

O COMPORTAMENTO DO ATRITO EM RELAÇÃO AS MARCAS DE RETIFICAS

Rina Mariane Alves Dutra, UFU, rinadutra@hotmail.com
Vinícius Carvalho Teles, UFU, telesv88@gmail.com
Erika Michele Damas, UFU, erikadamas@gmail.com
Lucas dos Reis Heni Madeira, UFU, lucasmadeiranr@hotmail.com
Washington Martins da Silva Junior, UFU, washington@femec.ufu.br

Resumo: O processo de retificação, muito utilizado em diversos processos de fabricação, utiliza um rebolo abrasivo para dar forma à peça. Contudo, a interação das partículas abrasivas com a superfície da peça causa micro ranhura. As ranhuras são orientadas de acordo com a direção de retífica. Desta forma, as marcas de retífica podem ter a função semelhante a texturas modificando o comportamento tribológico do sistema. O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da direção das marcas de retífica no comportamento do atrito. Para isso foi realizado ensaios de desgaste por deslizamento alternado utilizando um novo microtribômetro instrumentado. Os testes foram realizados no sentido das ranhuras e perpendiculares às mesmas. O material utilizado foi o aço ferramenta, VP 10, revestido com NiP. A frequência de deslizamento foi de 1 Hz, durante 2 hr e carga de 9,81 N. O contra corpo esférico foi aço AISI 52100 com 5 mm de diâmetro. O atrito foi avaliado pela técnica de triboscopia. Até o presente momento, constatou-se que as marcas de retífica não influenciam no atrito. Porém, deve-se analisar a taxa de desgaste de ambos os corpos e os mecanismos de desgaste.

Palavras-chave: tribologia, atrito, marcas de retifica, revestimento NiP, sentido de deslizamento.

1. INTRODUÇÃO

O processo de retifica é um procedimento muito utilizado atualmente, visando superfícies com um melhor acabamento, para aplicações que exigem precisão de interação dinâmica. Diversos sistemas mecânicos passam por pelo menos uma etapa de retificação, alguns deles são: virabrequim, camisa de cilindro automotivo, barramentos e primas de precisão das máquinas operatrizes. Muitos desses sistemas estão sujeitos ao desgaste por deslizamento (Hutchings, 1992).

A texturização superficial apresenta várias características apreciáveis do ponto de vista tribológico (Pettersson, U., Jacobson, S, 2004) (Pettersson, U., Jacobson, S, 2003). Por exemplo, podem possibilitar o acúmulo de debris no interior das sulcos ou vales gerando diminuição da área de contato e consequentemente do desgaste abrasivo entre as superfícies de contato. As mesmas depressões podem atuar como reservatório de lubrificante para o caso em que o contato entre as superfícies provoca alta deformação plástica (Gonçalves Jr, 2016). Ao final do processo de retificação foi observado que há presença de riscos e ou sulcos paralelos com espessura e profundidade uniforme, que podem exercer a função de texturas.

Um novo microtribômetro mais sensível e preciso está em desenvolvimento, como mostra no trabalho de Dutra et al, (2015). O novo equipamento é equipado com um LVDT para mediar a posição ao longa da trilha de desgaste, uma célula de carga com de precisão e um PZT para aplicação da carga. O sistema já foi calibrado e validado utilizando o equipamento PlintandPartners TE 67.

Portanto o objetivo deste trabalho é verificar a influência das marcas de retificas no desgaste por deslizamento alternado de amostras de aço ferramenta revestido.

2. METODOLOGIA

Os materiais, assim como o sistema de deslizamento adotado foram escolhidos com o intuito de representar o mais fielmente possível situações e condições reais de máquinas e sistemas mecânicos usualmente utilizados.

2.1. Materiais

O corpo de prova estudado foi o aço ferramenta VC 10 revestido com níquel químico. A composição química do aço VC 10 é apresentada na Tab. (1). Antes da deposição o aço passou por tratamento térmico: aquecimento a 950°C por duas horas e resfriamento em caixa de areia. A dureza Vickers do aço VC 10 após o tratamento térmico foi de 611 ± 30 Kgf/mm².

Após o tratamento térmico, realizou-se a retificação das amostras. Esta etapa tem como objetivo garantir o paralelismo das amostras e prepará-las para receberem os tratamentos superficiais a serem utilizados neste trabalho (Gonçalves Jr, 2016).

Tabela 1 : Composição química da amostra VC10 (porcentagem em peso) (Gonçalves Jr, 2016).

Componentes	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	P	S
Min	0,76	0,1	0,5	4,3		0,11				
Max	1,05	0,45	0,8	4,7	0,35	0,39	0,15	0,1	0,025	0,025
Medido	0,86	0,27	0,6	4,5	0,13	0,22	0,0007	0,0705	0,012	0,009

O revestimento de níquel químico foi depositado pela empresa Coatingtec Revestimentos Técnicos De Metais LTDA-ME, situada em São Bernardo do Campo. O revestimento foi depositado utilizando baixo fósforo com posterior tratamento térmico. O tratamento térmico consiste em manter as amostras no forno a 290°C por 10 h. A dureza do revestimento foi de $827 \pm 87 \text{ Kgf/mm}^2$ (Gonçalves Jr, 2016). O autor Gonçalves Jr (2016) realizou uma análise de interferometria laser após a deposição e constatou que a rugosidade superficial quadrática media, S_q , é igual a $0,71 \mu\text{m}$.

O contra corpo esférico foi de aço AISI 52100 com 5 mm de diâmetro.

2.2. Ensaios de Desgaste

Para realizar os testes de desgaste por deslizamento alternado, Fig. (1), foi utilizado um microtribômetro desenvolvido no Laboratório de Tribologia e Materiais da UFU, Fig. (2).

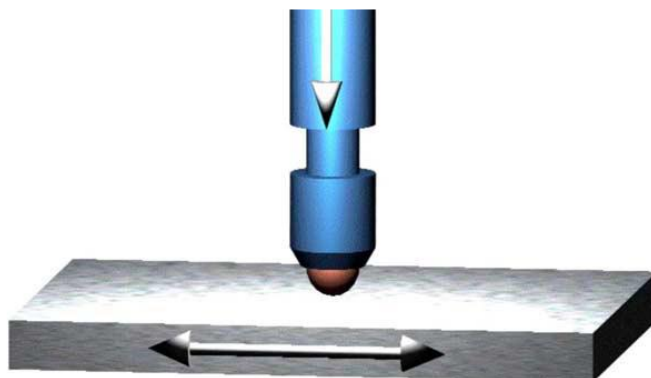


Figura 1: Representação esquemática do ensaio de deslizamento alternado.

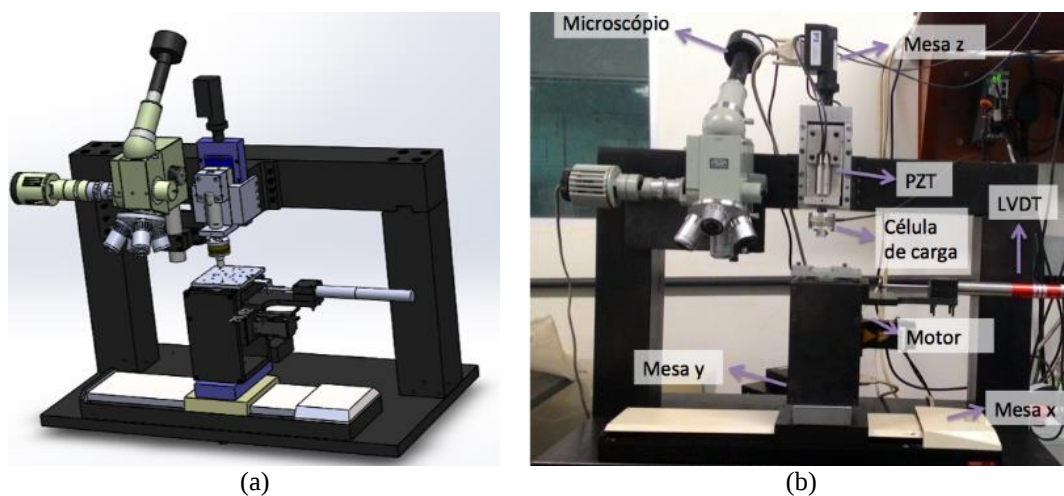


Figura 2: Microtribômetro desenvolvido no LTM: (a) Esquema, (b) Equipamento real.

O controle da movimentação da porta amostra e a aplicação da força foi desenvolvida com auxílio da plataforma LabVIEW®.

No programa principal Fig. (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. Ao retornar as mesas para a posição inicial, há a aproximação do PZT através da carga de parada definida. A carga de parada é necessária para o reconhecimento da superfície e ajuste do indentador. Entra-se no ciclo, iniciando-se a aplicação da força. 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 pequeno 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.

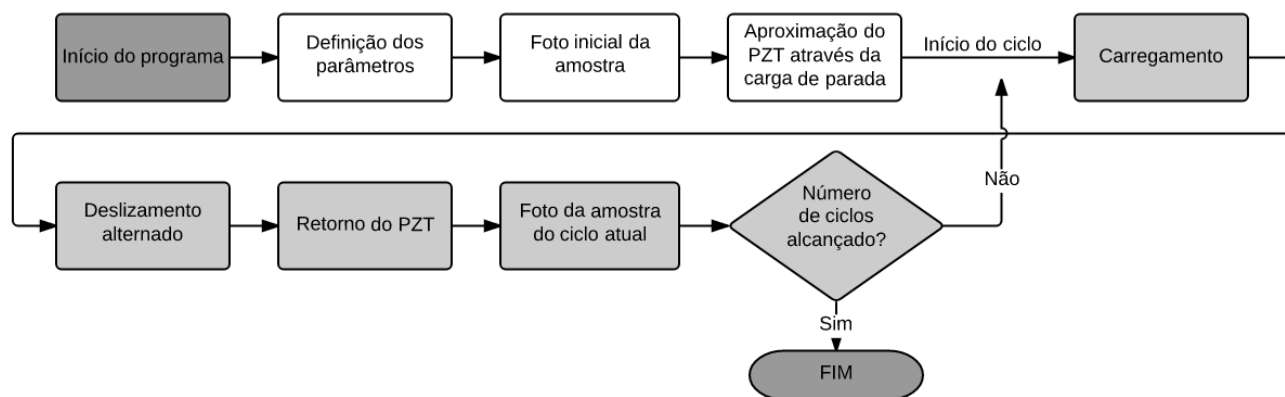


Figura 3: Fluxograma do programa de desgaste por deslizamento com movimento alternado.

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. Há também arquivos .jpeg referentes às fotos tiradas ao longo do teste.

Os testes foram realizados seguindo os parâmetros descritos na Tab. (2).

Tabela 2 - Parâmetros de testes

Frequência	1 Hz
Tempo de teste	2 h
Força normal	9,81 N (1 Kg)
Contra corpo aço AISI 52100	5 mm
Amplitude de deslizamento	10 mm

Foi realizado um total de seis testes, sendo três paralelos às marcas de retífica e três perpendiculares. Os mecanismos de desgaste foram analisados por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). A técnica de Espectrometria de Energia Dispersiva de Raios-X (EDS) foi utilizada para analisar a tribocamada presente no interior da marca de desgaste.

3. RESULTADOS

Na Figura (4) têm-se as marcas de desgastes, perpendicular Fig.(4.a) e paralelo Fig.(4.b). É possível ver que as marcas de retificas possuem uma direção preferencial. Também pode ser visto que, em ambos os casos, a profundidade de desgaste é superior a marcas de retífica.

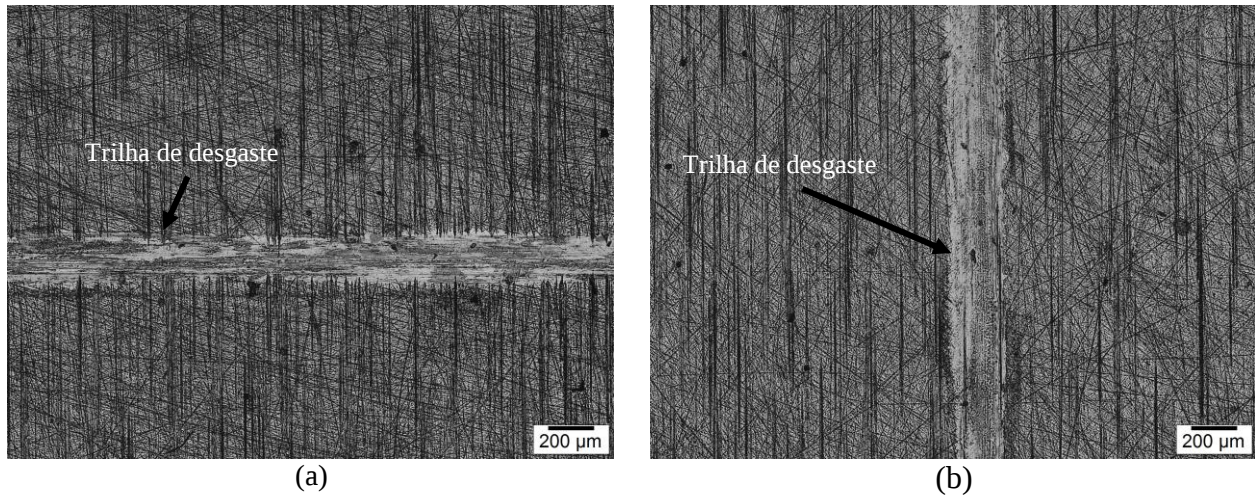


Figura 4: Trilha de desgaste por deslizamento (a) perpendicular as marcas de retífica (b) paralela as marcas de retífica.

O mapa triboscópico do coeficiente de atrito no deslizamento perpendicular e paralelo, respectivamente, é mostrado na Fig.(5). Na Figura (5a), que apresenta o resultado de triboscopia para um movimento perpendicular as marcas de retífica, observa-se que após 2000 ciclos ocorre a estabilização do coeficiente de atrito em 0,40. Na Figura (5b), na qual mostra o resultado de triboscopia para um movimento paralelo as marcas de retífica, pode ser visto que o coeficiente de atrito, diferente do caso anterior, é uniforme durante todo o teste com um valor de 0,45.

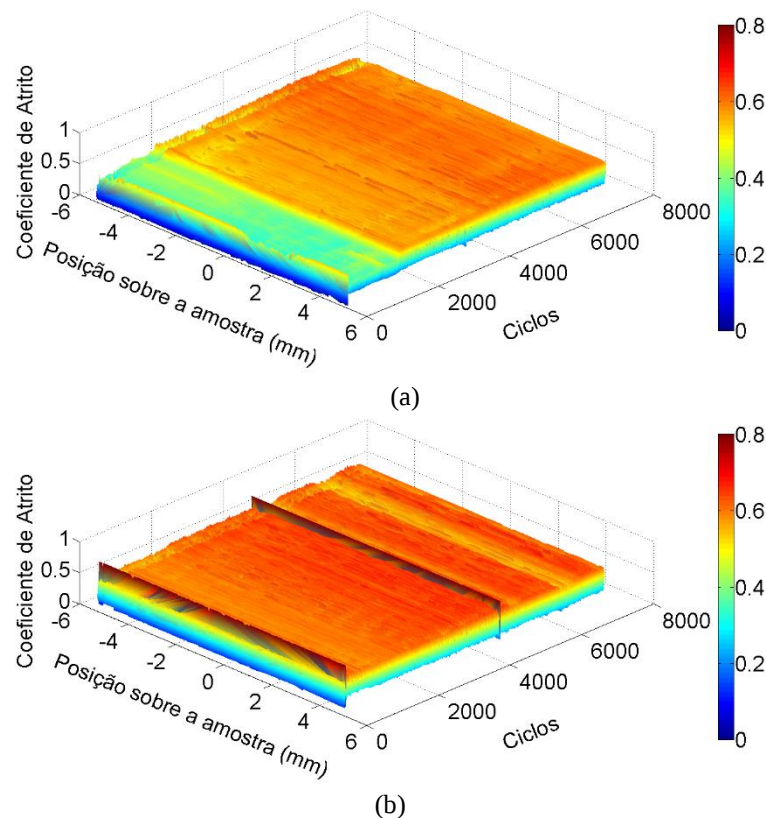


Figura 5: Mapas de triboscopia (a) perpendicular às marcas de retífica e (b) paralelo às marcas de retífica.

Na Figura (6) tem-se o gráfico que mostra o comportamento do atrito em 2D, onde é possível ver claramente que o coeficiente de atrito se estabiliza por volta de 2000 ciclos, alcançando o regime permanente. Desta forma, a média do coeficiente de atrito foi calculada a partir deste ponto.

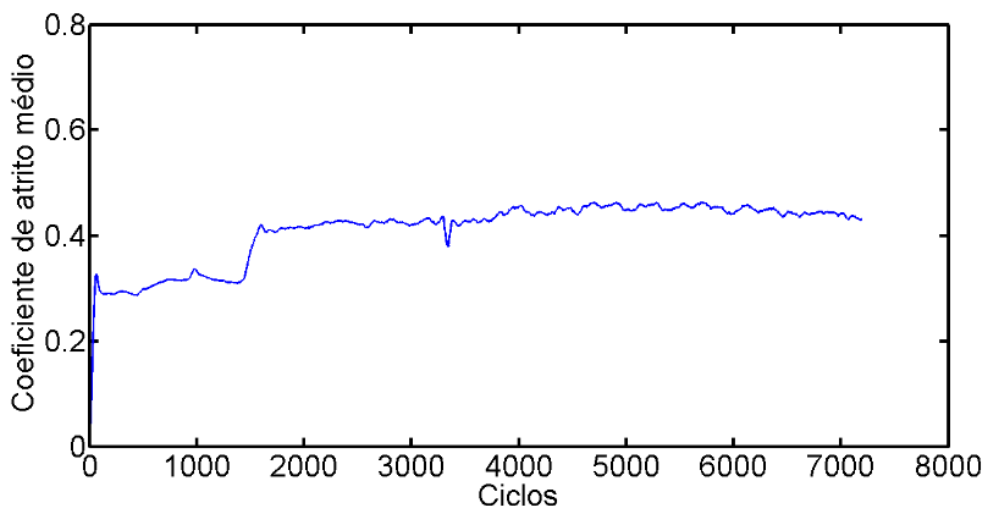


Figura 6: Gráfico do coeficiente de atrito em 2D. QUAL AMOSTRA

No trabalho realizado pelo autor Gonçalves Jr (2016), realizou testes de deslizamento alternado em um equipamento PlintandPartners TE 67, sobre uma amostra semelhante a adotada no presente estudo. Os testes tiveram duração de 1 hr com contra corpo cilíndrico de aço AISI 52100 e força normal de 50 N. O autor concluiu que o emprego do revestimento de NiP atua de forma a diminuir o coeficiente de atrito e o desgaste em relação a amostra sem revestimento. O valor do coeficiente de atrito encontrado foi de 0,45, semelhante ao encontrado neste trabalho. Outro ponto que se mostra semelhante é o comportamento da curva do coeficiente de atrito no decorrer do teste, sendo que, em ambos os estudos o regime permanente se inicia por volta de 2000 ciclos. Portanto, constatou-se que mesmo o microtribômetro utilizado sendo mais sensível não foi capaz de diferenciar o efeito das marcas de retífica.

Para comparar o atrito médio entre as duas situações foram realizadas uma média do coeficiente de atrito dentro do regime permanente, após os 2000 ciclos, Fig. (7).

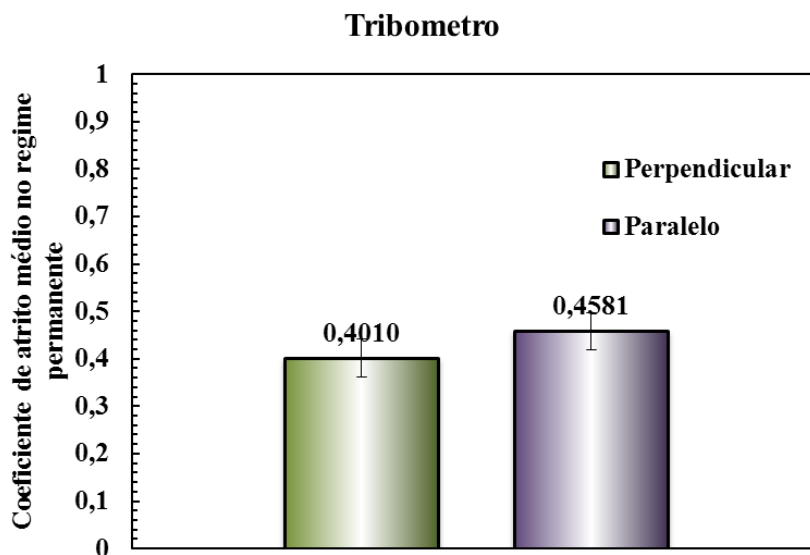


Figura 7: Comparação do valor do atrito.

Observa-se na Fig. (7) que o valor do coeficiente de atrito foi semelhante em ambos os casos. Sendo que a configuração paralela às marcas de retífica apresentou o valor de atrito ligeiramente maior. Ao avaliar os resultados com ANOVA com confiabilidade de 95%, constatou-se que não há diferenças estatísticas entre os dois resultados.

Porém, os autores Pettersson e Jacobson (2004), ao realizarem testes semelhantes em texturas de riscos que possuem larguras que variam de 5 e 50 μm na presença de lubrificante, sob regime de lubrificação limítrofe. Os autores observaram uma redução do coeficiente de atrito que passou de aproximadamente 0,12 em paralelo para 0,05 em perpendicular ao deslizamento. A causa dessa diferença de atrito está relacionada à dinâmica do fluido no interior dos sulcos.

Na Figura (8) é possível ver a trilha de desgaste nas duas situações. Também é visível a formação de tribocamada, representada na figura pelas regiões mais escuras (Oliveira Jr, 2013). Esta formação é acarretada devido a presença de oxigênio durante o deslizamento alternado. Para analisar a composição da trilha de desgaste foi utilizado o EDS, sendo possível notar a tendência da presença de oxido na trilha de desgaste. Além disto, é possível ver micro trincas no centro da trilha.

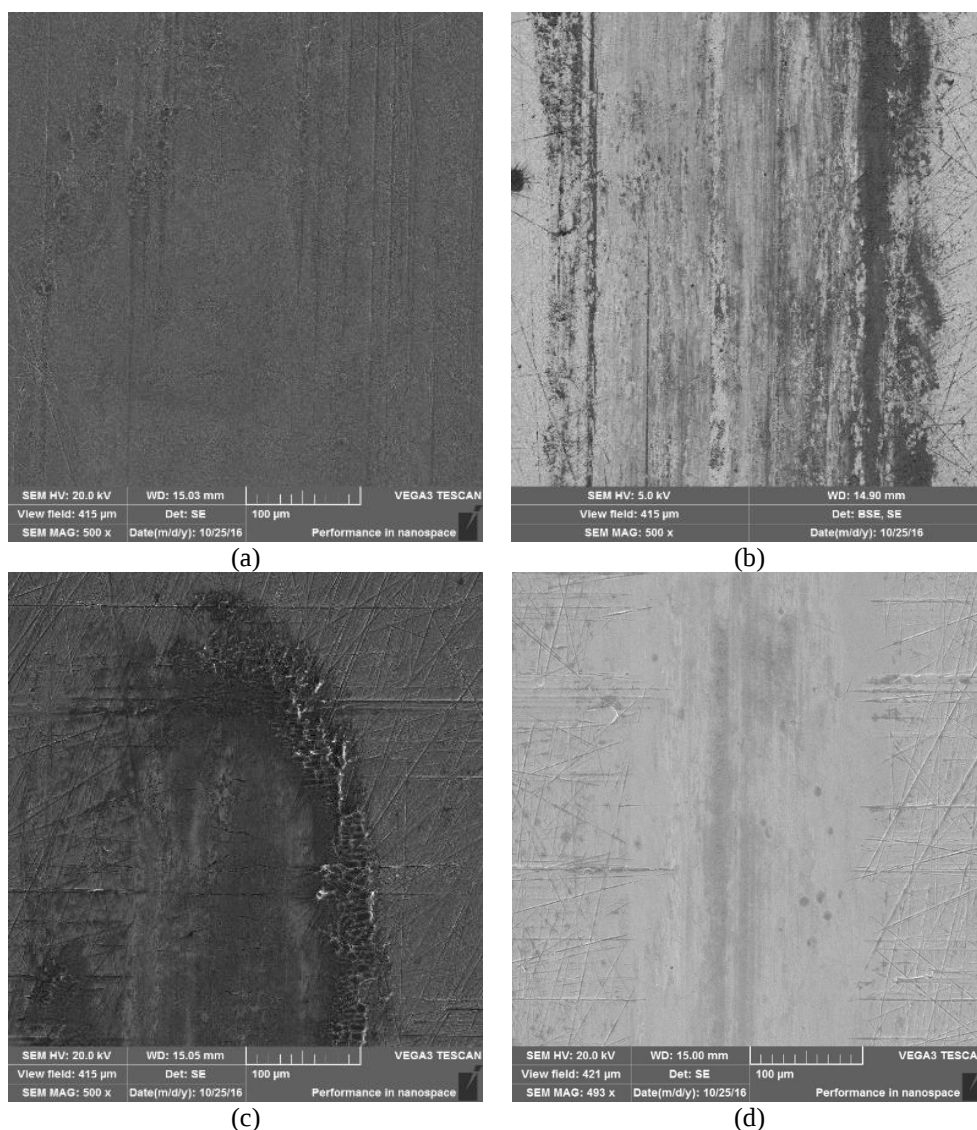


Figura 8: MEV (a) borda paralelo, (b) meio paralelo, (c) borda perpendicular e (d) meio perpendicular.

Este trabalho ainda está em desenvolvimento. Para completa-lo ainda resta avaliar as taxas de desgaste, do corpo e do contra corpo, e os componentes que se formam durante o deslizamento.

4. CONCLUSÃO

Em vista das análises estatísticas feitas e da análise por MEV, evidenciou-se que não há diferenças estatísticas nos coeficientes de atrito ao deslizar perpendicular ou paralelo as marcas de desgaste. Também pode se concluir que as trilhas de desgaste obtidas pelo novo microtribômetro apresentou comportamento semelhante a tribômetros convencionais.

5. AGRADECIMENTO

Agradecemos a CAPES, FAPEMIG e ao CNPq pelo apoio financeiro. Agradecemos também ao Laboratório Multiusuário do Instituto de Química pelo apoio.

6. REFERÊNCIAS

- Dutra, R., M. A. da Silva, L., R., R., Teles, V., C., de Solza, G., F., da Silva, W., M., “Desgaste por deslizamento com movimento alternado: validação do equipamento microtribômetro”. Anais do 25ª Simpósio do Programa de Pós-Graduação – POSMEC 2015.
- Gonçalves Jr, J. L. C. “Avaliação Tribológica De Novas Modificações Superficiais Para Cilindros De Laminação A Frio”, 2016. 129 f. Teste de Doutorado – Universidade Federal de Uberlândia.
- Oliveira Jr, M., M., “Lubrificação Sólida em Meio Fluido”, 2013. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Uberlândia.
- Pettersson, U., Jacobson, S. “Friction and wear properties of micro textured DLC coated surfaces in boundary lubricated sliding”. *Tribology Letters*. v. 17, n. 3, p. 553-559, Oct. 2004.
- Pettersson, U.; e Jacobson, S. “Influence of surface texture on boundary lubricated sliding contacts”. *Tribology International*. v. 36, p. 857–864, 2003.
- Gutzeit, G.; Mapp, E. T. “Kanigen chemical nickel plating”. *Corrosion technology*, v. 3, Oct. 1956, p. 331–336. *Wear*, v. 1, n. 3, p. 263, 1957.
- Hutchings, I. M., “Tribology: Friction and wear of engineering materials”. 4. ed. Boca Raton: Arnold, v. 1, 1992.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.