

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO POLICARBONATO PROVENIENTES DE CDS PÓS-USO EM TRÊS CICLOS DE REPROCESSAMENTO POR INJEÇÃO

*Carolina S. Defferrari, André L. Catto, Ruth M.C, Santana

*Departamento de Engenharia de Materiais - UFRGS – RS (sdefferrari@gmail.com)
LAPOL – Porto Alegre - Brasil*

Resumo– O policarbonato é um polímero de engenharia que possui um conjunto único de propriedades, o que caracteriza o interesse a diversas aplicações. Uma das aplicações mais significativas do PC na década de 90 e início dos anos 2000 foi em Cds, porém com a entrada de novas tecnologias e novos produtos tornou-se obsoleto e foi substituído por outras formas de armazenamento com maior capacidade e menor volume. Portanto é gerado muitas toneladas de resíduos ao redor do mundo. Uma alternativa de solução para estes resíduos é a reciclagem desse material, o qual poderia produzir matéria-prima a um custo muito inferior ao da síntese do material. Mas é importante conhecer a variação das propriedades que pode sofrer o material decorrente do reprocessamento. Nesse sentido o objetivo do presente projeto é avaliar a mudança das propriedades mecânicas por tração e resistência ao impacto deste material quando submetido a vários ciclos de reprocessamentos por injeção. Resultados mostraram que houve um decréscimo pequeno da resistência na ruptura e no impacto com o aumento do ciclos de injeção.

Palavras-chave: *Policarbonato, Reciclagem do policarbonato, Propriedades do policarbonato.*

Introdução

O policarbonato é hoje o segundo polímero de engenharia em volume de produção, estando atrás apenas das poliamidas [1], sendo fabricado por diversas empresas químicas (Sabic – LEXAN®; Bayer – MAKROLON®; Teijin Chemical Limited – PANLITE®; Idemitsu – TARFLON®; Omay – POLYOPT®; Nalge Nunc International- NALGENE®; Mobay Chemical Company – MERLON®; Rubbermaid; DOW Chemical) [2]. É um polímero obtido por policondensação [1] e apresenta um custo de produção relativamente alto (comparado a polímeros de alto volume de produção como PE e PP) [3], mas é de grande importância por possuir diversas aplicações, em função de suas interessantes propriedades mecânicas, químicas, óticas, etc.

Este polímero é um termoplástico que possui alta resistência ao impacto, e é altamente transparente. É insolúvel em água e a maioria dos solventes orgânicos. A Tg do policarbonato é 150°C, por isso é rígido à temperatura ambiente, mas de fácil processamento. Mantém suas propriedades inalteradas até 135°C, e mantém boa resistência ao impacto até -20°C. Também é um bom isolante elétrico, e apresenta alta estabilidade dimensional. Pode tornar-se amarelado depois de longos períodos de exposição à radiação UV, mas isso pode ser resolvido com aditivos [4].



Figura 1. Aplicações do policarbonato.

Por essas características é utilizado substituindo vidro em diversas situações. Escudos e painéis de proteção em ambientes externos frequentemente são feitos de policarbonato. Também podem ser feitos componentes eletrônicos, Cds, DVDs, componentes automotivos e aeroespaciais, e outras aplicações mais específicas, como lentes de óculos. Tem ainda aplicações médicas, já que peças de PC podem ser esterilizadas a 120°C sem que ocorram alterações na estrutura do material. Entre as aplicações do PC, uma muita expressiva é em Cds [4].

Os Cds começaram a ser fabricados e comercializados em 1982, substituindo pouco a pouco e tornando obsoletas as

12° Congresso Brasileiro de Polímeros (12°CBPol)

outras tecnologias de armazenamento e reprodução de informações até então utilizadas. No final de 1983, 800.000 já haviam sido vendidos, e em 1990 esse número chegou a 1 bilhão [5, 6].

Ná década de 90 surgiram os CDs graváveis e regraváveis, causando outra explosão na produção de Cds. Surgiu com isso posteriormente a indústria das cópias ilegais de Cds e DVDs, que permanece ainda muito forte. No Brasil foram apreendidos uma média de 30 milhões de Cds “piratas” anualmente entre os anos de 2009 e 2012. A venda de Cds originais no mundo teve seu pico em 2000, com 2,5 bilhões de Cds vendidos. A partir de então, com o advento da internet, permitindo que se fizesse download dos mesmos conteúdos vendidos em CD, e com o surgimento de outras mídias, iniciou-se, lentamente, o declínio dos Cds. Em 2006 as vendas já haviam caído para 1,7 bilhão [7, 8].

Com a banalização da internet, surgimento dos pen-drives, etc, os Cds e DVDs, mesmo que ainda sejam comercializados, estão sendo substituídos, e o resultado disso são toneladas de policarbonato acumulando-se em diversos locais do planeta e deixando de ser reutilizado. Existem atualmente diversas empresas especializadas na reciclagem de Cds e DVDs. No Brasil ainda não há uma solução concreta, desse tipo, para o problema. Na reciclagem de Cds, em geral extrai-se as camadas sobre o PC (metal, verniz, rótulo, etc.) química ou mecânica, e depois o PC puro é triturado. Não se tem muitos detalhes sobre como é feita a extração dessas camadas, esses processos são desenvolvidos individualmente e patenteados pelas empresas [5, 6].

O objetivo do presente estudo é analisar a reciclabilidade do PC a partir de resíduos de CDs, analisando as possíveis mudanças no conjunto de propriedades do material quando reprocessado três sucessivas vezes por injeção, para dessa forma otimizar a reciclagem do material, buscando condições ideais de processamento e outras formas de evitar sua degradação e perda de propriedades. Dessa forma se estimula o reaproveitamento do material, além de dar um destino correto e economicamente viável às toneladas de produtos descartados do material que existem hoje.

Parte Experimental

O policarbonato proveniente de CDs pós-uso foi fornecido pelos Correios do Rio Grande do Sul para o LAPOL – UFRGS (Laboratório de Polímeros). Esse material foi moído em um moinho de facas Retsch SM200, e parte dele foi extrudado em uma extrusora de rosca simples (L/D=22; perfil de temperaturas: 140°C, 160°C e 180°C; velocidade de 40rpm) e injetado em uma mini-injetora Thermo Scientific Haake Minijet II (temperatura: 230°C; pressão: 600bar); parte desse material foi moído e injetado novamente e, parte desse material, mais uma vez moído e injetado. O material apenas moído também foi injetado. Dessa forma, obteve-se quatro grupos de corpos de prova (7 para ensaio de impacto e 7 para ensaio de tração em cada conjunto), mostrados na Tabela 1. Cabe mencionar que não foi separado os outros materiais contidos nos CDs, tais como o alumínio presente na superfície do PC.

Tabela 1. Descrição das amostras avaliadas.

Amostra	Característica dos corpos de prova
G1	material apenas moído (não extrudado) e injetado uma vez
G2	material extrudado, injetados uma vez
G3	material extrudado, injetados duas vezes
G4	CPs do material extrudado, injetados três vezes

As amostras foram submetidas a ensaios de impacto IZOD seguindo a norma ASTM D256 (Máquina de ensaios de impacto CEAST, modelo Impactor II, pêndulo de 0,5J) e tração, de acordo com a norma ASTM D638 (Máquina de ensaios universal Instron, célula de força de 5kN).



Figura 2. Representação esquemática da obtenção dos corpos de prova.

Resultados e Discussão

Na Figura 3 são mostrados os resultados do ensaio de tração onde é possível visualizar que a amostra que foi injetada sem previa extrusão (G1) apresentou maior resistência à tração, maior deformação e menor módulo de elasticidade quando comparadas as amostras G2, G3 e G4), fato que pode estar relacionado a que a amostra G2 foi submetida a mais um processo prévio (extrusão) antes da primeira injeção, indicando a possível degradação termomecânica oxidativa, provenientes das condições de processamento (Temperatura e cisalhamento).

Avaliando as amostras dos grupo G2 a G4 observa-se um leve decréscimo da tensão na ruptura e na deformação, porém um aumento no módulo elástico com as sucessivos ciclos de reprocessamento por injeção. Resultados que indicam uma possível início de degradação do PC, pela cisão de algumas macromoléculas, tornando-o mais frágil.

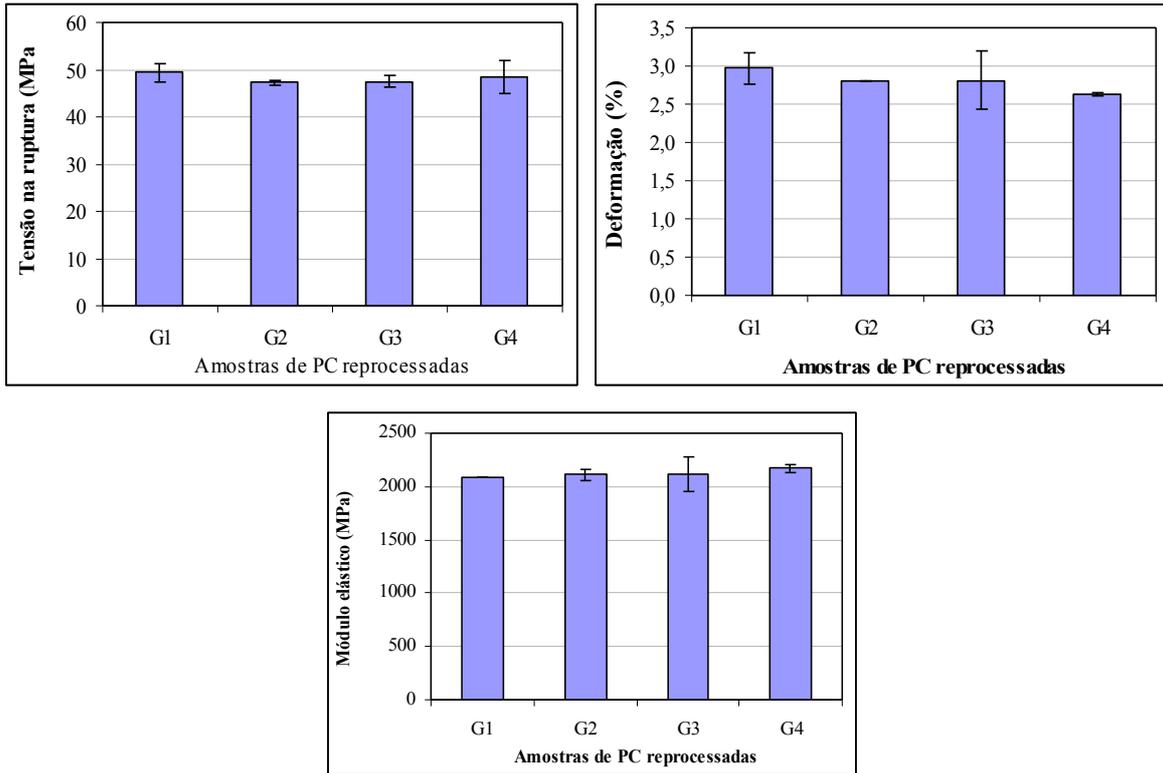


Figura 3. Resultados comparativos do ensaio de tração: tensão na ruptura (esq.), deformação (dir.) e Módulo de elasticidade (centro, abaixo).

Na Figura 4 observa-se que as amostras do Grupo 1 apresentaram uma capacidade de absorção ao impacto superior às dos outros grupos, um resultado já esperado, já que estas amostras só sofreram um reprocessamento (injeção). Já as amostras dos outros grupos foram provenientes do processo de extrusão prévio à injeção. Comparando os grupos de 2 a 4 observa-se um leve decréscimo da resistência ao impacto com o número de ciclos de reprocessamento por injeção.

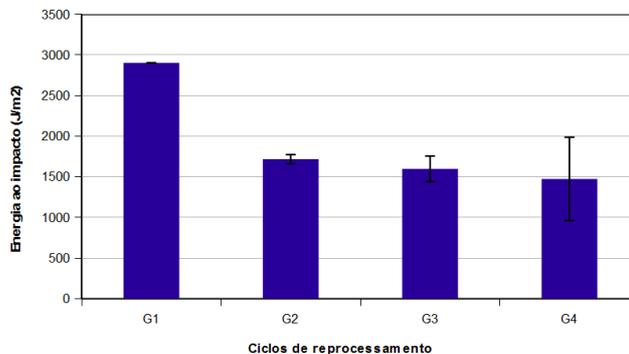


Figura 4. Resultados comparativos do ensaio de impacto da amostras avaliadas.

Conclusão

Houve uma significativa variação nas propriedades mecânicas do material em ensaio de impacto, mas essa variação diminuiu a cada reprocessamento. Na primeiro reprocessamento houve uma queda muito significativa da capacidade de absorver impacto e da resistência à tração do material. Nas etapas seguintes a perda nessas propriedades foi bem menor. Quanto à resistência mecânica do material sob tração, não houve variação significativa de um processamento para outro.

Esses dados levam a crer que as aplicações do material reprocessado são restritas em relação às do material virgem. Aplicações em construção civil, que são diversas para o policarbonato, e nas quais pode existir uma significativa solicitação mecânica, deve haver um cuidado na utilização de material reciclado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao LAPOL e à UFRGS pela infraestrutura usada no trabalho, e por tornar possível o projeto.

Referências

1. R. O. Ebewele; *Polymer Science and Technology*, Ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2000.
2. Polycarbonate (PC) Manufacturers, - MatWeb Material Property Data, <http://www.matweb.com>
3. M. A. S. Spinacé; M. A. De Paoli; *A Tecnologia da Reciclagem de Polímeros*, 2005, Q. Nova, Vol.28, No. 1.
4. D. G. LeGrand, J. T. Bendler; *Handbook of Polycarbonate Science and Technology*, Marcel Dekker Incorporated, 2000.
5. Polymer Recycling Ltd. UK; Site: <http://www.polymerrecycling.co.uk/cd.html>
6. CD Recycling Center of America (US), Site: <http://www.cdrecyclingcenter.org/>
7. BBC News, 17 de agosto de 2007. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/6950933.stm>
8. IFPI (Federação Internacional da Indústria Fonográfica) – Resources. http://www.ifpi.org/content/section_resources/dmr2013.html