

### IP-I-3

#### Avaliação cinética do aumento de viscosidade intrínseca de “flakes” de PET

Santos, A. S. F. \*; Agnelli, J. A. M.; Manrich, S.

DEMa – UFSCar, CP: 676, 13565-905 – São Carlos – SP - \*pasfs@iris.ufscar.br

#### Abstract:

Polyethylene terephthalate flakes were subjected to solid state polymerization (SSP) by heating under vacuum at 225 °C. Measurements of intrinsic viscosity were used to monitor the increase of this property on time. An efficiency of thirty percent on intrinsic viscosity of PET flakes was observed under these conditions, considering an initial intrinsic viscosity of 0,70 dL.g<sup>-1</sup>.

**Key-words:** Solid state polymerization, PET, recycling, flakes.

#### Introdução

A polimerização no estado sólido (SSP) é um processo realizado sob altas temperaturas e sob fluxo de gás inerte ou pressão reduzida, para que os finais de cadeia do polímero adquiram mobilidade suficiente para reagirem entre si e os subprodutos formados sejam removidos de forma a deslocar o equilíbrio da reação<sup>1,2,3</sup>. A aplicação desse processo durante a reciclagem de PET é relativamente recente, pois, apenas na última década, o retorno do plástico reciclado ao contato direto com alimentos foi viabilizado, apesar de ainda ser proibido na maior parte do mundo<sup>4</sup>.

Por meio desse processo, a viscosidade intrínseca (VI) do PET reciclado pode atingir os mesmos valores do PET virgem, recuperando inclusive suas propriedades originais. Visando justamente aplicar esse conceito à reciclagem de “flakes” de PET é que nesse trabalho foi feita uma avaliação da eficiência e cinética de aumento da VI de flakes de PET sob condições de vácuo relativamente brandas.

#### Experimental

Foram utilizadas garrafas de 2L de PET doadas pela Engpack Embalagens São Paulo Ltda. Apenas a região central da garrafa foi moída e selecionada para essas análises. Esse procedimento garante uniformidade de espessura para os “flakes”. Posteriormente, esses “flakes” também foram peneirados em malhas de 3 mm e 12 mm para minimizar as dispersões no formato e tamanho dos mesmos. A viscosidade inicial dos “flakes” de PET utilizados foi 0,70 dL.g<sup>-1</sup>.

Os testes de SSP foram realizados numa estufa a vácuo Marconi MA030, sob um vácuo estático de 30 mmHg. Foi empregada uma pré-condição de secagem de 4h a 180 °C para todas as amostras, visando reduzir o teor residual de umidade do PET e também, cristalizá-lo de forma a evitar que as partículas grudassem uma nas outras. Após a secagem, a temperatura do sistema foi elevada a 225 °C e ensaios independentes foram realizados para tempos de reação de 40, 70, 260, 415 e 480 min.

As medidas de viscosidade intrínseca foram feitas em fenol/tetracloroetano (60:40), segundo a norma ASTM D 4603 – 91. Seu cálculo foi feito pela equação de Billmeyer.

## Resultados e Discussão

Considerando por resultados preliminares que 225 °C é a temperatura máxima que os “flakes” podem ser submetidos mantendo suas características ópticas e aumentando sua VI, sem fundir, sob as condições empregadas, pode-se observar pela figura 1 que a taxa de incremento de viscosidade no tempo é mínima a partir de 200 min. No entanto, o tempo mínimo que permite o valor tecnológico do PET reciclado retornar aos níveis do PET virgem ( $VI = 0,80 \text{ dL.g}^{-1}$ ), principalmente em termos de massa molar é menor que 70 min. O patamar observado é uma função do equilíbrio dinâmico entre as reações de esterificação e policondensação, com as reações de degradação térmica que ocorrem paralelamente nessas condições <sup>1,2</sup>.

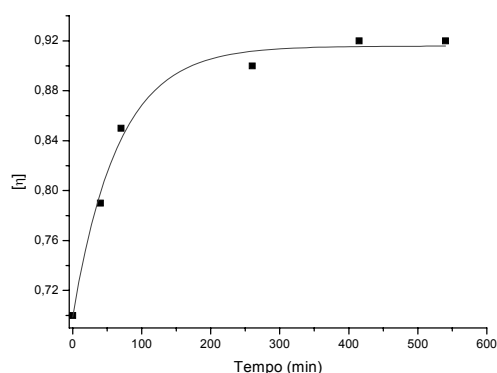


Figura 1 – Cinética do aumento de VI a 225°C sob vácuo (30 mmHg).

Considerando que a viscosidade intrínseca inicial constitui uma das variáveis que influencia diretamente a taxa de reação de policondensação e que  $0,70 \text{ dL.g}^{-1}$  é um valor relativamente baixo para esse tipo de resíduo, os resultados obtidos provavelmente simulam taxas de reação relativamente lentas aquelas que serão encontradas durante a reciclagem de “flakes” de PET. No entanto, avaliações mais precisas de variáveis como razão entre a concentração de grupos finais carboxílicos e hidroxílicos e tipo de catalisador se fazem necessárias para tal afirmação.

## Conclusões

Os resultados obtidos comprovam a viabilidade técnica do retorno do PET reciclado ao contato direto com alimentos, sob condições relativamente brandas de polimerização no estado sólido. No entanto, o principal obstáculo para aplicações em embalagens monocamadas com 100% de material reciclado é a viabilização econômica da descontaminação desse resíduo, além da necessidade de abertura da legislação em vários países com relação a esta aplicação.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP pela Bolsa de Doutorado.

## Referências

1. Kamatani, H.; Konagaya, S.; Nakamura, Y. *Polymer Journal*, v. 12, p. 125-130, 1980.
2. James, D. E.; Packer, L. G. *Ind. Eng. Chem. Res.*, v. 34, p. 4049-4057, 1995.
3. Sun, Y. M.; Shieh, J. Y. *J. Applied Polym. Sci.*, v. 81, p. 2055-2061, 2001.
4. Bayer, F. L. *Food Additives and Contaminants*, v. 14 (6-7), p. 661, 1997.