

Desgaste por deslizamento com movimento alternado: validação do equipamento microtribômetro

Rina Mariane Alves Dutra, LTM, rinadutra@hotmail.com
Leonardo Rosa Ribeiro da Silva, LTM, leonardo.rrs@gmail.com
Vinicius Carvalho Teles, LTM, telesv88@gmail.com
Guilherme Faria de Souza, LTM, guilherme.fsouza93@gmail.com
Washington Martins da Silva Júnior, LTM, washington@femec.ufu.br

Resumo.

Segundo a literatura muitos dos sistemas tribológico na industria possuem corpo e contra corpo deslizando em movimento alternado com e sem lubrificante. Portanto o estudo em laboratório desse sistema é de grande importância e se faz necessário desenvolver equipamentos instrumentados que conseguem monitorar, in situ, todas as forças atuantes. O objetivo deste trabalho é a validação do equipamento desenvolvido no Laboratório de Tribologia e Materiais (LTM) comparando-o com um equipamento convencional. Ensaios experimentais de desgaste por deslizamento alternado em um equipamento convencional foram utilizados para comparar os resultados do microtribômetro LTM, com os parâmetros de entrada: amostra aço ABNT 1020, esfera de 5 mm de diâmetro, carga normal de 1,96 e 3,92 N e frequência de 2 Hz. O volume desgastado em cada processo foi avaliado e comparado através de uma interferometria a laser. Para garantir a validação, espera-se que os resultados obtidos apresentem similitude entre si, assegurando a implementação de uma nova técnica de comprovação da eficácia de métodos de modificações superficiais através de análise tribológica. Os resultados mostraram que as trilhas de desgaste possuem largura e profundidades semelhantes, porem divergem quanto a forma. Concluindo que há a necessidade de novos ajustes no equipamento para que os resultados sejam mais próximos.

Palavras chave: Microtribômetro, desgaste com movimento alternado, validação, desgaste por deslizamento.

1. INTRODUÇÃO

Estudos no campo de engenharia de superfície mostraram que modificações superficiais são uma alternativa barata e eficiente para melhorar o comportamento tribológico de componentes mecânicos. A avaliação tribológica experimental dessas modificações superficiais é extremamente necessária para a comprovação da eficácia de tecnologias desenvolvidas, uma vez que os processos tribológicos requerem uma abordagem fundamentalmente experimental para o seu estudo. O Laboratório de Tribologia e Materiais da UFU (LTM/UFU), em particular, tem despendido grandes esforços nos últimos anos no sentido de desenvolver métodos inovadores de modificações superficiais, que têm sido implementados com sucesso.

Uma das técnicas para avaliar a influência, o comportamento e a eficiência das modificações superficiais é realizada através de um microtribômetro, que é um equipamento com carga adequada para medição de propriedades do atrito e desgaste de materiais a seco e lubrificado sob condições específicas de carga, velocidade, temperatura e atmosfera lubrificada (Satchowiak; Batchelor, 2005).

O objetivo deste trabalho é a validação do microtribômetro instrumentado desenvolvido no Laboratório de Tribologia e Materiais (LTM) confrontando seus resultados com o equipamento de desgaste por deslizamento convencional. O foco do presente estudo são ensaios de deslizamento com movimento alternado visto que a maioria das aplicações industriais opera com este movimento e não se pode estudá-las com base em teorias desenvolvidas para desgaste contínuo (Ward, 1970).

2. METODOLOGIA

As etapas do projeto microtribômetro do Laboratório de Tribologia e Materiais (LTM) são apresentadas na Figura 1. O estudo e desenvolvimento do projeto do equipamento (etapa 1) e a aquisição e fabricação de peças (2) não contemplam a metodologia deste estudo, sendo elaboradas por projetos de iniciação científica e trabalhos de conclusão de curso de outros alunos. A etapa 3 corresponde a criação da lógica funcional, além de calibração de instrumentos e otimização do processo. Por fim, tem-se a validação e pré-testes do microtribômetro (etapa 4).

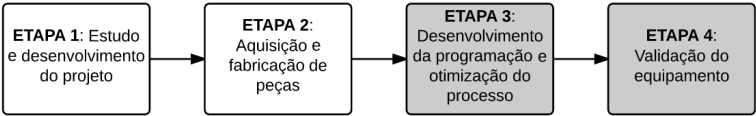


Figura 1. Etapas do projeto microtribômetro do LTM.

2.1. Equipamento

A Figura 2 representa o microtribômetro desenvolvido no LTM. A Tabela 1 lista as características dos componentes que compõem o microtribômetro.

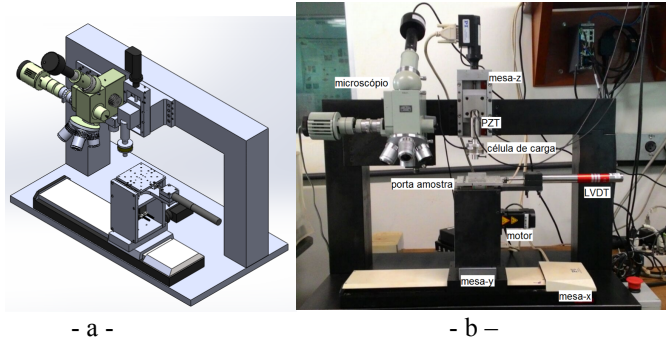


Figura 2. Microtribômetro do LTM. a – Esquema; b- Equipamento.

Tabela 1. Componentes do microtribômetro.

Componentes	Resolução	Fabricante	Modelo	Interface
Mesa x	0,0001 mm	Physik Intrumente	M-535.22	
Mesa y	0,0001 mm	Physik Intrumente	M-150.11	
Mesa z	0,0001 mm	Physik Intrumente	M-150.11	
Controlador das mesas		Physik Intrumente	C804	Digital GPIB
Transladador Piezelétrico (PZT)	5 nm 28 µm (FE)	Physik Intrumente	P-239.40	
Controlador do PZT		Physik Intrumente	P267 – amplificador de 0-10 V para 0-1000 V	Analógica AD/DA
LVDT	0,001 mm	Metrolog	DCTH-1000C	
Célula de carga	0,002 N 120 N (FE)	ATI – Industrial Automation	Nano 43 F/T sensor	Analógica AD/DA

2.2. Programa desenvolvido

A programação lógica do microtribômetro para controlar a movimentação do porta amostra e o carregamento foi desenvolvida com auxílio da plataforma LabVIEW®.

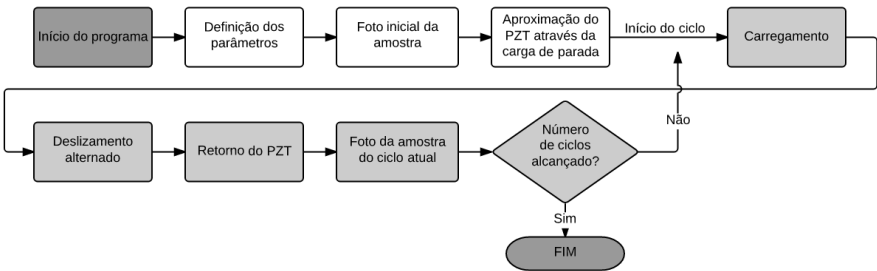


Figura 3. Fluxograma do programa de desgaste por deslizamento com movimento alternado.

No programa principal, Figura 3, o usuário define os seguintes parâmetros: carga de parada, número de ciclos do processo, tempo do processo de desgaste, velocidade e aceleração do motor, nome da amostra. Ao compilar, as mesas x , y e z direcionam a amostra até a câmera do microscópio para uma foto inicial (anterior ao início do ensaio). O foco da câmera é voltado para uma faixa cujo o ponto inicial estabelecido pelo usuário no posicionamento da amostra é o centro da marca de desgaste, mas pode ser ajustado para estudar outros pontos de interesse. Ao retornar as mesas para a posição inicial, há uma aproximação do PZT através da carga de parada definida, esta carga é necessária para o reconhecimento da superfície e ajuste do indentador. Entra-se no ciclo, iniciando-se o carregamento. Paralelamente, liga-se o motor e tem-se o deslizamento com movimento alternado até completar o tempo de desgaste. Após o deslizamento, tem-se um retorno do PZT antes da desaceleração do motor, evitando-se que haja alterações nos mecanismos de desgastes gerados durante o processo. Finalizando o ciclo do processo, obtém-se a foto da amostra com o desgaste gerado pelo deslizamento. Caso não tenha-se alcançado o número de ciclos do processo, retornar-se a etapa de carregamento e inicia-se um novo ciclo.

Ao finalizar, o programa gera um arquivo .txt com os dados do carregamento, da força e do coeficiente de atrito, necessários para gerar o mapa de desgaste da triboscopia (dos Santos, 2015). Há também arquivos .jpeg referentes às fotos tiradas ao longo do teste.

2.3. Materiais

Para validação do microtribômetro foram utilizadas duas amostras de aço ABNT 1020. Os corpos de prova foram lixados em lixas d'água, convencional, com granulometria: #120, #400, #600, #2000. Em seguida foram polidos com pasta de óxido de cromo com partículas de 3 μm .

2.4. Ensaio experimental: validação

O ensaio de desgaste por deslizamento com movimento alternado foi realizado no microtribômetro desenvolvido no LTM. Foram produzidos testes com os parâmetros da Tabela 2 para as duas amostras, com comprimento da trilha de desgaste de 10 mm e frequência de 2Hz. Observa-se que os ensaios de caracterização tribológica foram realizados sob carregamento constante. O contra corpo utilizado foi uma esfera aço ABNT 52100 de 5 mm de diâmetro, que é presa ao pino de modo que não gire durante o ensaio.

Tabela 2. Parâmetros do ensaio experimental para as duas amostras.

Parâmetros	Amostra 1,96 N	Amostra 3,92 N
Velocidade do motor	3200 rpm	3200 rpm
Aceleração do motor	360 rpm	360 rpm
Número de ciclos do processo	1	1
Duração do ensaio	10 min	10 min
Carga	1,96 N	3,92 N
Carga de parada	0,3 N	0,3 N

Para validação dos dados encontrados durante o ensaio experimental, e consequentemente, validação do microtribômetro desenvolvido, foram efetuados novos ensaios com os mesmos parâmetros e as mesmas amostras no tribômetro comercial Plint®, modelo TE 67 Plint and Partners LDT, conforme Figura 4.

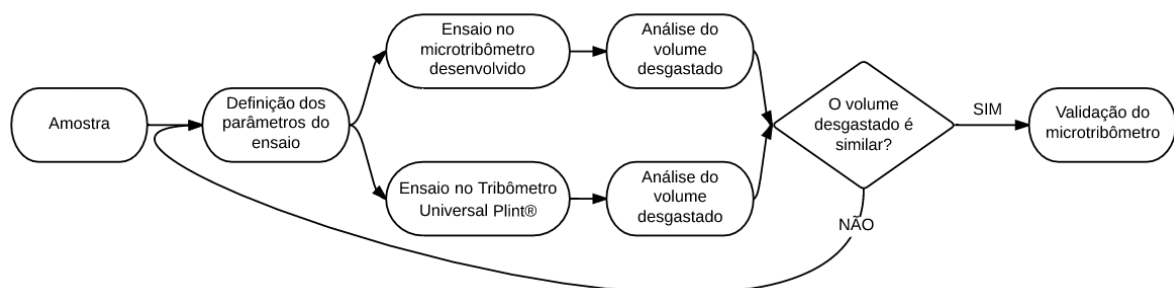


Figura 4. Fluxograma do processo de validação do microtribômetro.

Espera-se que as análises da superfície obtidas do Tribômetro Universal Plint® relacionam-se com as obtidas no microtribômetro, apresentando volume desgastado similares. Concretizada esta similitude, valida-se o equipamento.

Para comparar os dois resultados será utilizado imagens de interferometria laser, avaliando-se a forma da trilha de desgaste e volume através de mapas topográficos tridimensionais (3D) e da extração do perfil topográfico bidimensional.

3. RESULTADOS

As amostras de 1,96 e 3,92 N tem seus mapas topográficos 3D e perfis topográficos representadas respectivamente na Fig. 5 e Fig. 6, sendo a trilha inferior sempre referente ao equipamento Plint® e a superior ao tribômetro avaliado neste trabalho.

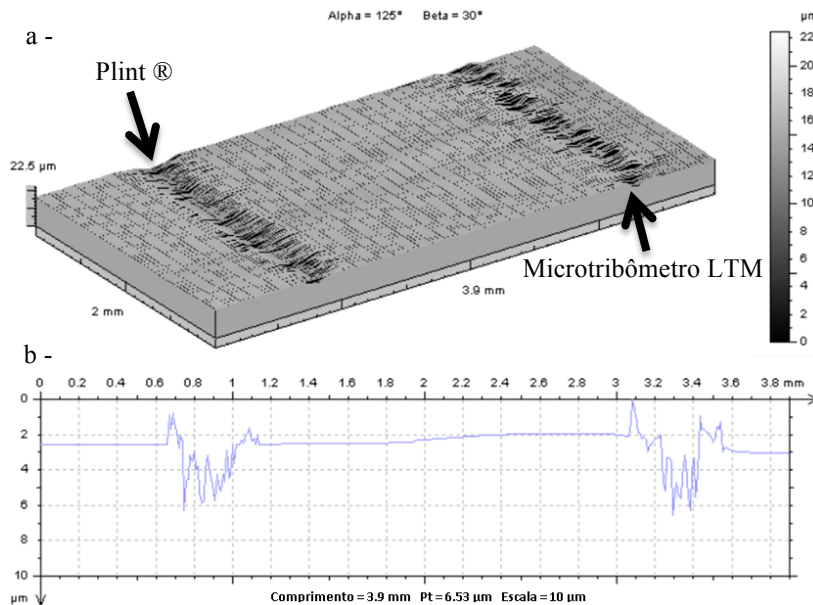


Figura 5. Mapa topográfico 3D (a) e perfil linear dos riscos (b) para a amostra submetida a uma carga de 1,96 N.

Com base na Fig. 5 fica clara a semelhança entre as marcas de desgaste realizadas em ambos os tribômetros, possuindo uma trilha com profundidade máxima próxima de 4 µm e uma largura em torno de 0,4 mm. Porém, observa-se que a trilha de desgaste gerada pelo tribômetro Plint® é mais uniforme e delineada.

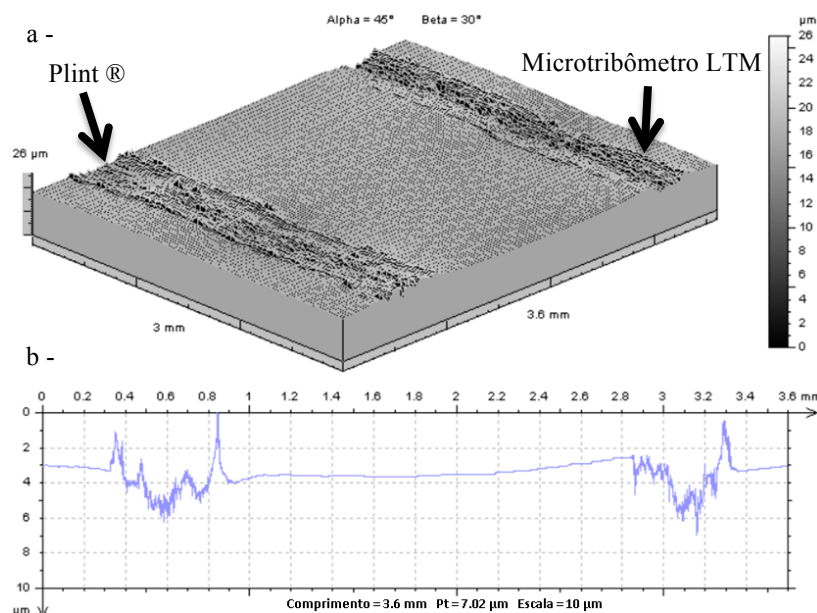


Figura 6. Mapa topográfico 3D (a) e perfil linear dos riscos (b) para a amostra submetida a uma carga de 3,92 N.

A Figura 6 por sua vez também apresentou resultados semelhantes para as marcas de desgaste realizadas em ambos os equipamentos, tendo uma profundidade máxima também em torno de 3 μm e uma largura ligeiramente superior à das amostras sujeitas a uma carga de 1,96 N, por volta de 0,5 mm.

A diferença nos resultados pode estar relacionado ao controle do PZT e a rigidez do equipamento. Portanto as próximas etapas do trabalho será implementar um melhor controle, que seja mais confiável e que possua uma resposta mais rápida, e será verificada a rigidez do equipamento, comparando impressões de dureza feitas nele e em equipamento de dureza convencional.

4. CONCLUSÃO

Os ensaios experimentais de desgaste por deslizamento com movimento alternado das amostras de 1,96 N e 3,92 N de aço ABNT 1020 foram realizados no microtribômetro instrumentado desenvolvido e no Tribômetro Universal Plint®. Observou-se que quando se compara o volume desgastado em cada processo, as marcas de desgaste apresentam largura e profundidade médias similares, porém divergem quanto a forma da trilha de desgaste.

Entretanto, conclui-se que os dados obtidos para validação podem ser melhorados com a otimização do programa desenvolvido, principalmente com o aperfeiçoamento do controle via PZT de modo a aprimorar a similitude dos resultados, garantindo uma validação mais precisa. Além disso, espera-se, através dos dados fornecidos pela programação do LabVIEW®, gerar mapas de triboscopia que representarão o coeficiente de atrito, número de ciclos e a posição da amostra, podendo acompanhar a evolução do desgaste de forma temporal e espacial. Planeja-se também executar ensaios de deslizamento com movimento alternado em regime lubrificado e em superfícies texturizadas, com a intenção de estudar a influência da dinâmica do movimento lubrificado e das superfícies texturizadas na formação das partículas de desgaste (debris) e, conseqüentemente, no coeficiente de atrito.

5. REFERÊNCIAS

- dos Santos, M. B., et al. (2015). "Potentiality of triboscopy to monitor friction and wear." *Wear* **332–333**: 1134-1144.
- Satchowiak, G. W.; Batchelor, A. W. Engineering tribology. 3. Elsevier Butterworth Heinemann, 2005. p. ISBN 0-7506-7836-4.
- Ward, R. A comparison of reciprocating and continuous sliding wear. *Wear*, v. 15, n. 6, p. 423-434, 6// 1970. ISSN 0043-1648.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq, CAPES, FAPEMIG, ao orientador Washington Martins, ao laboratório LTM e à Faculdade de Engenharia Mecânica da UFU.

7. ABSTRACT

According to the literature many of tribological systems in the industry have body to counter body reciprocating sliding with and without lubricant. Therefore, the experimental study of this system is of great importance and it is necessary to develop instrumented equipment and can monitor, in situ, all acting forces. The objective of this study is to validate the equipment developed in Laboratory Tribology and Materials (LTM) comparing it with conventional equipment. Experimental tests of reciprocating sliding wear on a conventional equipment were used to compare the results of microtribometer LTM, were utilized as input parameters: samples of ABNT 1020, normal load of 1.96 and 3.92 N and frequency of 2 Hz. The worn volume in each case was evaluated and compared using a laser interferometer. To ensure validation, it is expected that the results obtained show similarity with each other, ensuring the implementation of a new technique for proving the efficacy of methods of surface modification by tribological analyzes. The results showed that the wear tracks have similar width and depths, however differ on the form. Concluding that there is a need for new adjustments in the equipment so that the results are closer.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.