A incorporação do PET pós-consumo nas misturas promoveu um aumento nos valores de MFI em comparação a matriz de PEAD virgem. A mistura com maior teor de compatibilizante apresentou maior MFI.

### 3.2 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

O espectro de FTIR-ATR do PET pós-consumo, PEAD e das Blendas, estão apresentados na Figura 2a e 2b.

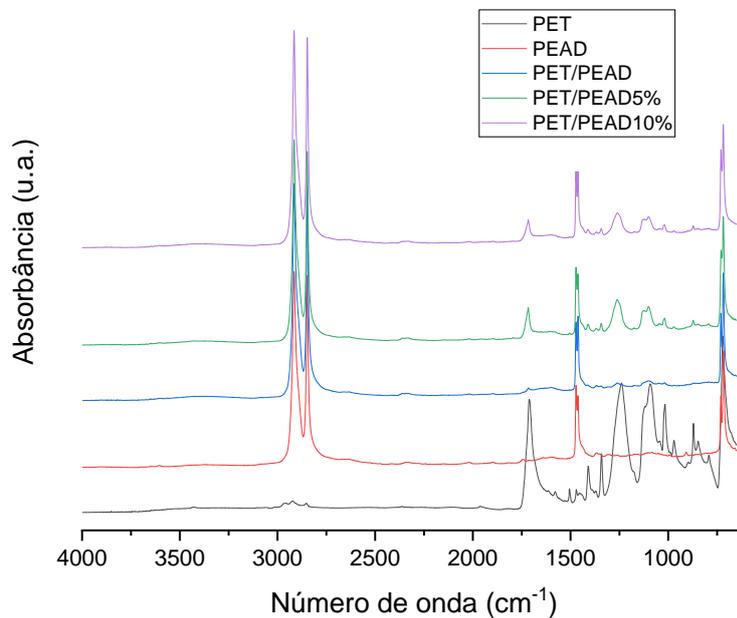
O espectro de FTIR do PET mostra três grupos de bandas principais de absorção que descrevem as características cristalinas e amorfas do PET: entre 898 e 973  $\text{cm}^{-1}$  pertencem às conformações gauche e trans dos grupos oxietileno; entre 1340 e 1370  $\text{cm}^{-1}$ , relacionadas às conformações trans e gauche do  $-\text{CH}_2$  nos grupos éster do PET; o terceiro par de bandas que caracterizaram a cristalinidade do PET, entre 1100 e 1250  $\text{cm}^{-1}$ , atribuídas ao ângulo de torção no grupo éster ( $\text{O}=\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2$ ) do PET. A banda próxima a 1740  $\text{cm}^{-1}$  pertence ao grupo carboxílico ( $-\text{C}=\text{O}$ ) (MECOZZI and NISINI, 2019; ATKINSON *et al.*, 2000; SAMMON *et al.*, 2000).

Como o PET é pós-consumo, outros picos podem ser atribuídos à aditivos utilizados durante o processamento do material (MARTINS *et al.*, 2019).

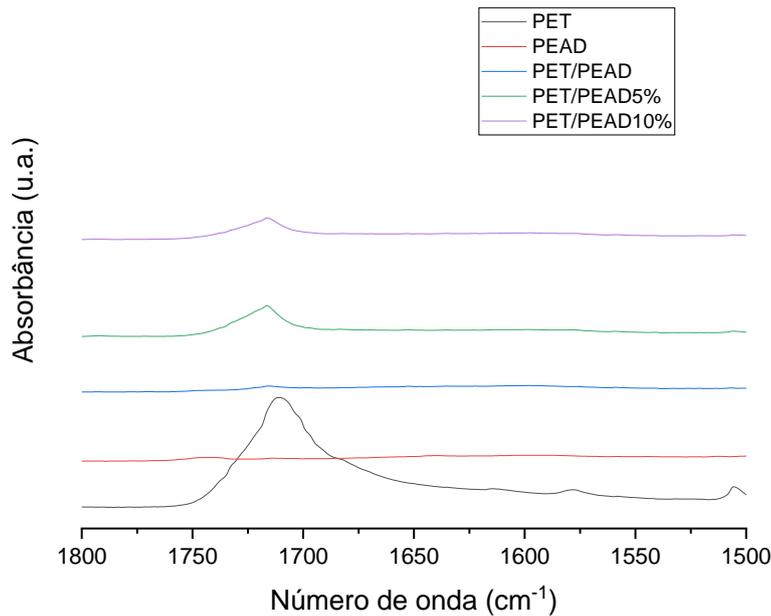
O espectro de FTIR do PEAD mostra três principais bandas de absorção que estão associadas ao modo de vibração da ligação C-H: valência ou *stretching* entre 2950 e 2840  $\text{cm}^{-1}$ ; pêndulo ou *bending* entre 1350 e 1450  $\text{cm}^{-1}$  e torção ou *rocking* em aproximadamente 700  $\text{cm}^{-1}$  (TORRES *et al.*, 2010).

Em relação ao espectro das blendas PEAD/PET compatibilizadas (5% e 10%), o perfil das bandas na região entre de  $1740\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$  (Figura 2b) apresenta características diferentes do PET, o que pode indicar a ocorrência de mudanças químicas como trans-reações. Estas prováveis trans-reações entre o PET e o PEAD são caracterizadas pelas trocas de segmentos dos dois polímeros para a formação de copolímeros, que tendem a compatibilizar a blenda (FEREIRA et al., 2011).

Figura 2- Espectros de FTIR-ATR PET: (a) PET pós-consumo, PEAD e Blendas; (b) Ampliação na região entre  $1800$  e  $1500\text{ cm}^{-1}$



(a)



(b)

### 3.3 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

Os valores de degradação térmica dos homopolímeros e das misturas PEAD/PET sem e com compatibilizante obtidos por TGA estão listados na Tabela 3.

Tabela 3- Valores de degradação térmica do PEAD, PET e das misturas PEAD/PET sem e com compatibilizante

Materiais	T <sub>onset</sub> (°)	T <sub>final</sub> (°)	T <sub>máx</sub> (°C)		Resíduos (%)
			Fração	Fração	
			PEAD	PET	
PEAD	415	497	482	-	1,81
PEAD/PET	394	519	490	473	1,71
PEAD/PET5%	403	523	493	478	1,60
PEAD/PET10%	388	521	490	477	1,43
PET	380	491	-	452	15,12

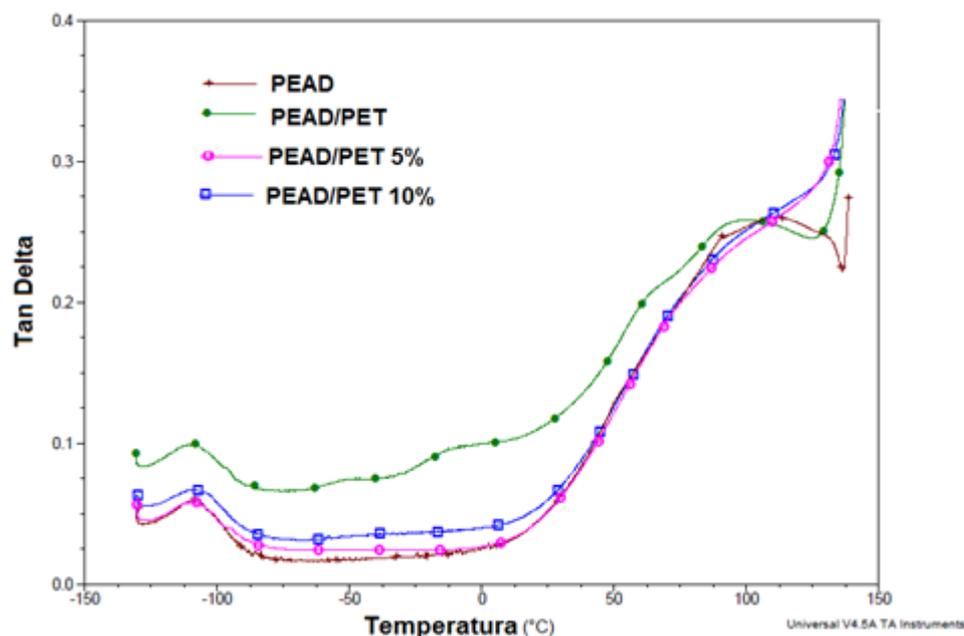
As temperaturas iniciais e finais de degradação do PET foram inferiores aquelas encontradas para o PEAD, indicando que o PET apresenta menor resistência térmica (GRAUSE *et al.*, 2011; CHEN *et al.*, 2018). Em relação às misturas não compatibilizada e compatibilizada,

observou-se que a  $T_{onset}$  foi inferior ao PEAD e superior ao PET, enquanto a  $T_{final}$  foi superior aos homopolímeros independentes da presença do compatibilizante. A temperatura na qual ocorreu a degradação máxima do PEAD e do PET foi de 482 e 452°C, respectivamente. No caso das misturas, nas frações de PEAD, a temperatura ficou em torno de 490° e para as frações de PET, em torno 476°C. A blenda PEAD/PET5% apresentou valores de estabilidade térmica superiores aos homopolímeros puros e as outras blendas estudadas. O PET apresentou um maior resíduo carbonífero (15,12%) resultante da condensação de grupos presentes em suas moléculas (WANG *et al.*, 2019; SINGH *et al.*, 2020). Todos os materiais deixaram resíduo carbonífero que não foram capazes de serem queimados na atmosfera e temperatura utilizadas na análise.

### 3.4 ANÁLISE DINÂMICO-MECÂNICA (DMA)

A Figura 3 mostra as correlações existentes entre os valores de  $Tan \delta$  do PEAD e das blendas. Não foi possível a realização da análise de DMA para a amostra de PET devido a fragilidade do filme obtido. A curva de  $Tan \delta$  do PEAD apresentou um pico mais intenso, entre -150 e -100, representativo da temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ). Considerando as misturas sem compatibilizante e com compatibilizante todas apresentaram as curvas  $Tan \delta$  com dois picos. O primeiro mais intenso representa a  $T_g$  da fase PEAD e o segundo menos intenso aquela da fase PET.

Figura 3- Curva de  $Tan \delta$  do PEAD e das misturas PEAD/PET sem e com compatibilizante



A Tabela 4 mostra os valores da temperatura de transição vítrea,  $T_g$ , do PEAD e das misturas PEAD/PET sem e com compatibilizante, respectivamente. As temperaturas das fases foram praticamente idênticas às dos respectivos homopolímeros, indicando que o sistema é imiscível.

Tabela 4- Valores de  $T_g$  dos materiais obtidos por DMA

Materiais	$T_g$ (DMA) (°C)	
	Fase PEAD	Fase PET
PEAD	- 110	-
PEAD/PET	-112	88
PEAD/PET5%	-110	85
PEAD/PET10%	-115	83
PET	-	-

Em relação à rigidez (fase elástica) das blendas, observa-se na Figura 4 e na Tabela 5 que os valores do módulo de armazenamento ( $E'$ ) das amostras apresentam uma queda com o aumento da temperatura, possivelmente devido à formação de uma interface mais deformável. Pela Tabela 5 observa-se que a  $-50^\circ\text{C}$  a blenda PEAD/PET10% apresentou um maior valor de  $E'$ , o que pode ser justificado pela presença do compatibilizante em maior teor (10%) favorecendo a adesão interfacial entre os componentes da blenda (KAFOGLOU *et al.*, 1995).

Figura 4 - Módulo de armazenamento em função da temperatura

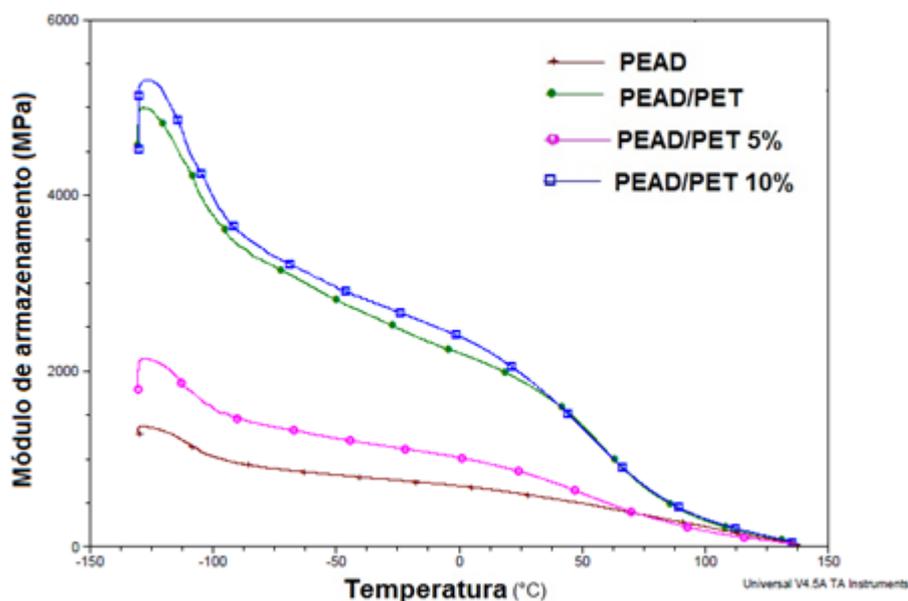


Tabela 5- Propriedades dinâmico-mecânicas dos materiais.

Materiais	E' (MPa)	
	- 50 °C	+ 50 °C
PEAD	800	490
PEAD/PET	2900	1500
PEAD/PET5%	1250	600
PEAD/PET10%	3050	1500
PET	-	-

#### 4 CONCLUSÃO

O compatibilizante afetou as propriedades físico-mecânicas das blendas estudadas. A mistura com maior teor de compatibilizante apresentou menor densidade e menor dureza, porém maior MFI. A presença do PET promoveu um aumento na densidade, da dureza e no MFI em comparação a matriz de PEAD virgem. Conforme observado nos espectros de FTIR-ATR, a provável ocorrência de trans-reações entre o PET e o PEAD (PET/PEAD5% e PET/PEAD10%) tende a favorecer a compatibilização das blendas. A blenda PEAD/PET5% mostrou uma estabilidade térmica superior aos demais materiais. A análise de DTGA sugere a imiscibilidade dos sistemas formados. A análise de DMA confirmou a imiscibilidade das blendas corroborando a análise de DTGA. A blenda PET/PEAD10% apresentou maior módulo de armazenamento (E'), uma vez que a adição do compatibilizante, em maior teor, favorece a adesão interfacial entre os componentes da blenda.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj), à Peterlu e à Polybond.

#### REFERÊNCIAS

ABDUL, R.N.C.; INUWA, I.M.; HASSAN, A.; SAMSUDIN, S.A. Effects of compatibilizers on mechanical properties of PET/PP blend. **Composites Interface**, v. 20, 507–15.,2013.

ABIPET - Associação Brasileira da Indústria do PET. O que é o PET? Disponível em: <<http://www.abipet.org.br>>. Acesso em: maio de 2020.

ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico, 2019. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/>>. Acesso em: maio de 2020.

ASTM D792-13. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement. In: Annual Book of ASTM, 2013.

ASTM D2240-05. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness. In: Annual Book of ASTM, 2010.

ASTM D1238-01. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Melt flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer. In: Annual Book of ASTM, 2002.

ATKINSON, J.R.; BIDDLESTONE, F.; HAY J.N. An investigation of glass formation and physical ageing in poly (ethylene terephthalate) by FT-IR spectroscopy. **Polymer**, v. 41(18), p. 6965–6968, 2000.

BHATNAGAR, M.P; MAHANWAR, P. Investigating the compatibility of thermoplastic polyester elastomer/high-density polyethylene blends and its effect on the horizontal flame propagation. **Plastics, Rubber and Composites**, v.49, p.66-78, 2019.

BIRCH, N.P.; LIU, K.; MUN, S.C.; GHAZARYAN, G.; SENGER, C.T.; Ellison, C.J. Accelerating the Coupling of Maleated Polyolefins with Polyesters via Tin Compounds. **Macromolecules**, v. 52, p. 8359-8366, 2019.

CHEN, S.C.; ZHANG, L.H.; ZHANG, G.; ZHONG, G.C.; LI, J.; ZHANG, X.M.; CHEN, W.X. An investigation and comparison of the blending of LDPE and PP with diferente intrinsic viscosities of RPET. **Polymers**, v. 10, p. 147-161, 2018.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem, 2020. Disponível em: <<http://cempre.org.br/>>. Acesso em: maio de 2020.

CRUZ, S.A.; FARAH, M.; ZANIN, M.; BRETAS, R.E.S. Avaliação das propriedades reológicas de blendas de PEAD virgem/PEAD reciclado. **Polímeros**, v.18, p.144-151, 2008.

DIMITROVA, T.L.; LA MANTIAA, F.P., PILATIB, F.; TOSELLIC, M.; VALENZAD, A.; VISCOD, A. On the compatibilization of PET/HDPE blends through a new class of copolyesters. **Polymer**, v. 41, p. 4817–4824, 2000.

DI SOUZA, L.; TORRES, M. C. M.; RUVOLLO-FILHO, A. C. Despolimerização do Poli (Tereftalato de Etileno) - PET: Efeitos de Tensoativos e Excesso de Solução Alcalina. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 18, p. 334-341, 2008.

FERREIRA, C.T.; FONSECA, J.B., SARON, C. Reciclagem de rejeitos de poli (tereftalato de etileno) (PET) e de poliamida (PA) por meio de extrusão reativa para preparação de blendas. **Polímeros**, v. 21(2), p. 118-122, 2011.

FOX, D.W.; ALLEN, R.B. Compatibility IN: Encyclopedia of polymer Science and Engineering. 2a ed. Nova Iorque, John-Wiley & Sons, v.3, p.760, 1985.

GRAUSE, G.; HANDA, T.; KAMEDA, T.; MIZOGUCHI, T.; YOSHIOKA, T. Effect of temperature management on the hydrolytic degradation of PET in a calcium oxide filled tube reactor. **Chemical Engineering Journal**, v. 166, p. 523–528, 2011.

HENDGES, A. S. Brasil se destaca no reuso do PET. **Revista Cidadania & Meio Ambiente**, v.9, 2014.

JIA S.; QU J.; WU C.; LIU W.; CHEN R.; ZHAI, S. Novel dynamic elongational flow procedure for reinforcing strong, tough, thermally stable polypropylene/thermoplastic polyurethane blends. **Langmuir**, v.29, p. 13509- 13517, 2013.

KAFOGLOU, N., KAFIDAS, D.S., KALLITSIS, K.J., LAMBERT, J.C., STAPPEN, L.V.D. Comparison of compatibilizer effectiveness for PET/HDPE blends. **Polymer**, v. 36, p. 4453-4462, 1995.

LEPERS J.C.; FAVIS, B.D; TABAR R.J. The relative role of coalescence and interfacial tension in controlling dispersed phase size reduction during the compatibilization of polyethylene terephthalate/polypropylene blends. **Journal of Polymer Science Part B**, v.35, p.2271–80, 1997.

LI, H.X.; HU, G.H. The early stage of the morphology development of immiscible polymer blends during melt blending: Compatibilized vs. uncompatibilized blends, **Journal of Polymer Science Part B-Polymer Physics**, v.39, p.601-610, 2001.

LÍBANO, E. V. D. G.; GOMES, R. F. F.; MATTOS, M. D. Síntese de argila organofílica e sua incorporação via extrusão para a obtenção de compósitos com o polietileno de alta densidade. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 20, p. 156-167, 2019.

LIN T.; ZHU L.; CHEN T.; GUO, B. Optimization of mechanical performance of compatibilized polypropylene/poly (ethylene terephthalate) blends via selective dispersion of halloysite nanotubes in the blend. **Journal of Applied Polymer Science**, v.129, p.47–56, 2013.

LUCAS, E. F.; SOARES, B. G.; MONTEIRO, E. E. C. Caracterização de polímeros. Rio de Janeiro, e-papers, 2001.

MANCINI, S. D.; BEZERRA, M. N.; ZANIN, M. Reciclagem de PET avançada de garrafas de refrigerante pós-consumo. **Polímeros**, v.8, p.68-75,1998.

MANO, E.B. Polímeros: Como Materiais de Engenharia. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1991.

MARTINS, S.; BARROS, M. M.; PEREIRA, P. S. C.; BASTOS, D. Use of manufacture residue of fluidized-bed catalyst-cracking catalyzers as flame retardant in recycled high-density polyethylene. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 8(2), p.2386-2394, 2019.

MECOZZI M. and NISINI. L. The differentiation of biodegradable and non-biodegradable polyethylene terephthalate (PET) samples by FTIR spectroscopy: A potential support for the structural differentiation of PET in environmental analysis. **Infrared Physics and Technology** v. 101, p. 119–126, 2019.

MENDES, L.C., ABRIGO, E.R; RAMOS, V.D. PEREIRA, P.S.C. Effect of melt flow rate of polycarbonate and cobalt catalyst on properties of PET/PC (80/20 wt%) reactive blending. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 99, p. 545–549, 2009.

PANG Y.X; JIA, D.M.; HU, H.J.; HOURSTON, D.J.; SONG, M. Effects of a compatibilizing agent on the morphology, interface and mechanical behaviour of polypropylene/poly (ethylene terephthalate) blends. **Polymer**, v.41, p. 357–65, 2000.

PAWLAK, A.; MORAWIEC, J.; PAZZAGLI, F.; PRACELLA, M.; GALESKI, A. Recycling of postconsumer poly (ethylene terephthalate) and high-density polyethylene by compatibilized blending. **Journal of applied polymer science**, v. 86, p. 473-1485, 2002.

PEREIRA, P.S.C.; Mendes, L.C.; DIAS, M.L.; SIRELLI, L. Influence of cobalt complex on thermal properties of poly(ethylene terephthalate)/polycarbonate blend. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v.87, p. 667–671, 2007.

PEREIRA, P.S.C.; MENDES, L.C.; ABRIGO, E.R. Changes in properties of PET/PC blend by catalyst and time. **International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials**, v.57, p.494-505, 2008.

PEREIRA, P.S.C.; Mendes, L.C.; RAMOS, V.D. Rheological study bringing new Insights Into PET/PC Reactive Blends. **Macromolecular Symposium**, v. 290, p. 121-131, 2010.

PRACELLA, M.; ROLLA, L.; CHIONNA, D.; GALESKI, A. Compatibilization and properties of poly (ethylene terephthalate)/polyethylene blends based on recycled materials. **Macromolecular Chemistry and Physics**, v. 203, p.1473-1485, 2002.

ROMAO, W.; SPINACE, M.A. S.; PAOLI, M.A. Poli (tereftalato de etileno), PET: uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem. **Polímeros**, v.19, p.121-132, 2009.

SAMMON, C.; YARWOOD, J.; EVERALL, N. A FTIR study of the effect of hydrolytic degradation on the structure of thin PET films. **Polym. Degrad. Stabil.**, v. 67 (1), p. 149-158, 2000.

SINGH, R.K.; RUJ, B., SADHUK.HAN, A.K.; GUPTA, P. A TG-FTIR investigation on the co-pyrolysis of the waste HDPE, PP, PS and PET under high heating conditions. **Journal of the Energy Institute**, v. 93, p. 1020-1035, 2020.

SPERLING, L. H.; THOMAS, D. A. Polymer blends. Academic Press, New York, 1978

SPINACÉ, M. A. S.; DE PAOLI, M. A. A Tecnologia de Reciclagem de Polímeros. **Química Nova**, v. 28, pp. 65-72, 2005.

TORRES, A.V.A.; D´ALMEIDA, J.R.M.; HABAS, J-P. Avaliação do Efeito de um Óleo Parafínico sobre o Comportamento Físico-Químico de Tubulações de Polietileno de Alta Densidade. **Polímeros**, v. 20 (5), p. 331-338, 2010.

BRUGGEN E.P.A.; KOSTER, R.P.; PICKEN, S.J.; RAGAERT K. Influence of processing parameters and composition on the effective compatibilization of polypropylene–poly (ethylene terephthalate) blends. **International Polymer Processing**, v.31, p.179–87, 2016.

WANG, D.; YANG, B.; CHEN, Q.T.; CHEN, J.; SU, L.F.; CHEN, P.; ZHENG, Z.Z.; MIAO, J.B.; QIAN, J.S.; XIA, R.; SHI, Y. A facile evaluation on melt crystallization kinetics and thermal properties of low-density polyethylene (LDPE)/Recycled polyethylene terephthalate (RPET) blends. **Advanced Industrial and Engineering Polymer Research**, v. 2, p. 126-135, 2019.

WANG, Y.; ZHANG, Y.; SONG, H.; WANG, Y.; DENG, T.; HOU, X. Zinc-catalyzed ester bond cleavage: Chemical degradation of polyethylene terephthalate. **Journal of Cleaner Production**, v. 208, p. 1469-1475, 2019.