

ESTUDO COMPARATIVO DA ESTABILIDADE DE EMBALAGENS COMMODITIES EM PROCESSOS DE CONGELAMENTO E AQUECIMENTO

Rafael Ghesla Silvestrim^{1*}, André Luis Catto¹, Ruth Marlene Campomanes Santana¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Escola de Engenharia – Laboratório de Materiais Poliméricos LAPOL (rafaelsilvestrim@gmail.com)

Resumo: As embalagens plásticas com produtos alimentícios estão sendo cada vez mais utilizadas pelas pessoas devido a praticidade e rapidez de uma refeição faz parte da sua rotina. Por outro lado, existe uma insegurança da sociedade pelo material das embalagens que podem ser colocadas no freezer e posteriormente no forno micro-ondas. Neste sentido, o objetivo desde trabalho é realizar um estudo comparativo do desempenho de algumas embalagens de polímeros commodities quando expostas ao freezer e micro-ondas. Foram utilizadas amostras de PET, PEAD, PP e EPS as quais ficaram 72 horas armazenadas no freezer e após passaram por 40 ciclos de micro-ondas, todos os processos foram feitos com água, em um volume de 75% da altura de cada embalagem. Estas amostras foram caracterizadas por ensaios físicos, reológicos, óticos e morfológicos. Os resultados das análises mostraram que o PET não é recomendado para esse tipo de uso, entretanto, o PEAD, PP e EPS obtiveram bons resultados.

Palavras-chave: estabilidade, poliolefinas, EPS, PET, micro-ondas.

Introdução

A descoberta das micro-ondas (MO) aconteceu em 1945, depois disso, em apenas dois anos foi desenvolvido o primeiro forno de micro-ondas industrial. Em 2008, verificou-se que mais de 90% dos lares americanos possuíam fornos de micro-ondas [1]. A popularidade deste eletrodoméstico se deve ao rápido tempo de preparo dos alimentos e a economia de energia envolvida no processo. Antes considerado um luxo, atualmente os aparelhos de micro-ondas se tornaram uma necessidade prática para um mundo acelerado. Com isso a necessidade de embalagens apropriadas para o uso em micro-ondas se torna cada vez mais primordial.

Atualmente, a embalagem polimérica representa um dos segmentos industriais que mais se desenvolveu nos últimos anos. Seu faturamento passou de R\$ 16,3 bilhões, em 2000, para R\$ 31,5 bilhões, em 2007, atingindo um crescimento de 93,3% em sete anos. Esses valores representam cerca de 1,5% do PIB brasileiro [2]. Dentre esses, pode-se citar o poli (tereftalato de etileno), (PET), no qual contem pequenas concentrações de comonômeros que lhes conferem propriedades diferenciadas, importante aspecto do ponto de vista de degradação e estabilidade.

A estabilização é a operação que inibe o processo específico de degradação. Também depende o uso específico do artefato feito com um material polimérico. Isto significa que, para cada tipo de polímero e de aplicação é necessário adotar uma estratégia específica para inibir a degradação [3]. O uso do micro-ondas em polímeros pode gerar regiões opacas (maiores fases cristalinas), geralmente chamados de polímeros cristalinos, são polímeros formados por regiões amorfas e regiões cristalinas. A região amorfa é aquela caracterizada por completa desordem de moléculas, ao contrário das regiões cristalinas, em que segmentos de cadeias moleculares estão estendidas, arrançadas de uma maneira ordenada, formando um empacotamento regular chamado cristalito. O PET enquadra-se na categoria dos polímeros semicristalinos [4].

Após se utilizar embalagens commodities com alimentos em micro-ondas, normalmente são descartadas no lixo, cujo destino final desejado seja o da reciclagem mecânica, contudo, deve-se destacar que essas embalagens nem sempre são recicladas mecanicamente, por estarem sujas e/ou contaminadas. Mas são extremamente úteis se utilizadas como combustível em usinas de Reciclagem Energética, que transformam os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em energia. Um quilo de plástico equivale a um litro de óleo diesel ou de óleo combustível [5].

No entanto, muitas propriedades físicas dos polímeros são dependentes do tamanho da molécula, isto é, sua massa molar, por isso, são utilizados diversos polímeros comercialmente, para atender as necessidades particulares de uma dada aplicação ou técnica de processamento [6].

Diante do apresentado anteriormente esse trabalho teve por finalidade verificar a estabilidade de embalagens de polipropileno, polietileno de alta densidade, polietileno tereftalato e o poliestireno expandido, utilizados para armazenar alimentos e que são expostos com frequência a freezer e micro-ondas. Para isso, foi realizado o envelhecimento acelerado das embalagens submetendo-as a ciclos de congelamento em freezer, descongelamento e aquecimento em micro-ondas.

Parte Experimental

Materiais

Os materiais utilizados neste trabalho foram o polietileno de alta densidade (PEAD) proveniente de embalagens de iogurtes, o polipropileno (PP) de embalagens específicas para freezer e micro-ondas, o polietileno tereftalato (PET) e o poliestireno expandido (EPS) de embalagens utilizado para conservar os alimentos. Utilizou-se um freezer, de uma geladeira convencional e um forno de micro-ondas (MO) da marca Brastemp com potência de 700 w.

Processamento

As embalagens termoplásticas ficaram armazenadas por 72h no freezer convencional, posteriormente descongeladas no forno (MO). Estas passaram por um processo de ciclos de aquecimento na potencia máxima no (MO), atingindo um total de 40 ciclos de 2min, a cada 10 ciclos. Foram tomadas as dimensões das embalagens antes e após exposição. Os testes foram realizados com água, para simular alimento neutro.

Caracterização

Antes e após os 40 ciclos de exposição a MO, as embalagens foram caracterizadas pelas suas propriedades físicas e morfológicas. Primeiramente mediu-se a temperatura final que o líquido atingiu, com o intuito de verificar se a temperatura se manteria constante ao longo de 40 ciclos. Foi realizado o teste de densidade pelo método de deslocamento, baseada na norma ASTM D792-91. No caso das amostras de EPS foi determinado a densidade aparente a partir da massa e volume da amostra. O ensaio ótico foi realizado usando o espectrofotômetro Spectro-Guide da marca BYK onde além de mensurar o brilho e opacidade foram obtidos os parâmetros colorimétricos: a, b e L; onde parâmetros a, b e L, onde o valor “a” mostra a variação da coloração de verde (-a) para o vermelho (+a); o valor “b” de azul (-b) para amarelo (+b) e o valor “L” representa a luminosidade, onde variam de preto “0” para branco “100”⁽¹⁰⁾. O índice de fluidez foi realizado no equipamento plastômetro, da marca CEAST, modelo 7026.000, de acordo com a norma ASTM D-1238. Por último foram realizadas as imagens das amostras usando o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), da marca JEOL JSM 6060.

Resultados e Discussão

Propriedades físicas

Na Tabela 1 são apresentadas as densidades e as dimensões de altura, das embalagens de PEAD, PP, PET e EPS virgens e após expostas a 40 ciclos em MO, onde é observado um mudança significativa da altura da amostra de PET, (melhor visualizado na Figura 1) indicando a sua grande instabilidade com a temperatura, que é característico de um polímero amorfo. A temperatura final, atingida pela água em cada embalagem, após os 40 ciclos foram: Tf (PEAD) = 80°C ; Tf (PP) = 77°C ; Tf (PET) = 75°C e Tf (EPS) = 75°C.

Tabela 1 - Resultados das densidades e dimensões de embalagens antes e após exposição a MO.

Amostras	*0 ciclos		40 ciclos	
	Densidade (g/cm ³)	Altura (mm)	Densidade (g/cm ³)	Altura (mm)
PEAD	0,9489 ± 0,0013	120,24	0,9535 ± 0,0005	119,99
PP	0,9017 ± 0,0026	41,2	0,9150 ± 0,0014	40,42
PET	1,3368 ± 0,0009	77,09	**1,3693 ± 0,0053 ***1,3634 ± 0,0108	55,44 -
EPS	0,0248	62,14	0,0303	62,14

Nota: *amostra congelada (72h) e descongelada por MO **região opaca do PET br ***região transparente do PET tr



Figura 1: Embalagens antes e após exposição a MO.

Propriedades ópticas

Na Figura 2 são mostrados os resultados das propriedades ópticas das amostras antes e após exposição a MO. Observa-se uma diminuição diferenciável do brilho nas amostras de PP e PET br quando expostas a MO, sendo que nas outras amostras a mudança foi insignificante. No caso da amostra de PET após exposição a MO, este apresentou regiões transparente (PET tr) e outras opacas (PET br) indicando fases amorfa e cristalinas respectivamente, que pode ser melhor visualizada na Figura 2-c.

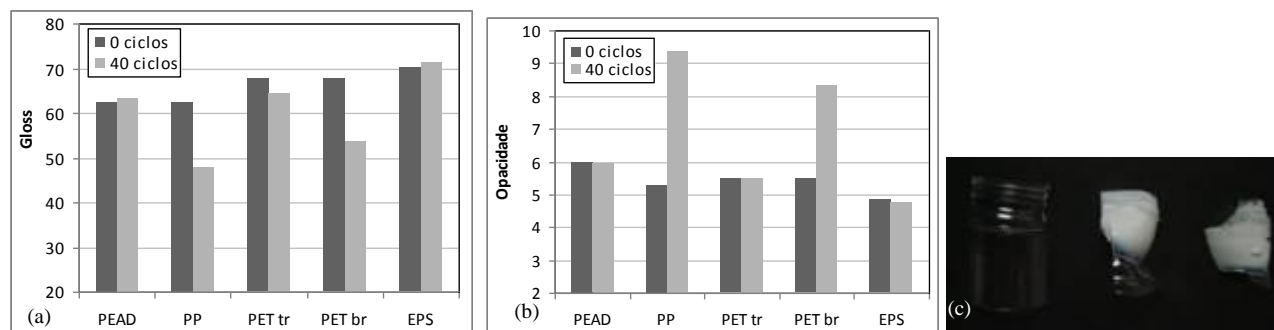


Figura 2- Resultados das propriedades ópticas das amostras avaliadas: (a) Brilho (b) Opacidade (c) Imagens das amostra do PET antes e após 5 e 10 ciclos.

Com relação à mudança de coloração das amostras, na Tabela 2 são mostrados os resultados dos parâmetros a, b e L, onde é observado que a maioria das amostras PEAD, PP e PET tr apresentaram uma tendência verde amareladas, com luminosidade média. A amostra de PET br apresentou uma tendência de tonalidade verde azulada. Com relação a amostra de EPS este não apresentou mudanças significativas, considerando-se estável na cor.

Tabela 2 – Resultado do ensaio óptico.

Amostras	0 ciclos (virgem)			40 ciclos		
	a	b	L	a	b	L
PEAD	$-1,34 \pm 0,113$	$0,21 \pm 0,071$	$52,62 \pm 2,1284$	$-172 \pm 0,126$	$0,13 \pm 0,147$	$63,39 \pm 0,7882$
PP	$-1,01 \pm 0,006$	$0,59 \pm 0$	$67,49 \pm 0,0153$	$-0,57 \pm 0,117$	$1,06 \pm 0,135$	$47,80 \pm 0,7566$
PET	$-1,63 \pm 0,144$	$0,25 \pm 0,234$	$67,56 \pm 0,0283$	$*-1,50 \pm 0,587$ $** -2,68 \pm 0,074$	$1,02 \pm 0,626$ $-2,32 \pm 0,471$	$64,21 \pm 0,1344$ $53,49 \pm 0,7637$
EPS	$0,56 \pm 0,089$	$0,59 \pm 0,101$	$70,25 \pm 0,2228$	$0,53 \pm 0,055$	$0,91 \pm 0,036$	$71,30 \pm 0,1350$

* PET tr (transparente)

** PET br (opaco)

Índice de fluidez do fundido, MFI

Na Figura 3 são mostradas os resultados do índice de fluidez das amostras (PEAD, PP e EPS) antes e após 40 ciclos em MO, onde pode ser visualizado, que o PP foi o que apresentou um aumento de quase 95,07% após exposição em MO, o que pode indicar que houve um início de degradação térmica, provavelmente houve cisão de algumas macromoléculas.

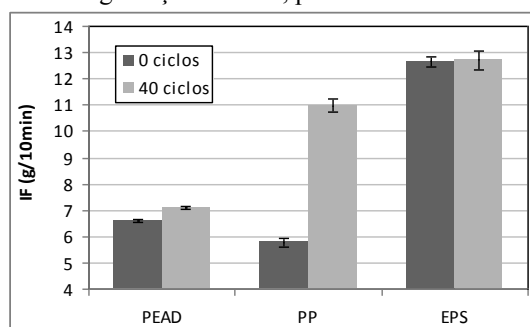


Figura 3: MFI das amostras antes e após 40 ciclos de MO

Propriedades morfológicas

Na Figura 4 são apresentadas as imagens da superfície das amostras antes (superior) e após (inferior) exposição a MO, onde pode ser observado uma pequena mudança na morfologia da superfície das amostras exposta a MO, sendo mais notório nas amostras de PEAD e EPS. Estes resultados indicam que o PP apresentou maior resistência a MO do que as outras testadas.

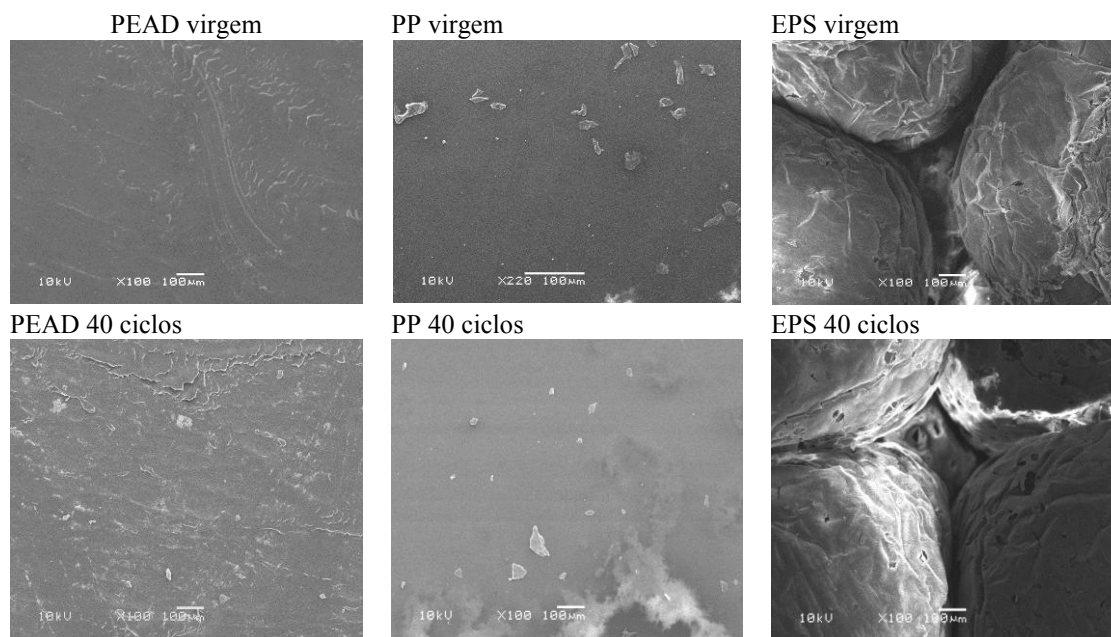


Figura 4: Imagens obtidas por MEV comparativas das superfícies das amostras virgens e após exposição ao MO.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos nos ensaios de caracterização, é possível concluir que os recipientes de polipropileno, polietileno de alta densidade e o poliestireno expandido não sofreram alterações significativas nas dimensões com os ciclos de envelhecimento, ao contrário do PET que já nos primeiros ciclos mostrou características de degradação. Porém, verificou-se que o PP apresentou um grande aumento no seu MFI, sendo um indício também de degradação, que será estudado posteriormente através de análises de viscosidade intrínseca (massa molar). O estudo revela que o uso frequente dos recipientes para aquecimento de alimentos neutros em micro-ondas, bem como o congelamento em freezer pode trazer problemas de degradação mais críticos no PET.

Agradecimentos

Os autores agradecem a UFRGS pela bolsa de IC e à SIBRATEC.

Referências

1. http://www.smecc.org/microwave_oven.htm. Acessado em 10/04/2013.
2. M.A. Carvalho. Engenharia de Embalagens: Uma Abordagem Técnica do Desenvolvimento, Novatec Editora, 2008, 288.
3. M.A. De Paoli, Degradação e Estabilidade de Polímeros, 2ª versão on-line, 2008, Cap. 1, 8-10.
4. <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=65>. Acessado em 15/04/2013.
5. <http://www.plastivida.com.br/2009/pdfs/artigos/saiba-tudo-sobre-o-consumo-responsavel-dos-plasticos.pdf>. Acessado em 14/04/2013.
6. S.V. Canevarolo Jr. Ciências dos Polímeros: Um texto básico para Tecnólogos e engenheiros. Ed. Artliber. 2002. São Paulo.