

CARACTERIZAÇÃO DE UMA RESINA PET POR REOMETRIA DE TORQUE

ANDRADE, Daniella Stepheny Carvalho^{1G}; ALVES, Tatianny Soares²; BARBOSA, Renata³; CANEDO, Eduardo Luis⁴

¹ Universidade Federal do Piauí, UFPI, Teresina, Piauí, daniellascandrade@gmail.com.

² Universidade Federal do Piauí, UFPI, Teresina, Piauí, tsaeng3@yahoo.com.br.

³ Universidade Federal do Piauí, UFPI, Teresina, Piauí, renatabarbosa@yahoo.com.

⁴ Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, Paraíba, ecanedo2004@yahoo.com.

RESUMO

Parâmetros que envolvem o processamento de polímeros são fatores que influenciam nas características do produto final e a busca por melhores propriedades é sempre desejada pela indústria transformadora. Este trabalho teve como objetivo avaliar as características reológicas do politereftalato de etileno (PET) de elevada viscosidade por reometria de torque, assim como estimar sua taxa de degradação incipiente durante o processamento em misturador interno de laboratório. Para a obtenção desses dados a resina foi processada em condições de temperatura e velocidade dos rotores variadas. A análise dos resultados obtidos na última etapa do processamento permitiu estimar o coeficiente de temperatura da viscosidade $\beta \approx 0,05^\circ\text{C}^{-1}$ e o índice de pseudoplasticidade do PET nas condições testadas $n \approx 0,8$. Verificou-se que a taxa de degradação sofrida pela resina durante o processamento, nessas condições, é desprezível.

PALAVRAS-CHAVE: Politereftalato de etileno. Reologia. Viscosidade. Degradação.

1. INTRODUÇÃO

O PET é a terceira resina polimérica mais consumida no Brasil, sendo superada apenas pelo polipropileno e polietileno (de baixa e alta densidade e, de baixa densidade linear).¹ É uma das resinas poliméricas mais consumidas em embalagens, tendo geralmente um menor tempo de vida útil, o que a torna um dos maiores causadores de resíduos sólidos que provocam danos ambientais. Devido a este fato é também uma das resinas mais recicladas no Brasil.

A resina PET de viscosidade mais elevada possibilita a produção de embalagens mais leves voltadas para a indústria farmacêutica e alimentícia, incluindo bebidas carbonatadas e águas gaseificadas, além de produtos para produtos de limpeza² com ponto de fusão de 255°C e densidade aproximada de 1,38 g/cm³ a 25°C.³

Este trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades reológicas do PET de alta viscosidade por reometria de torque, bem como estimar a taxa de degradação incipiente sofrida durante o processamento em um misturador interno de laboratório.

2. METODOLOGIA

A resina utilizada foi o politereftalato de etileno com nome comercial PQS CDS Plus, fabricada e fornecida pela Petroquímica Suape (PQS). Sua viscosidade intrínseca é 0,85 ± 0,02 dl/g (ASTM D 4603) o que a torna a resina com a mais alta viscosidade no mercado sul-americano.

Os testes foram conduzidos no misturador interno de laboratório Haake Rheomix 3000, da Thermo Scientific, com rotores do tipo “roller”. Este equipamento registra a temperatura no interior da câmara de processamento T (°C) e o torque total Z (Nm) como funções do tempo t (min), a razão de 1 ponto por segundo.

Após a secagem em estufa com circulação de ar a 130 °C por 6 horas as amostras da resina PET foram processadas em diferentes condições operacionais. Testes foram conduzidos a 60 rpm e três temperaturas da parede da câmara de mistura (265, 280 e 295 °C) e após fixar a temperatura da parede (280 °C) foram avaliadas seis velocidades de rotação dos rotores (30, 60, 90, 120, 150 e 180 rpm). A massa da batelada, 300 g, assegura um fator preenchimento de 70% do volume livre da câmara de processamento, medido a temperatura ambiente.

Na busca por analisar as propriedades reológicas e o efeito do processamento na degradação por reometria de torque, a metodologia de análise dos resultados foi baseada nos modelos desenvolvidos por

Canedo e Alves (2015)⁴ e Alves *et al* (2016)⁵. A análise de $T(t)$ e $Z(t)$ durante o último estágio de processamento (o processamento do fundido) permite estimar as características reológicas (dependência da viscosidade com a temperatura e a taxa de cisalhamento) do material processado e avaliar a taxa de degradação incipiente durante o processamento.

Os testes a diferentes temperaturas T_0 da parede da câmara e $N = 60$ rpm foram utilizados para estimar o coeficiente de temperatura da viscosidade (β) e os testes $T_0 = 280^\circ\text{C}$ e velocidade dos rotores de 30 rpm a 120 rpm para estimar o índice de pseudoplasticidade (n) da resina PET nas condições de processamento. A degradação incipiente durante o estágio final de processamento foi estudada em todos os testes realizados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estabilização do torque e da temperatura observada a partir de 5 min de processamento do polímero indicam que o polímero encontra-se substancialmente fundido na segunda metade do processamento. O intervalo final de 8 a 10 min de processamento foi escolhido para a caracterização reológica do PET, utilizando uma temperatura de referência $T^* = 280^\circ\text{C}$. A temperatura e o torque médios, \bar{T} e \bar{Z} , foram avaliados a velocidade de rotação constante ($N = 60$ rpm) e o coeficiente (exponencial) de temperatura da viscosidade β foi estimado pela regressão linear de $\ln \bar{Z}$ versus $\bar{T} - T^*$, obtendo-se o valor: $\beta = 0,053 \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

O torque ajustado a temperatura de referência foi estimado como:

$$Z^* = Z \exp\{\beta(T - T^*)\}$$

A Figura 1 apresenta a temperatura média e o torque ajustado médio nos últimos 2 minutos de processamento para diferentes velocidades de rotação dos rotores.

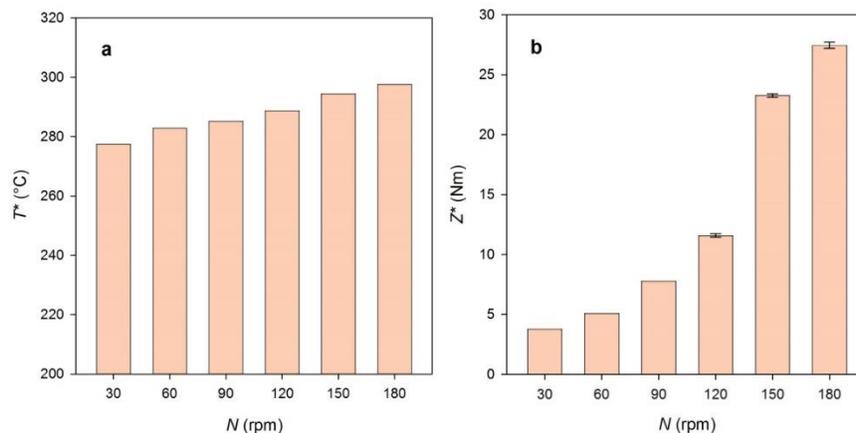


Figura 1. Temperatura média (a) e torque ajustados médio (b) a diferentes velocidades de rotação.

O índice de pseudoplasticidade n foi estimado pela regressão linear de $\ln \bar{Z}^*$ versus $\ln N$ para os testes realizando a velocidades de rotação entre 30 rpm e 120 rpm sendo o valor obtido, $n = 0,78$.

A taxa de variação do torque ajustado no intervalo terminal foi avaliada e a taxa relativa de variação R_Z estimada como:

$$R_Z = \frac{1}{\bar{Z}^*} \frac{dZ^*}{dt}$$

assim como taxa relativa de variação da massa molar média ponderal R_M :

$$R_M = \frac{R_Z}{2,5 + n}$$

de acordo com os procedimentos descritos nas referências citadas.

Na Figura 2 é possível observar que a taxa de variação relativa da massa molar média ponderal é negativa (exceto a 60 rpm), o que sugere a degradação incipiente durante o último estágio de processamento. Porém, os pequenos valores observados, $|R_M| < 1\%$ por minuto de processamento, não permitem afirmar que se trate efetivamente de um processo de degradação em andamento que, de toda forma, seria mínimo.

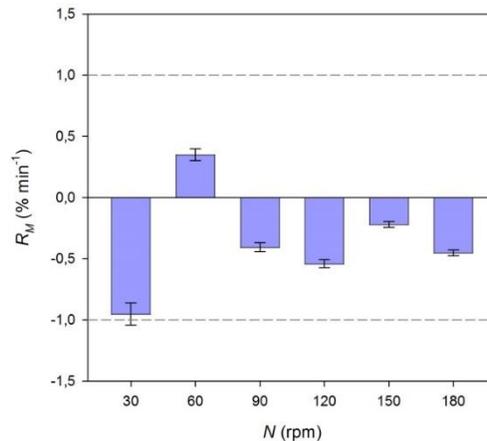


Figura 2. Taxa de variação relativa da massa molar média ponderal para diferentes velocidades de rotação. As linhas de traços delimitam a zona.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da caracterização por reometria de torque em misturador interno de laboratório, foi possível observar o comportamento da resina PET de alta viscosidade durante o processamento. A análise dos dados obtidos no último estágio de processamento, escoamento do fundido, permitiu estimar o coeficiente de temperatura da viscosidade e o índice de pseudoplasticidade. A taxa de degradação, avaliada pela variação da massa molar média ponderal foi mínima.

5. REFERÊNCIAS

1. ABIPLAST. Perfil 2017. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/file/download/2018/Perfil-2017.pdf> . Acesso em: 16/07/2018
2. PQS, *Catálogo de resinas PET* (2015). Disponível em: <http://www.pqspe.com.br/produto/resina-pet>. Acesso em: 16/07/2018.
3. P. Zoller, D. Walsh, *Standard Pressure-Volume-Temperature Data for Polymers*. Technomic: Lancaster PA, 1995.
4. E. L. Canedo, Tatianny S. Alves, *Processamento de Polímeros no Misturador Interno de Laboratório*. Workshop CFD/UFCG. Campina Grande, 2015. DOI: 10.13140/RG.2.1.1892. 5921.
5. T. S. Alves, J. E. Silva Neto, S. M. L. Silva, L. H. Carvalho, E. L. Canedo, Process simulation of laboratory internal mixers. *Polymer Testing* **50**, 94-100, 2016.