

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO STRESS CRACKING EM CORPOS DE PROVA DE POLIETILENO

Raquel Massulo Souza

Pesquisadora Analítica do Centro de Tecnologia de Embalagem – CETEA/ITAL

O polietileno é um dos “plásticos” mais comuns e provavelmente o mais valioso polímero semicristalino em nossa vida diária. Este versátil material possui a estrutura mais simples de todos os polímeros comerciais. Se ramificado, constitui o polietileno de baixa densidade (PEBD). Quando não existem ramificações, tem-se o polietileno linear de baixa densidade ou o polietileno de alta densidade (PEAD). O PEBD é de mais baixo custo e de fácil fabricação, mas devido à boa resistência química e força mecânica, o PEAD é o mais utilizado em numerosas aplicações (GHANBARI-SIAHKALI et al., 2005).

Nessas aplicações, que incluem desde embalagens até oleodutos, o PEAD é frequentemente exposto, simultaneamente, a uma combinação de tensão mecânica (externamente como excesso de carga ou internamente como tensão residual) e química (contato com produtos de limpeza, lubrificantes, adesivos, tintas, óleos etc....) (GHANBARI-SIAHKALI et al., 2005). Estas condições críticas podem conduzir o polímero a falhas mecânicas conhecidas como *stress cracking* resultando, muitas vezes, em inutilização do material, perda do produto acondicionado e prejuízo ambiental.

Stress cracking é o nome dado ao fenômeno de ruptura de um material plástico decorrente da formação de fissuras macroscópicas (*cracks*) resultante de tensões (*stress*) em presença de agentes químicos. A ocorrência de fissuras nas embalagens plásticas é um fenômeno bastante estudado e tem sido relacionado com a mobilidade das cadeias do polímero e ao enfraquecimento das forças intermoleculares (ABIPET, 2010).

Existe uma variedade de ensaios adotados na indústria para determinar a resistência ao *stress cracking* ambiental de diferentes materiais poliméricos e *grades*. A ASTM (*American Society for Testing and Materials*) tem publicada uma coleção de normas técnicas destinadas a este tipo de avaliação, que abrange desde corpos de prova de polietileno injetados até produtos formados (frascos, recipientes de grandes volumes e tampas).

Em geral, os ensaios em produtos formados são os mais empregados, pois nesta avaliação é possível avaliar as influências do conjunto de condições que levam a ocorrência das falhas, ou seja, tipo de reagente, tensão residual decorrente da transformação da resina, *design* da embalagem, condições de transporte e empilhamento, dentre outras. No entanto, quando o objetivo é avaliar

apenas a influência da resina, selecionar a resina mais adequada ou classificá-la dentre outras, o ensaio conhecido como *Bell telephone test* ou *Bentstrip ESCR test* apresentado na norma ASTM D1693 (2015) é o usualmente adotado.

Este ensaio, apesar de ser de simples execução, exige aparatos específicos e muita experiência técnica para operação e monitoramento. Consiste basicamente em colocar corpos de prova de polietileno, com dimensões e espessura específicas e um entalhe superficial com profundidade controlada em contato com o reagente padrão de *stress cracking* (nonil fenol polietoxilado) por um determinado período de tempo à temperatura elevada (50°C). No entanto, dependendo da aplicação do polímero, a temperatura e a solução utilizada podem ser variadas com o objetivo de simular as condições reais de estocagem do produto.

A Figura 1.a, extraída da ASTM D1693 (2015), apresenta as etapas do ensaio e a Figura 1.b uma imagem real dos corpos de prova já em contato com a solução reagente dentro do tubo de ensaio, antes do condicionamento.

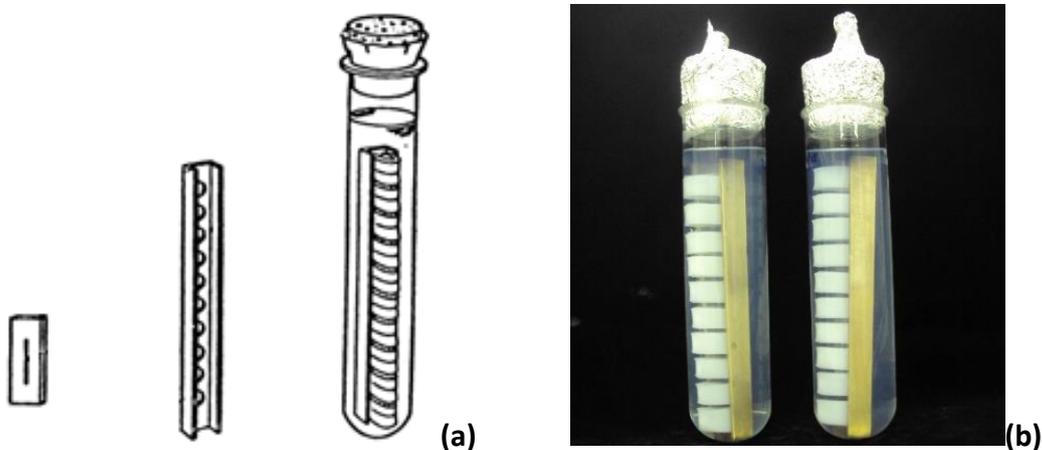


FIGURA 1. Ensaio (a) esquema do corpo de prova, do porta-amostra e do tubo de ensaio contendo a solução reagente e (b) imagem real.

O intervalo de tempo para o monitoramento periódico das falhas é variável, mas em geral, é feito de hora em hora, no primeiro dia e diariamente, a partir do segundo dia. O tempo de ensaio também é variável e dependente da resistência do material, no entanto, na maioria das vezes, 15 dias são adotados como período de ensaio. A Figura 2 apresenta exemplos de falhas observadas durante o ensaio.

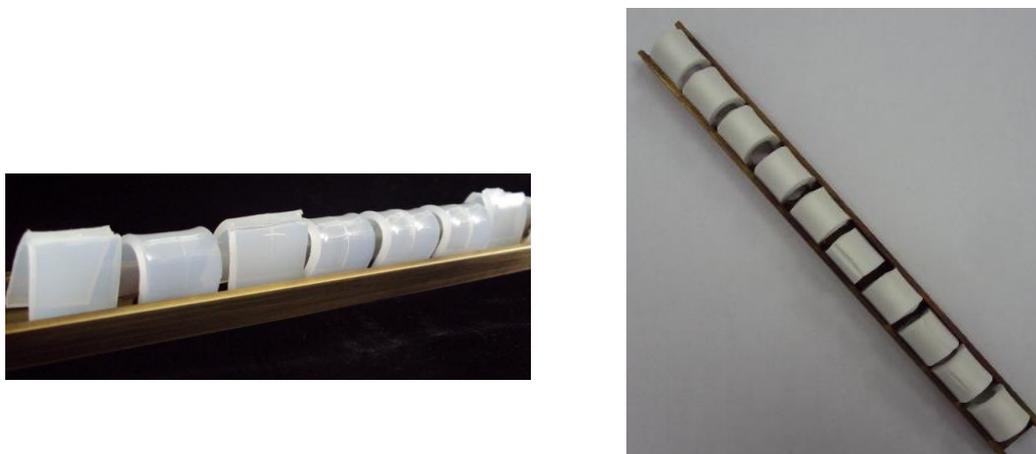


FIGURA 2. Exemplos de falhas observadas.

Como muitas vezes existe uma dificuldade para obter o corpo de prova injetado padronizado segundo a norma, o CETEA tem realizado este ensaio utilizando corpos de prova retirados de produtos formados (geralmente embalagens de grandes volumes 20 L a 1000 L). Os resultados têm sido satisfatórios, principalmente em análises comparativas entre resinas teste e resinas de desempenho conhecido, no entanto, como o corpo de prova não é aquele normalizado tem-se um desvio de método e a comprovação de sua eficácia ainda deverá ser realizada por meio de um processo de validação.

Vale ressaltar que esta metodologia alternativa foi desenvolvida em atendimento à necessidade do mercado de avaliar a resistência ao *stress cracking* de embalagens de grande volume que apresentam dificuldades de manuseio, transporte e estocagem, principalmente, frente a produtos comerciais tóxicos cuja manipulação e descarte são de risco ao operador e ao meio ambiente. Utilizando corpos de prova retirados dessas embalagens, foi possível ampliar a capacidade de atendimento por meio da redução do espaço necessário para condução do experimento, otimizar a mão de obra necessária e a quantidade de reagente utilizado.

Assim, conclui-se que apesar da simplicidade do método, é possível obter resultados que permitem a comparação de resinas quanto à resistência ao *stress cracking* ambiental, utilizando tanto corpos de prova injetados quanto aqueles extraídos diretamente de embalagens formadas. No entanto, a confiabilidade dos resultados baseia-se na boa execução das etapas do método que mostra-se altamente sensível ao desempenho do operador no preparo do corpo de prova e na utilização dos aparatos necessários.

Referências

ABIPET- **Stress cracking** - definição, 2010. Disponível em:
<<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarConteudo&id=17>>. Acesso em: 16 mar. 2016.

ASTM INTERNATIONAL. **D 1693-15**: standard test method for environmental stress-cracking of ethylene plastics. Philadelphia, 2015. 11 p.

GHANBARI-SIAHKALI, A.; KINGSHOTT, P.; BREIBY, D. W.; ARLETH, L.; KJELLANDER, C. K.; ALMDAL, K. Investigating the role of anionic surfactante and polymer morphology on the environmental stress cracking (ESC) of high-density polyethylene. **Polymer Degradation and Stability**, Dinamarca, v. 89, p. 442-453, 2005.