

ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE DURANTE PROCESSO DE RECICLAGEM MECÂNICA

MATHEUS A. RODRIGUES¹; THIAGO C. G. ALVES¹; FABIULA D. B. DE SOUSA¹

¹ Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas
- matheusar@gmail.com; thiagoczer@live.com; fabiuladesousa@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o crescimento elevado do consumo e o descarte inadequado de materiais poliméricos, especialmente de embalagens em geral, tem agravado problemas relacionados à disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

Uma solução viável para a redução do problema trata-se de reciclagem mecânica. No entanto, sabe-se que as etapas às quais os polímeros são submetidos durante o processo são capazes de degradá-los, em maior ou menor grau, podendo acarretar dificuldades ao material reciclado durante sua utilização. Tais níveis de degradação podem ser medidos através de análises químicas, como a espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier e índice de fluidez, pelo uso de viscosímetros. O uso dessas técnicas torna-se cada vez mais importante, uma vez que o controle das propriedades fica maior e mais exigente, garantindo um processo de reciclagem mais eficiente e ambientalmente amigável.

Nesse estudo, o processo de extrusão de polietileno de alta densidade proveniente de embalagens como parte da reciclagem mecânica foi acompanhado e avaliado através do controle do índice de fluidez (utilizando-se um plastômetro) e da estrutura química (utilizando-se espectrômetro com transformada de Fourier), demonstrando mudanças significativas nas propriedades, dependendo do número de extrusões.

2. METODOLOGIA

Materiais

Foi utilizado polietileno de alta densidade (PEAD) proveniente de embalagens de materiais de limpeza descartados da Universidade Federal de Pelotas. Todas as embalagens apresentam o código 2 (referente ao PEAD), de acordo com a Norma ABNT NBR 13230:2008. Após a coleta, as embalagens foram cortadas em formas irregulares (Figura 1).



Figura 1 - Embalagem de PEAD.

Métodos

Limpeza, corte, moagem e extrusão do PEAD

As embalagens de PEAD foram lavadas com detergente neutro em água corrente. Depois de secas ao ambiente, foram cortadas de formas irregulares e moídas em moinho de facas da marca Marconi, resultando num pó de granulometria homogênea, num total de 1,2 Kg de PEAD para extrusão. O material resultante foi então extrudado, variando o número de extrusões. As propriedades das amostras foram analisadas de acordo com o número de extrusões. As amostras extrudadas em formato macarrão foram moídas em moinho de facas da marca Marconi. A nomenclatura das amostras refere-se ao respectivo número de extrusão ao qual foi submetida.

Análise de espectroscopia de infravermelho

As mudanças ocorridas na estrutura química das amostras como resultado do processo de extrusão foram analisadas por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier com reflexão total atenuada (FTIR-ATR), utilizando-se um espectrofotômetro IRPrestige-21, da marca Shimadzu, na faixa de espectro de 4000 cm^{-1} a 500 cm^{-1} , e 21 varreduras.

Análise do índice de fluidez

A análise do índice de fluidez foi realizada para verificar a influência da alteração da estrutura química das amostras no seu nível de fluidez. Foi realizada em um plastômetro da marca CEAST Italy, modelo Melt flow modular line, a 200°C e carga de 5 Kg, de acordo com a norma ASTM D 1238.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do índice de fluidez das amostras analisadas estão presentes na Figura 2.

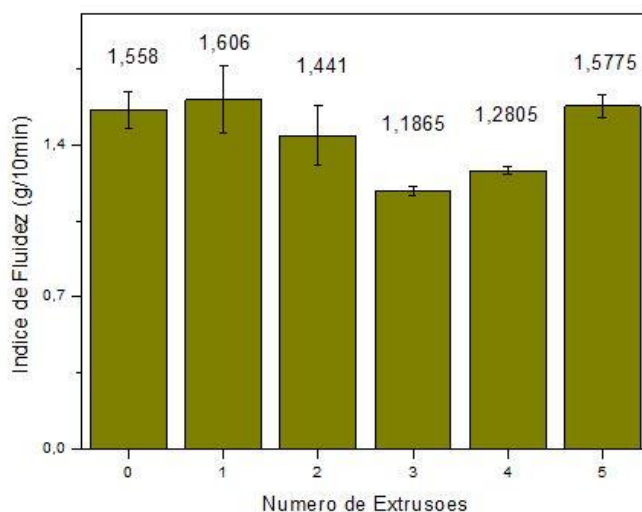


Figura 2 – Resultado do índice de fluidez das amostras.

De acordo com os resultados, percebe-se que os valores de índice de fluidez das amostras variaram de acordo com o número de extrusões, variando de acordo com o grau de degradação termomecânica sofrida pela amostra. De acordo com Hinsken et al. (Hinsken et al. 1991), os radicais alquila e grupo vinila levam a um aumento no peso molecular devido a ramificação e reticulação da

cadeia central, enquanto a cisão e a quebra do radical peróxi levarão a uma diminuição no peso molecular do polímero. Os principais mecanismos de degradação em PEAD são a cisão de cadeia e a ramificação de cadeia seguida por reticulação. Assim, a cisão de cadeia reduz a viscosidade da amostra, enquanto a reticulação aumenta sua viscosidade, acarretando mudanças no índice de fluidez.

De acordo com Da R. Silvano et al., o aumento do número de ciclos de reprocessamento leva à formação de mais radicais alquila, aumentando a probabilidade de que eles se combinem e produzam grupos de insaturação. Tais alterações na estrutura das amostras podem ser confirmadas através da análise de FTIR (Figura 3).

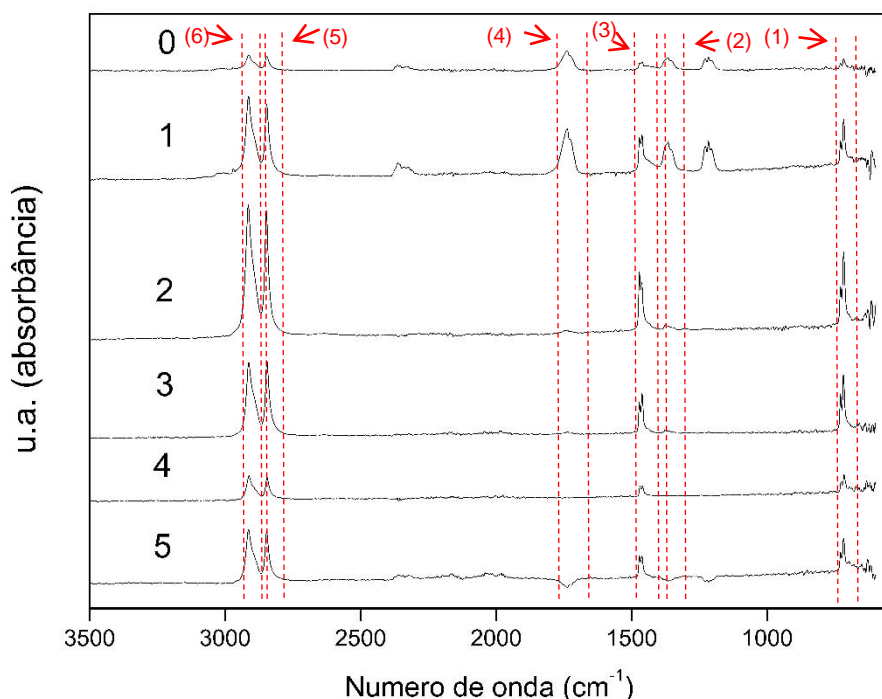


Figura 3 – Espectros de FTIR das amostras, de acordo com o número de extrusões.

De acordo com o gráfico da análise de FTIR, podemos perceber aparecimento e desaparecimento de grupos funcionais, mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Picos característicos de PEAD encontrados

Número de referência	Número de onda (cm ⁻¹)	Banda característica	Referência
1	705 – 735	Grupo metil (fase amorfa)	(da Silva & Wiebeck, 2017)
2	1367	Deformação CH ₃ (grupo metil)	(da Silva & Wiebeck, 2017)
3	1450 – 1480	Grupo CH (fase amorfa e cristalina)	(da Silva & Wiebeck, 2017)

4	1700	Grupo carbonila	(Da R. Silvano et al., 2013)
5	2770 – 2890	Alongamento assimétrico CH ₂ (fase amorfa e cristalina)	(da Silva & Wiebeck, 2017)
6	2875 – 2980	Alongamento assimétrico CH ₂ (fase amorfa)	(da Silva & Wiebeck, 2017)

O grupo carbonílico na região de 1700 cm⁻¹ que aparece nas amostras 0 e 1 são referentes à cisão de cadeia. Nessas amostras, observou-se maiores valores de índice de fluidez como resultado da cisão de cadeia e consequente menor viscosidade das amostras. Nas demais amostras não foi observado a presença desse pico, sendo que elas apresentaram menores índices de fluidez, como provável resultado da reticulação das cadeias e aumento da viscosidade. De acordo com da R. Silvano et al. (da R. Silvano et al. 2013), o grupo carbonila é produzido pelo radical alquila e reação do oxigênio, o radical alquila tira um elétron da ligação C-C, o acontecimento transforma no grupo oxidado no grupo carbonílico e a cadeia polimérica sofre um mecanismo cisão-β.

4. CONCLUSÕES

O processo de reciclagem mecânica, principalmente a etapa do processamento em extrusora, é capaz de degradar o PEAD em diferentes graus. De acordo com os resultados, observou-se que acontece uma variação nos níveis de viscosidade do material, conforme varia o número de extrusões. Foi possível observar que quando há uma cisão das cadeias o peso molecular diminui, consequentemente o material fica menos viscoso, de maneira análoga acontece quando há reticulação do material, seu peso molecular aumenta e assim sua viscosidade torna-se maior. O conhecimento da viscosidade do material de acordo com seu processo de degradação torna-se útil para a reciclagem mecânica, pois dessa forma podemos conhecer o comportamento do material sob níveis diferentes de processamento, facilitando assim para formulação de um produto através da reciclagem mecânica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

da Silva, D. J., & Wiebeck, H. (2017). Using PLS, iPLS and siPLS linear regressions to determine the composition of LDPE/HDPE blends: A comparison between confocal Raman and ATR-FTIR spectroscopies. *Vibrational Spectroscopy*, 92, 259–266.

Hinsken, H., Moss, S., Pauquet, J. R., & Zweifel, H. (1991). Degradation of polyolefins during melt processing. *Polymer Degradation and Stability*, 34(1–3), 279–293.

da R. Silvano, J., Rodrigues, S. A., Marini, J., Bretas, R. E. S., Canevarolo, S. V., De M. Carvalho, B., & Pinheiro, L. A. (2013). Effect of reprocessing and clay concentration on the degradation of polypropylene/montmorillonite nanocomposites during twin screw extrusion. *Polymer Degradation and Stability*, 98(3), 801–808.