

Estudo de análise superficial em materiais poliméricos para uso em biomedicina

Saito M*, Araki S*, Stoeterau R§ e Bock E*

**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo.*

§*Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.*

Resumo. O Laboratório de Bioengenharia e Biomateriais (BIOENG) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP-SP) está desenvolvendo o projeto de uma Bomba de Sangue Centrifuga Implantável (BSCI) e estuda materiais para proporcionar maior durabilidade e confiabilidade em componentes de bombas de sangue, que realizam a Assistência Circulatória Mecânica em pacientes com Insuficiência Cardíaca Congestiva (ICC). O Polietileno de Ultra Alta Massa Molecular (PEUAMM) apresenta características importantes, devido à biocompatibilidade, acabamento superficial e alta resistência ao impacto e ao desgaste proveniente da configuração de sua estrutura polimérica e devido seu longo comprimento de cadeia. Componentes como eixos e mancais devem apresentar resistência ao desgaste e impacto, devido à solicitação de cargas mistas solicitadas durante o trabalho da BSCI. Os ensaios de desgastes e atrito foram realizados em corpos de prova de PEUAMM, em meio de água pura para evitar contaminação dos componentes, na Bancada de Ensaio de Atrito e Desgaste (BEAD) que foi desenvolvida pelo IFSP-SP. A utilização de análises gráficas devido à evolução no desenvolvimento de métodos matemáticos em equipamentos de caracterização possibilita a planificação gráfica em 3D da superfície do material e o gráfico de perfil do corpo de prova, após teste de desgaste na bancada. Foi realizada uma análise superficial com perfilômetro Taylor Hobson CCI para estudo do polímero utilizado nos componentes da BSCI. Foi observada no microscópio a formação de pistas na superfície dos corpos de prova sem redução de massa após ensaio na BEAD e a análise no Perfilômetro Taylor.

Palavras chaves. *PEUAMM, Bomba de Sangue Centrifuga Implantável, Bancada de Ensaio de Atrito e Desgaste e Perfilometria.*

Introdução. Uma terceira geração de Dispositivos de Assistência Ventricular (DAV) surgiu com a utilização de Bombas Centrífugas no Suporte Circulatório Mecânico a pacientes com Insuficiência Cardíaca Congestiva, uma Bomba de Sangue Centrifuga Implantável (BSCI) (1) esta sendo desenvolvida pelo Laboratório de BIOENG do IFSP-SP. As bombas centrífugas, antes utilizadas apenas como Circulação Extracorpórea (CEC) durante cirurgia, apresentam vantagens promissoras no que diz respeito à confiabilidade. Para garantir a mesma confiabilidade da BSCI, seus componentes devem ser estudados e analisados criteriosamente (2, 3, 4, 5).

A condição de superfície dos materiais dos componentes da bomba que movimentam o fluxo sanguíneo é o estudo deste artigo através da análise superficial de corpos de prova de PEUAMM. Inicialmente o desgaste por atrito dos corpos de prova será realizado em uma Bancada de Ensaio de Atrito e Desgaste (BEAD), localizada no Laboratório de BIOENG, no IFSP-SP (1, 2). A necessidade de transplantes cardíacos no Brasil em 2015 foi de 1622 indivíduos, sendo realizados apenas 353 procedimentos, porém a lista de espera sem contra indicação para a cirurgia foi de 236 pessoas (1). O laboratório de Bioengenharia e Biomateriais (BIOENG) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) pesquisa o desenvolvimento de uma bomba de sangue centrifuga implantável (BSCI) que pode ajudar na carência de transplantes de órgãos de diversas formas, como: ponte para transplante (durante a espera na fila de órgãos), ponte para recuperação (durante a espera de melhora do órgão), ponte para candidatura (instalado em pacientes para melhora de saúde permitindo o transplante) ou terapia destino (para uso permanente em pacientes sem indicações para transplante) (2,6).

Objetivo. Este estudo apresenta análise de superfície no perfilômetro Taylor, em corpos de prova de PEUAMM, após ensaio de desgaste em BEAD, comparado com a análise superficial microscópica.

Métodos. Os testes foram realizados através da BEAD. Os corpos de prova foram submetidos a testes de aproximadamente 10 horas, simulando as condições de atrito no interior da BSCI, conforme figura 1.

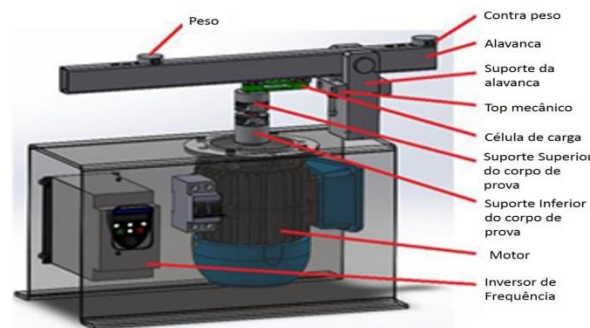


Figura 1. Bancada de Atrito do IFSP (7)

Para caracterização do mancal de PEUAMM e análise superficial das amostras, foram utilizados dois microscópios: um axial (Axio lab A1, Carl Zeiss, Oberkochen) e outro vertical (Axio Vert A1, Carl Zeiss, Oberkochen), conforme figura 2.



(a)

(b)

Figura 2. Microscópios utilizados na caracterização dos materiais cerâmicos: (a) axial e (b) vertical. (8)

Para caracterização dos corpos de prova de PEUAMM, quanto à rugosidade utilizou-se o Perfilômetro TAYLOR HOBSON (CCI MP, Taylor Hobson, Leicester, Inglaterra), localizada no Laboratório de Engenharia Mecânica da Poli (USP), conforme figura 3.



Figura 3. Perfilômetro utilizado na caracterização de rugosidade dos materiais cerâmicos. (12)

Resultados. Para verificação da estrutura do (PEUAMM) antes dos testes iniciais, utilizou-se um microscópio disponibilizado pelo Instituto Federal de São Paulo, modelo vertical, que possibilitou a aproximação de 100 X, foto da estrutura do corpo de prova 1, antes dos ensaios em bancada, conforme Figura 4.



Figura 4. Micrografia da superfície do corpo de prova do material PEUAPM e medição realizada. Aumento original de 100X.

Após os ensaios realizados no corpo de prova 1, foto tirada por microscopia com aproximação de 200X, conforme figura 5.

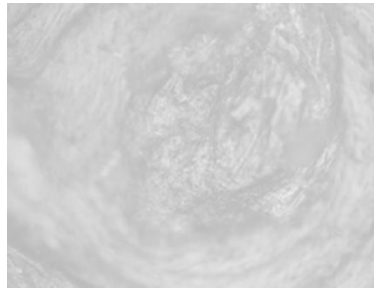


Figura 5. Micrografia com aumento de 200X do corpo de prova 1 em PEUAMM após o ensaio.

Foto da estrutura do corpo de prova 2, antes dos ensaios em bancada, com visualização em 100X, conforme figura 6.



Figura 6. Micrografia da superfície do corpo de prova 2 do material PEUAPM. Aumento original de 100X.

Após os ensaios realizados no mancal 2, fotos tiradas por microscopia com aproximação de 200X, conforme figura 7.

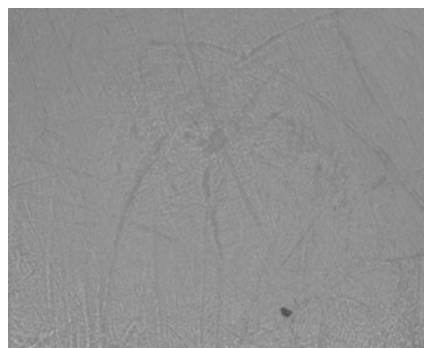


Figura 7. Micrografia da superfície do mancal 2 do material PEUAPM, após o ensaio. Aumento original de 200X.

Para verificação da rugosidade dos corpos de prova, antes dos testes em bancada, foi utilizado o Perfilômetro e registro da estrutura superficial, conforme figura 8. Corpo de Prova 1 - Detectado uma rugosidade superior através do gráfico 1 de perfil horizontal com valor aproximado de 0,01 mm.

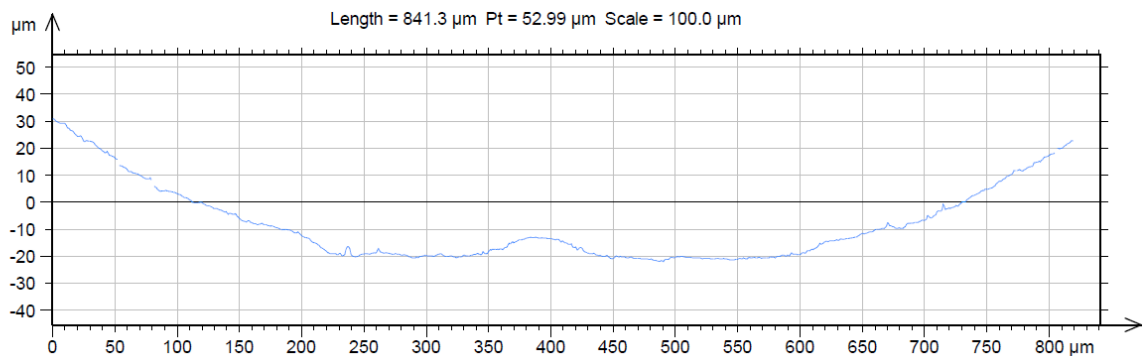


Gráfico 1. Gráfico de Perfil corpo de prova 1 de PEUAMM.

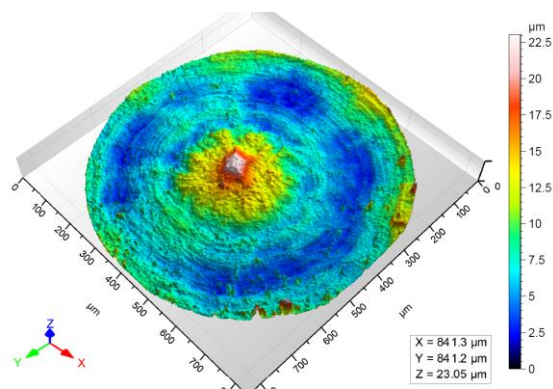


Figura 8. Vista 3D a partir da remoção de nível e preenchimento dos pontos não medidos do corpo de prova 1 de PEUAMM.

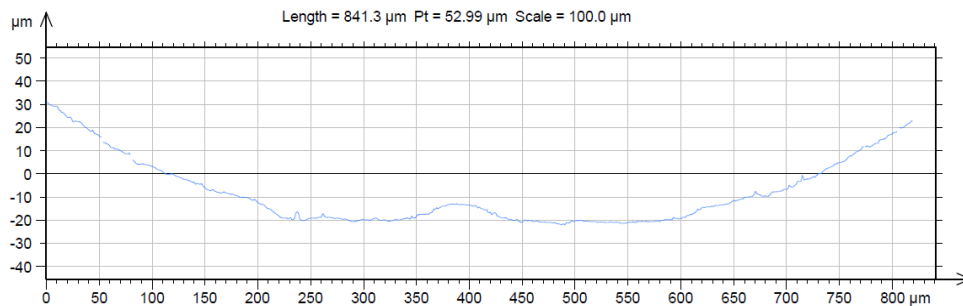


Gráfico 2. Gráfico de Perfil Corpo de prova 2 de PEUAMM.

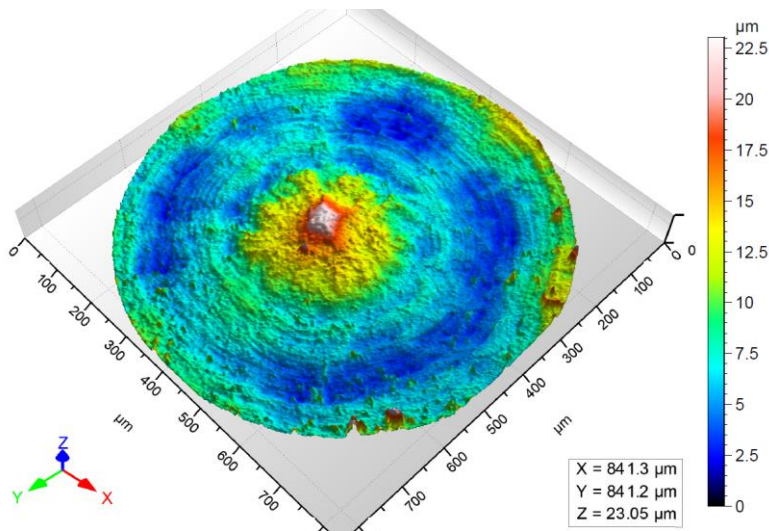


Figura 9. Vista 3D a partir da remoção de nível e preenchimento dos pontos não medidos do corpo de prova 2 de PEUAMM.

Discussão e Conclusões. Pelo observado, não existe nenhuma alteração dimensional ou mesmo algum desgaste visível em até 200x de magnitude em todos os corpos de prova em que foram realizados os ensaios de bancada. Isso indica que o desgaste do material polimérico é praticamente imperceptível do ponto de vista da durabilidade do mancal do rotor da BSCI.

Durante as microscopias realizadas, entretanto, foram observadas algumas alterações nas superfícies dos mancais após os ensaios realizados na BEAD. O corpo de prova 1, apresentou um defeito na superfície sem retirada do material, que pode ter ocorrido com vibração, conforme pode ser observado na Figura 5.

O fluido aplicado na BEAD durante os ensaios que simulam o atrito da BSCI foi a água pura para evitar contaminação das amostras. Uma opção seria realizar os ensaios com sangue, controlando parâmetros como o hematócrito, a coagulação, a temperatura e a hemólise. Uma

alternativa para simular a viscosidade do sangue, seria a utilização de uma solução aquosa com 37% de glicerina. Neste estudo, priorizou-se a visualização da interface do polímero, sem qualquer inclusão gerada por deterioração de materiais externos. Assim, em trabalhos futuros se faz necessária a realização de novos ensaios utilizando a mistura de água com glicerina para verificar as alterações superficiais e dimensionais em condições tribológicas mais próximas do fenômeno real.

Após vários testes de rugosidade realizados no Perfilômetro TAYLOR HOBSON (CCI MP, Taylor Hobson, Leicester, Inglaterra), foram selecionados corpos de prova para realização de testes nos protótipos de Bomba de Assistência Ventricular Implantável.

Com o desenvolvimento de novos protótipos da BSCI, novos testes deverão ser realizados in loco para avaliar o desgaste real durante o funcionamento do dispositivo com a mesma caracterização aqui descrita. Espera-se que, assim, seja possível obter uma melhor visualização dos fenômenos de alterações na sua superfície, deformação permanente e avaliação dos parâmetros funcionais do estudo tribológicos do material polimérico proposto.

Agradecimentos. Os autores agradecem à CAPES, CNPQ, IFSP e USP.

Referências.

- (1) BOCK, E.; RIBEIRO, A.; SILVA, M.; ANTUNES, P.; FONSECA, J.; LEGENDRE, D.; LEME, J.; ARRUDA, C.; BISCEGLI, J.; NICOLSI, D.; ANDRADE, A. **New Centrifugal Blood Pump with Dual Impeller and Double Pivot Bearing System: Wear Evaluation in Bearing System**, Performance Tests, and Preliminary Hemolysis Tests. *Artificial Organs*, v. 32, p. 329-333, 2008.
- (2) YANG, C. C.; KIM, R. H.; DENNIS, D. A. **The squeaking hip: a cause for concern-disagrees**. *Orthopedics* 2007.
- (3) UEBELHART, B.; SILVA, B.; FONSECA, J.; BOCK, E.; LEME, J.; SILVA, C.; LEÃO, T.; ANDRADE, A. **Study of a Centrifugal Blood Pump in a Mock Loop System**. *Artif Organs*, v. 37, p. 946-949, 2013.
- (4) ROCHA, J. A. F. **Projeto de Dispositivo de Assistência Ventricular**. IFSP, São Paulo, SP, 2016.
- (5) SANTOS, M. B., 2005. **Identificação da Força de Atrito através de Análise de Sinais não Lineares em Ensaios Tribológicos**. Tese de doutorado apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil.
- (6) BOCK, E. G. P.; LEÃO, T. F.; UEBELHART, B.; GALANTINI, D.; ANDRADE, A.; CAVALHEIRO, A.; SANTOS FILHO, D. **A ceramic pivot bearing Implantable Centrifugal Blood Pump**. *Int J Artif Organs*, v. 36, p. 543, 2013.

- (7) MARQUES JR, A. L. **Bancada para realizar teste de resistência ao atrito de Biomateriais utilizados em uma bomba de sangue centrifuga implantável.** Dissertação de Mestrado, IFSP, São Paulo, SP, 2016.
- (8) ZEISS. **Catálogo dos Microscópios.** Disponível em: http://www.zeiss.com/microscopy/en_de/products/light-microscopes/axio-lab-a1-for-materials.html. Acesso 04 de Junho de 2016.

Abstract: The Bioengineering and Biomaterials Laboratory (BIOENG) of the Federal Institute of Education, Science and Technology of São Paulo (IFSP-SP) is developing the design of an implantable centrifugal blood pump (BSCI) and studies materials to provide greater durability and reliability in Components of blood pumps that perform mechanical circulatory assistance in patients with Congestive Heart Failure (CHF). Ultra High Molecular Mass Polyethylene (PEUAMM) presents important characteristics due to the biocompatibility, surface finish and high impact and wear resistance due to the configuration of its polymer structure and due to its long chain length. Components such as shafts and bearings must be resistant to wear and impact due to the request of mixed loads requested during the BSCI's work. The wear and friction tests were carried out on PEUAMM specimens in pure water medium to avoid contamination of the components in the Friction and Wear Test Bench (BEAD) developed by the IFSP-SP. The use of graphical analysis due to the evolution in the development of mathematical methods in characterization equipment allows 3D graphic planning of the surface of the material and the graphic of the profile of the test piece, after test of wear on the bench. Analysis computational numerical with the Taylor Profiler is used to study the polymer surface for these components of the BSCI. The formation of runways on the surface of the test specimens without mass reduction after BEAD assay and analysis on the Taylor Profiler were observed under the microscope.