

# Correlação entre o Comportamento Dinâmico-Mecânico e a Mudança de Morfologia de Fase de Blendas PC/ABS após Tratamento Térmico

Bushra I. Chaudhry, Sérgio L. Dulcini e Elias Hage Jr.

**Resumo:** A morfologia de fase de amostras injetadas da blenda de Policarbonato/ABS foi estudada na composição de 70/30, em função do tempo de tratamento térmico à temperatura de 150 °C e sob pressão de 11 Kgf/cm<sup>2</sup>. Foi observado com o decorrer do tempo de tratamento que a fase ABS sofreu um processo de coalescência, fazendo com que o tamanho de partícula da fase aumentasse significativamente. Os resultados termodinâmico-mecânicos mostraram que a separação de fases tornou-se mais acentuada após o tratamento térmico, sendo coerente com a morfologia de fases observada.

**Palavras-chave:** *Blendas poliméricas, policarbonato, ABS, miscibilidade, compatibilidade*

## Introdução

As blendas de policarbonato (PC) e terpolímero acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) apresentam ampla faixa de aplicação na indústria automotiva e competem com inúmeros termoplásticos de engenharia, pois apresentam como propriedades intrínsecas elevada resistência ao impacto e tenacidade, boa processabilidade e um baixo custo, quando comparadas ao PC puro<sup>1-5</sup>. Trata-se de uma blenda compatível, uma vez que esta apresenta sinergismo em algumas de suas propriedades<sup>6</sup>. Apesar do ABS apresentar menor resistência ao impacto que o PC na temperatura ambiente, sua incorporação na blenda elimina o efeito da espessura sobre a resistência ao impacto do PC. Como é sabido, o PC puro apresenta excelente resistência ao impacto para espessuras inferiores a 3 mm, mesmo sendo um termoplástico vítreo a tem-

peratura ambiente. Sua resistência cai drasticamente para espessuras maiores. A presença de ABS elimina a espessura crítica e favorece uma resistência a impacto mais homogênea.

A blenda polimérica PC/ABS é imiscível, formando mais que uma fase em seu estado final de mistura. Alguns autores<sup>1,6-8</sup> consideram sua morfologia de fases como co-contínua para diversas composições, ou seja, não existe uma fase dispersa bem definida. Entretanto, em muitos casos a morfologia co-contínua pode ser um sinal de que a mistura não teve tempo suficiente para que uma das fases se dispersasse. Portanto, esse estado da mistura pode ser considerado termodinamicamente instável. Elmen-dorp<sup>9</sup> mostrou que o tempo necessário para que uma fase se disperse na matriz de uma blenda imiscível pode ser calculado a partir da razão de viscosidades entre os componentes da mistura, da tensão de cisa-

Bushra I. Chaudhry, Sérgio L. Dulcini e Elias Hage Jr., UFSCar/DEMa, Caixa Postal 676, CEP 13560-905, São Carlos, SP

lhamento imposta à mistura e da tensão interfacial entre as fases geradas durante a mistura. Se o tempo calculado for maior que o tempo efetivo de mistura no equipamento de incorporação, por exemplo uma extrusora, a fase dispersa se manteria como se fosse co-contínua. Essa instabilidade de morfologia procuraria o seu estado de maior estabilidade quando fosse submetida a um novo ciclo de processamento. Assim, o prosseguimento da etapa de separação de fases ocorreria durante esse próximo ciclo.

Uma mudança na microestrutura de um sistema heterogêneo, como a blenda PC/ABS, resulta na mudança das propriedades macroscópicas do mesmo. O processo posterior de segregação de fases pode afetar as propriedades finais dos produtos, como por exemplo através do surgimento de trincas em seções tensionadas. Ao se realizar um tratamento térmico, esse processo se acelera. Quitens *et al.*<sup>7,8</sup> examinaram a morfologia de fase de blendas de PC/SAN quando submetidas a tratamento térmico e observaram um engrossamento da fase dispersa e uma perda de ductilidade. O parâmetro de Chalkey foi utilizado para quantificar a morfologia.

Em vista disso, o objetivo deste trabalho foi estudar a mudança da morfologia com tratamento térmico de amostras injetadas da blenda PC/ABS: 70/30, correlacionando com sua resposta dinâmico-mecânica. Avaliou-se ainda o efeito do tempo de tratamento térmico sobre a morfologia de fases, assim como sobre o comportamento dinâmico-mecânico da blenda polimérica PC/ABS.

## Experimental

### Materiais

Foram utilizados um policarbonato do tipo Bisfenol-A (GE), marca LEXAN 4535, com viscosidade intrínseca de 0,62 g/dL e  $T_g = 155\text{ }^\circ\text{C}$  e um ABS cuja composição química, em peso, é 22% de acrilonitrila, 25% de butadieno e 53% de estireno e possui uma temperatura de distorção térmica (HDT) igual a  $86\text{ }^\circ\text{C}$ . Todos os materiais foram gentilmente cedidos pela COPLIN S.A e pela NITRIFLEX S.A.

### Método

A composição da blenda PC/ABS estudada foi 70/30, em peso. Os polímeros foram misturados numa extrusora Werner-Pfleiderer, com perfil de baixo cisalhamento. Os corpos de prova foram moldados por injeção. Para realizar o tratamento térmico, as

amostras da blenda foram condicionadas numa câmara hermeticamente vedada e submetidas a tratamento térmico num forno a  $155\text{ }^\circ\text{C}$  sob pressão de  $11\text{ Kg/cm}^2$ . Cada amostra foi mantida no forno por 8 e 10 horas. Após este tratamento, realizou-se análise da morfologia num microscópio eletrônico de varredura (MEV, marca Zeiss) e análise dinâmico-mecânica num equipamento DMTA-PL, à frequência de 1 Hz sob modo de flexão e uma taxa de aquecimento de  $1\text{ }^\circ\text{C/min}$ .

A morfologia foi quantificada por meio do Parâmetro de Chalkey ( $T^*$ ), uma relação entre o volume e a área superficial da fase dispersa, no caso o ABS. A análise feita por meio de uma micrografia da amostra desejada. Para obter esse parâmetro, foram lançadas aleatoriamente agulhas de comprimento  $\mu$  na micrografia, como mostra a Fig. 1, e relaciona-se o número de vezes em que a agulha intercepta o contorno da fase dispersa, ou número de "cuts" ( $N_c$ ), e as vezes em que sua ponta cai no interior da fase dispersa, ou número de "hits" ( $N_h$ )<sup>7,8</sup>. O parâmetro de Chalkey é então definido como:

$$(T^*) = \frac{V}{S} = \frac{\mu N_h}{4v N_c} \quad (1)$$

onde  $V$  é o volume,  $S$  é a área superficial e,  $v$  é o número total de lançamentos.

Fazendo uma análise deste parâmetro, observamos que a medida que a área superficial total da fase dispersa diminui, ou quando esta se torna mais grosseira, o parâmetro de Chalkey aumenta, considerando-se constante seu volume. É mais usual utilizar nas análises o inverso desse parâmetro, pois é a área superficial que varia.

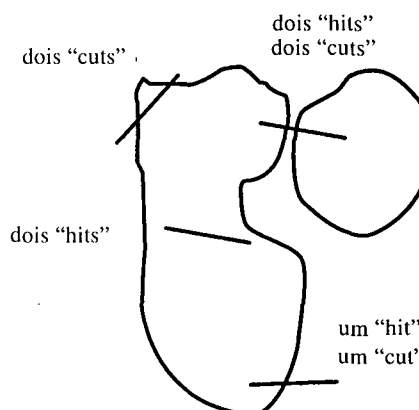


Figura 1. Exemplo da análise de Chalkey.

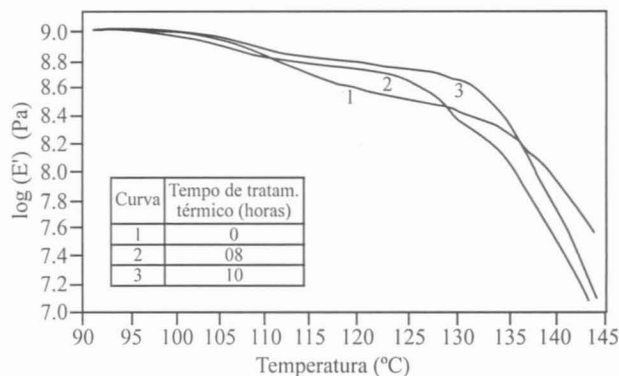
**Tabela 2:** Inverso do parâmetro de Chalkey para blenda PC/ABS [cm<sup>-1</sup>].

Tempo de Tratamento [h]	(T*) <sup>-1</sup>
0	5128
08	4525
10	3333

## Resultados e Discussão

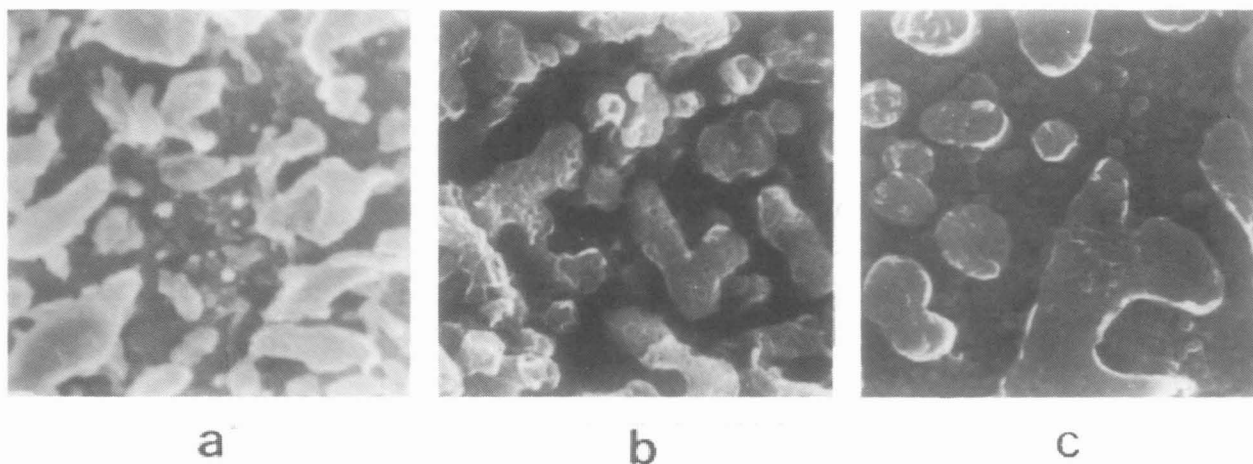
Pode ser visto nas micrografias da Fig. 2, que o tratamento térmico das amostra da blenda provocou o engrossamento da morfologia de fase, o que foi confirmado pelos resultados do recíproco do parâmetro de Chalkey (Tabela 2), uma vez que seu valor diminui com o aumento do tempo do tratamento. A morfologia de fase desta blenda aparenta ser co-contínua, o que é um estado metaestável onde cada fase encontra-se tensionada, tentando se afastar da outra. Com o tratamento térmico sob pressão, as tensões devidas à tentativa de separação são relaxadas e as moléculas da fase minoritária passam a ter mais mobilidade para se difundir em direção a sua fase de origem, provocando um engrossamento dessa fase e tornando-a mais dispersa na matriz, como é o caso da fase ABS na matriz de PC. Quitens *et al.*<sup>7,8</sup> atribuem as causas do engrossamento de fases de um sistema co-contínuo a mecanismos como coagulação, relaxamento, encolhimento e separação de fases.

A análise dinâmico-mecânica da blenda polimérica PC/ABS é realizada observando-se o comportamento do módulo dinâmico E' em função da temperatura, como mostrado na Fig. 3. A curva 1, amostra sem tratamento térmico, mostra duas regiões



**Figura 3.** Curva de módulo dinâmico em função da temperatura para a blenda PC/ABS: 70/30 em diferentes tempos de tratamento térmico.

de queda acentuada do módulo dinâmico E', uma entre 95 e 120 °C, correspondente à transição vítreo-borrachosa da fase termoplástica do ABS, e outra entre 125 e 145 °C, correspondente à mesma transição da fase PC na blenda. O platô de E' vs. temperatura entre as respectivas regiões de queda de E' corresponde ao comportamento da blenda onde a fase termoplástica do ABS encontra-se no estado borrachoso, acima de Tg, e a fase PC encontra-se no estado vítreo. A morfologia co-contínua desta blenda observada na Fig. 2a faz com que as transições vítreo-borrachosas sejam mais difusas. À medida que decorre o tempo de tratamento térmico e as fases do ABS e do PC tornam-se mais definidas, a curva E' vs. temperatura modifica seu comportamento. Após 8 horas de tratamento (curva 2), o nível do platô torna-se superior, mostrando que a definição da matriz de PC faz com que essa fase contribua mais para o valor do módulo, já que esta se encontra abaixo de Tg. O



**Figura 2.** Micrografias da blenda PC/ABS:70/30 em diferentes tempos de tratamento térmico: a) 0, b) 8 e c) 10 h. Aumento de 5000 x, ----- 2 μm.

tempo de 8 h de tratamento proporciona um estágio intermediário de transformação, visto que após 10 h de tratamento (curva 3), a separação acentuada da fase minoritária de ABS deixa espaço para a fase PC contribuir mais com E' na região do platô. Esse comportamento é compatível com a morfologia observada na Figura 2c. Assim, o tratamento térmico sob pressão favorece o fenômeno de separação de fases, provocando a formação de uma morfologia bem definida de fase dispersa, ABS, numa matriz contínua de PC.

## Conclusão

O tratamento térmico nas blendas PC/ABS: 70/30 a uma temperatura acima da temperatura de deflexão térmica do policarbonato, sob pressão, provocou o engrossamento de fase da blenda.

O parâmetro de Chalkey mostrou-se um método útil para quantificar morfologia, uma vez que seus resultados concordaram com aqueles obtidos visualmente.

A fase PC da blenda influi no módulo dinâmico (E') da blenda após o tratamento térmico, devido ao caráter cada vez mais contínuo dessa fase.

A correlação entre morfologia de fases e comportamento termodinâmico-mecânico pode ser considerada razoável para a blenda PC/ABS.

## Agradecimentos

À COPLEN e NITRIFLEX pelo material cedido e auxílio financeiro.

À FAPESP pela bolsa de iniciação científica.

## Referências Bibliográficas

1. Keitz, J.D.; Barlow, J.W.; Paul, D.R. - J. Appl. Polym. Sci., 29, 3131-3145 (1984).
2. Suarez, H.; Barlow, J.R.; Paul, D.R. - J. Appl. Polym. Sci., 29, 3253-3259 (1984).
3. Chiang, w-y.; Hwung, d-S. - Antec'86, May, 492-496 (1986).
4. Chin, w-k.; Hwang, J-L. - Antec'87, May, 1379-1383 (1987).
5. Hage, E.Jr. - Blendas Poliméricas - Apostila ABPol (1990).
6. Dulcini, S.L.; Hage, E.Jr. - Cong. Bras. Pol. I, nov/1991, São Paulo, vol.2, ABPol.
7. Quitens, D.; Groeninckx, G.; Guest, M, Aerts, L. - Polym. Eng. Sci., 30 (22), 1484-1490 (1990).
8. Quitens, D.; Groeninckx, G.; Guest, M.; Aerts, L. - Polym. Eng. Sci., 30 (22), 1474-1483 (1990).
9. Elmendorp, J.J. - Polym. Eng. Sci., 26 (6), 418-426 (1986).