

AVALIAÇÃO DO DESGASTE EM AMOSTRAS DE PU SUBMETIDAS A ENSAIOS DE DESLIZAMENTO EM ESCALA REAL

Jonas Bertholdi, FEMEC, bertholdi.jonas@gmail.com
Sinésio D. Franco, FEMEC, sdfranco@ufu.br

Resumo: O objetivo deste trabalho é a medição do desgaste oriundo de um ensaio em escala real de uma amostra de poliuretano (PU). Para isto, as amostras foram medidas antes e após o ensaio em uma máquina de medir a três coordenadas (MM3C), marca Zeiss, modelo Cortura 800. O ensaio de desgaste por deslizamento foi realizado de forma submersa em água de torneira a 16°C. A distância total percorrida foi de 30 km, com ciclos de 30 mm de amplitude, velocidade de 4 mm/s com a carga normal de 55 MN, o que corresponde uma pressão média entre 2 e 3 MPa. Os resultados obtidos mostram que a variação de dureza influenciou a perda de volume e também a maneira que o desgaste ocorreu.

Palavras chave: PU, Desgaste por Deslizamento, Perda de Volume

1. INTRODUÇÃO

A avaliação da aplicabilidade dos materiais, normalmente, passa pela avaliação de suas propriedades mecânicas e sua interação com o meio onde atuará. No entanto, com o avanço da engenharia preditiva, busca-se cada vez mais se caracterizar as propriedades tribológicas dos materiais para que a predição da vida útil de cada componente em serviço seja mais acurada. Diferentemente das propriedades mecânicas e térmicas, as propriedades tribológicas dos materiais dependem do sistema em que estão inseridos (Zum Gahr, 1987). Ainda que os ensaios padronizados em pequena escala sejam preferidos por sua praticidade e capacidade de seleção de materiais, os ensaios em escala real são necessários para confirmação dos resultados obtidos em pequena escala, uma vez que nem sempre a correlação entre as escalas (Briscoe & Sinha, 2009 ; Czichos, 2001).

Em se tratando de aplicações tribológicas, os materiais poliméricos estão cada vez mais presentes devido sua vasta gama de propriedades. Dentre estes materiais, uma classe que vem se notabilizando por seu uso, especialmente em aplicações marítimas, qual seja, os poliuretanos (PU). Isto porque esta classe de polímero possui uma vasta gama de propriedades físicas e químicas, o que permite preparar uma composição específica para cada necessidade. Como as estruturas marinhas normalmente são projetadas para passar vários anos submersas, isso torna os PU atrativos para esse tipo de aplicação (Davies & Evrard, 2007; Martínez *et al.*, 2010). Ainda assim, a maioria de suas propriedades tribológicas conhecidas advindas de ensaios padronizados em escala reduzida (DASARI *et al.*, 2009).

Com a necessidade de testar os PU em condições fidedignas com sua aplicação, Hwang e colaboradores (2006) desenvolveram um tribômetro em escala real para simular as condições a que o PU seria submetido em vida. Ainda assim, havia a necessidade de se verificar se a metodologia proposta para a avaliação da perda volumétrica das amostras testadas. Neste sentido, este trabalho visa verificar esta metodologia calculando a perda de volume e espessura em duas amostras de PU com durezas diferentes utilizadas em ensaios simulando sua utilização prática.

2. METODOLOGIA

As medições das amostras de PU utilizadas em escala real foram feitas com uma máquina de medição a três coordenadas (MM3C), da marca Zeiss, modelo Cortura 800. As amostras foram avaliadas através da medição de uma matriz de 301x75 pontos, cobrindo uma área de 100 x 150 mm² em sua região central. A localização da região de medição é apresentada na Figura 1. A escolha desta matriz foi feita com base no trabalho de Moraes (2013).

As amostras foram mantidas por 24 horas em um ambiente a $20,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ e então foi realizada a medição inicial. Em seguida, as amostras de PU foram então submetidas a um ensaio de deslizamento alternado contra um seguimento de linha flexível com uma carga aplicada de 55 MN, a distribuição de pressão também pode ser vista na Figura 1, e velocidade de 4,0 mm/s. A amplitude de cada ciclo foi fixada em 30 mm perfazendo uma distância percorrida total de 30 km, sendo todo o ensaio realizado imerso em água de torneira a 16°C. Após o ensaio de desgaste, as amostras foram limpas e colocadas no ambiente de medição 24 horas antes da medição. Para efeito de comparação, a matriz de medição utilizada após o ensaio foi a mesma utilizada na condição inicial.

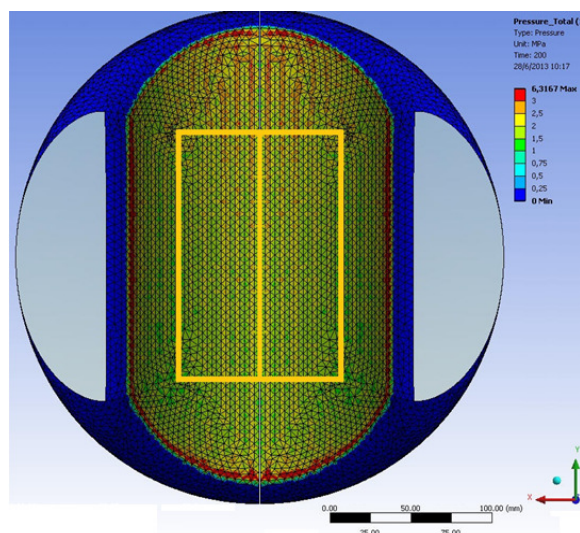


Figura 1 - Distribuição da pressão de contato na região que teve o desgaste avaliado.

As medições foram feitas utilizando o *software* Calypso®, através do qual foi possível obter o posicionamento correto da máquina, garantindo assim a medição dos mesmos pontos antes e após o ensaio de desgaste. Em cada situação, os pontos foram medidos, no mínimo, 3 vezes.

Com os pontos medidos foi possível obter um mapa de desgaste e também o volume medido antes e depois do ensaio de desgaste. O volume foi calculado através de duas integrais numéricas sucessivas, cujo erro de integração estimado para esse intervalo é de 1,2392 mm³. O mapa de desgaste foi gerado fazendo-se a média do valor medido da espessura na condição inicial menos a média dos valores medidos da espessura após o ensaio com a mesma posição planar.

A medição da dureza das amostras foi realizada com um durômetro Shore-A portátil sendo realizadas oito medições em cada uma das peças.

3. RESULTADOS

A Figura 2 mostra os resultados obtidos para as durezas das duas amostras e com o intervalo de confiança de um desvio padrão. Pode-se observar que dureza da amostra "Esquerda" (94,1 Shore-A) foi maior que a da amostra "Direita" (91,9 Shore-A). Esta variação de dureza pode afetar a resistência ao desgaste do PU, o que pode gerar diferentes perdas de massa e mapas de desgastes obtidos para cada uma das amostras (Santos, 2007).

A Figura 3 mostra o volume calculado para as amostras antes e depois do ensaio de desgaste, onde o desvio mostrado apresenta um intervalo de confiança de 99%. Observa-se que a amostra "Direita" perdeu 20,79 cm³ de material enquanto a "Esquerda" teve uma perda de 35,28 cm³, tendo assim uma variação no desgaste de 70% entre as amostras. Isso resultaria numa perda de espessura média de 1,584 mm na "Direita" e 5,070 mm na "Esquerda".

A variação no volume perdido é associada com a variação na dureza das amostras. Este fato influenciou o comportamento tribológico do sistema produzindo resultados distintos em cada uma das amostras.

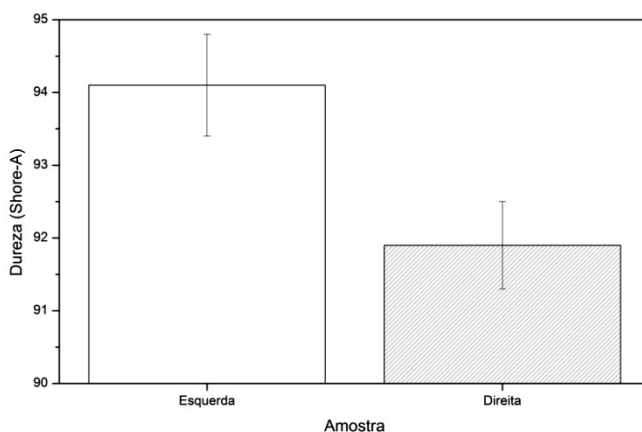


Figura 2 - Resultados da medição de dureza das amostras utilizadas.

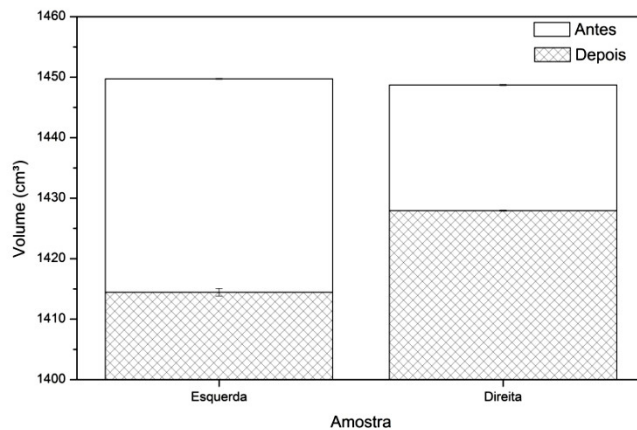


Figura 3 - Resultado da medição do volume das amostras antes e depois do ensaio de desgaste.

A variação no comportamento tribológico das amostras também pode ser observado nos mapas de desgaste mostrados nas Figuras 4 a e b. Pode-se observar um desgaste mais uniforme na amostra "Esquerda" do que na "Direita". Esta variação foi originada pela evasão dos fragmentos de desgaste da superfície da amostra "Esquerda", enquanto na amostra da "Direita" alguns fragmentos ficaram retidos no contato, gerando assim uma capa de fragmentos aglomerados. Esta capa por sua vez serviu para proteger a amostra do desgaste, o que explica a menor perda de material da mesma. Os mapas de desgastes também mostram que a maior perda de espessura na amostra "Esquerda" foi próximo de 6,5 mm, enquanto a redução na amostra da "Direita" ficou em 3,8 mm, uma variação também de 70%.

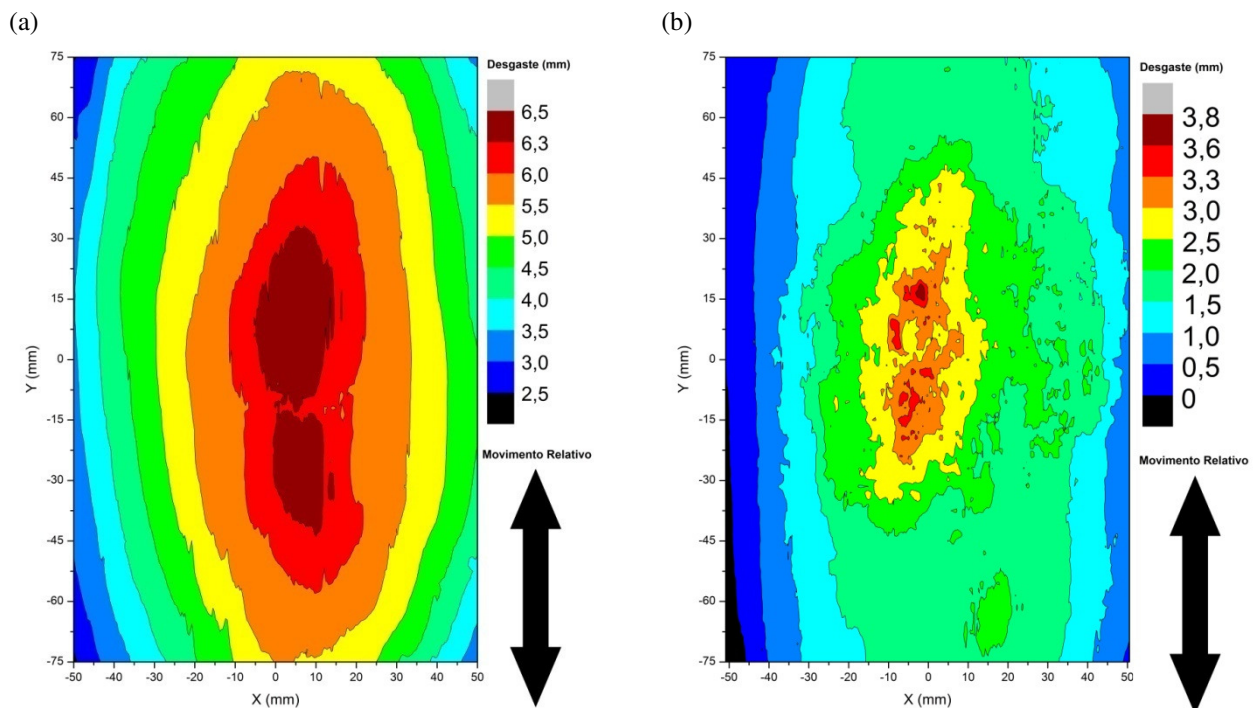


Figura 4 - Mapa de desgaste da amostra (a) Esquerda; (b) Direita

4. CONCLUSÕES

Com este trabalho foi possível verificar que a metodologia proposta para quantificar o desgaste observado em duas amostras de PU com durezas diferentes logrou êxito. Na amostra com dureza nominal de 94 Shore-A a perda

volumétrica foi de 35,28 cm³ enquanto na amostra com dureza de 92 Shore-A o desgaste foi de 20,79 cm³. A variação também pode ser observada nos mapas de desgaste, uma vez que a amostra com maior dureza teve um desgaste mais uniforme e severo em relação a outra. Esta variação no desgaste foi creditada a permanência dos fragmentos no contato da amostra de menor dureza.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Petrobras pelo apoio financeiro e amostras fornecidas, à Petropasy pelas amostras fornecidas e também ao CNPq/CAPEs.

6. REFERÊNCIAS

- Briscoe, B.J, Sinha, S. K., 2009, Polymer tribology. Singapore.
- Czichos, H., 2001, Tribology and its many facets: from macroscopic to microscopic and nano-scale phenomena. Meccanica, p. 605–615.
- Dasari, A.; Yu, Z.-Z.; Mai, Y.-W., 2009 Fundamental aspects and recent progress on wear/scratch damage in polymer nanocomposites. Materials Science and Engineering: R: Reports, v. 63, n. 2, p. 31-80.
- Davies, P.; Evrard, G., 2007, “Accelerated ageing of polyurethanes for marine applications”. Polymer Degradation and Stability, v. 92, n. 8, p. 1455–1464.
- Hwang, H. F. et. al., 2006, Desenvolvimento de um tribômetro para ensaios em escala real de revestimentos de linhas flexíveis (risers). 16° POSMEC, Uberlândia – MG.
- Martínez, F. J. et al., 2010 “Relationship between wear rate and mechanical fatigue in sliding TPU–metal contacts”. Wear, v. 268, n. 3-4, p. 388–398.
- Moraes, M. A. F., 2013, Desenvolvimento de Metodologias de Avaliação e Monitoramento do Desgaste no Par Tribológico Riser/Enrijecedor. 143 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG
- Santos, F. C., 2007, Otimização de Poliuretanos para Protetores de Linhas Flexíveis Sujeito ao Desgaste Abrasivo. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG.
- Zum Gahr, K. H., 1987, Microstructure and wear of materials.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.