

## **ANÁLISE COMPARATIVA DO DESGASTE TRIBOLÓGICO DA LIGA AI7075 E LIGAS FERROSAS DE BAIXO E MÉDIO CARBONO**

E. A. da S. Santos

Universidade Federal do Oeste do Pará

Rua Vera paz 01, s/nº - B. Salé, CEP: 68035-110

e-mail: ernelisonangly@gmail.com

J. T. Alencar

Universidade Federal do Oeste do Pará

K.A.S. da Cruz

Universidade Federal do Oeste do Pará

### **RESUMO**

*Este trabalho tem por objetivo realizar um estudo comparativo sobre o comportamento tribológico das ligas Al 7075, Aço AISI 1020 e Aço AISI 1045, quando submetidos a ensaio de desgaste de microabrasão sem lubrificação. Foram realizados testes para cada liga estudada, utilizando uma carga de 1,4 N, nos tempos de 5, 10, 15 e 20 min e rotação de 230 rpm. Para análise da superfície desgastada foram utilizadas caracterizações das amostras em microscopia ótica e de varredura. A resistência ao desgaste foi mensurada através do parâmetro "Volume" com base na distância de deslizamento (1). De acordo com os resultados obtidos, a liga Al 7075 apresentou inferioridade concernente à resistência ao desgaste, enquanto que os aços 1045 e 1020 apresentaram resistências quase que equivalentes com uma leve vantagem para o aço 1045. Mas no teste realizado para o último tempo (20 min) houve uma queda na resistência do aço 1045.*

Palavras-chaves: tribologia; desgaste; microabrasão.

### **INTRODUÇÃO**

A palavra tribologia tem origem grega e deriva da palavra tribos, a qual significa atrito, juntamente com a palavra logos, que significa estudos, portanto podemos

definir Tribologia como a ciência que estuda o atrito e o desgaste (2). O objeto de estudo dessa ciência são as interações entre as superfícies de dois corpos em movimento relativo, esse movimento pode ser translacional ou rotacional (3). Fatores como custo, rendimento, confiabilidade e resistência são extremamente avaliados nos estudos da tribologia. Na indústria de modo geral o desgaste de peças em equipamentos e economia de energia têm sido alguns dos fatores de extrema preocupação por parte de técnicos e engenheiros devido à redução da vida útil de máquinas e componentes.

Com o avanço da engenharia dos materiais, várias ligas foram criadas para satisfazer o desejo da indústria, embora muitas dessas ligas tenham propriedades interessantes nem sempre determinada liga é a escolha considerada ótima para determinada aplicação.

Em setores industriais, o desgaste causa um prejuízo significativo na linha de produção, já que, pode provocar paradas ou quebra de máquinas, retardando ou interrompendo a cadeia produtiva de um determinado item manufaturado. Portanto, a vida útil de uma peça ou equipamento está intimamente ligada à resistência ao desgaste. De maneira geral, o desgaste está presente onde há um contato físico entre duas superfícies, um exemplo é o contato que os anéis do pistão exercem sobre a parte interna do cilindro em um motor de combustão, ou o contato de uma ferramenta de corte na usinagem de uma peça.

Segundo a norma ASTM G40 – 96, existem vários tipos de desgaste, tais como o desgaste abrasivo (dois ou três corpos) e adesivo. Com o objetivo de analisar o desgaste de ligas metálicas, neste estudo utilizamos o ensaio abrasivo por esfera rotativa fixa (ball cratering), com base no ensaio desenvolvido por Rutherford & Hutchings em 1996 (4), devido ao fato de que é um ensaio adequado para materiais de dureza não muito elevadas como é o caso da liga Al 7075.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais:

- Máquina de desgaste abrasivo com esfera fixa;

- Folhas de Lixas de granulometria 80, 120, 180, 200, 320, 400, 600, 800, 1200 e 2000;
- Esferas de aço inox 52100 (usada em rolamento de esferas)
- Amostras de alumínio 7075, aço 1020 e aço 1045;
- Álcool etílico 96%;
- Microscópio de ZEISS AXIO com câmera embutida AXIO CAM ERC55
- Microscópio ótico modelo BEL® PHOTONICS;
- Microscópio eletrônico de Varredura (MEV).

### Métodos

A análise experimental deste estudo consiste em analisar o desgaste abrasivo de amostras de ligas de aço AISI 1020 e AISI 1045 e a liga de alumínio NBR 7075 expostas a máquina de desgaste abrasivo de esfera fixa rotativa. As amostras foram fornecidas pelo laboratório de tratamento de superfícies da escola de engenharia de São Carlos-USP (LTS-EESC/USP), mesmo local onde os ensaios foram realizados.

O preparo da amostra foi feito usando lixas de granulometria distintas, seguindo a ordem: 80, 120, 180, 200, 320, 400, 600, 800, 1200 e 2000, sempre realizando um giro de 90° no transpasse de uma sessão lixamento para outro, esse momento de mudança é identificado quando já não é mais possível visualizar a ranhura da lixa anterior. O processo de preparação foi finalizado com um banho de álcool etílico 96%.

Foram realizados 4 ensaios com cada amostra, com os seguintes parâmetros: tempos de 5,10,15 e 20 minutos; força exercida sobre a amostra de 1,4N e rotação de 230rpm (2,833 Hz). Posteriormente aos ensaios foram feitas medições do diâmetro da calota com o auxílio do microscópio ZEISS AXIO para em seguida aplicar as equações A e B e produzir gráficos de Volume pela distância de deslizamento. A última etapa é a caracterização da amostra feita através de metalografia com o auxílio do microscópio ótico e do eletrônico de varredura (MEV).

$$V = \frac{(d^4 * \pi)}{64r} \quad (A)$$

$$D = 2\pi r * t * rot \quad (B)$$

Onde:  $V$  é o volume da calota impressa,  $D$  é a distância de deslizamento,  $rot$  é a rotação em minutos,  $r$  é o raio da esfera,  $d$  o diâmetro da calota e  $t$  é o tempo do ensaio em minutos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização da Superfície Desgastada

A amostra de Al 7075 não foi submetida a tratamento para remover oxidação e impurezas, devido a possíveis alterações no resultado, a mesma foi posicionada no microscópio ótico e em seguida no MEV para obtenção das imagens a serem avaliadas.

Na Figura 01 é possível notar que as linhas de desgaste são constantes e bem definidas, comprovando que houve a presença de apenas 2 corpos durante o desgaste abrasivo (5), nesse tipo de desgaste não há a remoção de massa por fratura, isso justifica as ranhuras lineares observadas nas imagens

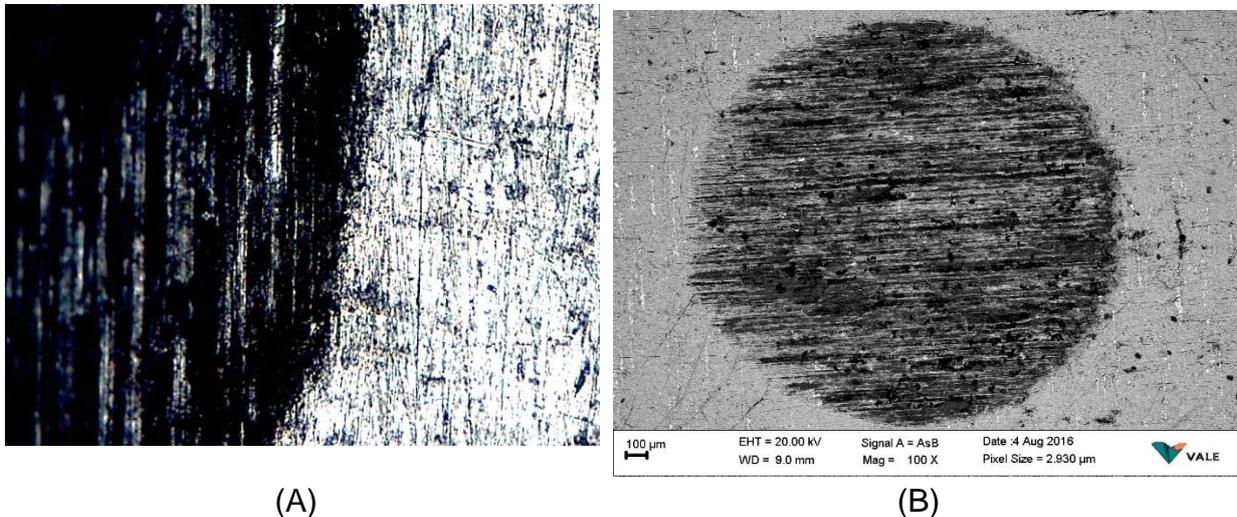
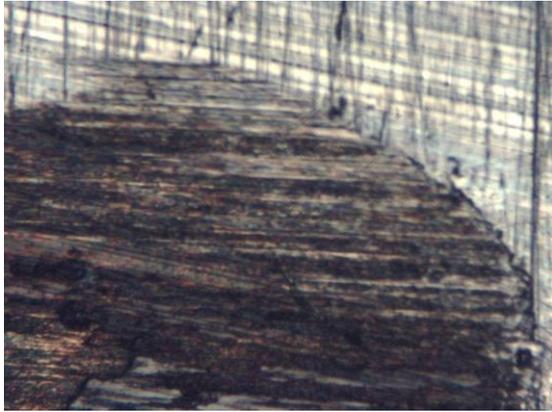


Figura 01 (A) Superfície desgastada de Al 7075: Borda da calota aumentada 500x.

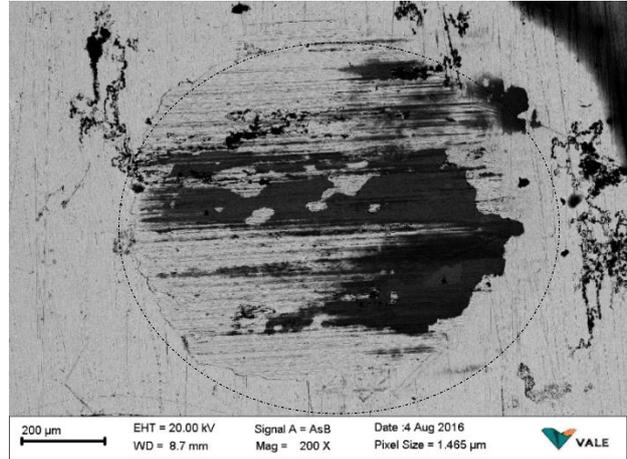
Fonte: microscópio ótico BEL® PHOTONICS - UFAM; (B) Visualização geral da calota em microscopia eletrônica (MEV) 100x – Fonte: MEV-UFPA

De forma similar, a amostra de aço AISI 1020 também não foi submetida a tratamento para remover qualquer tipo de oxidação ou impurezas, o mesmo foi posicionado no microscópio para obtenção de imagens passíveis de análise, as imagens feitas podem ser observadas nas Figuras 02.

Em nível macroestrutural é possível observar na Figura 02 que a ranhura de desgaste é linear, o que comprova que não houve fratura do metal durante o ensaio. Esse material se mostrou resistente ao desgaste abrasivo, o que já era esperado, uma vez que a liga de aço AISI 1020 possui dureza e resistência consideráveis.



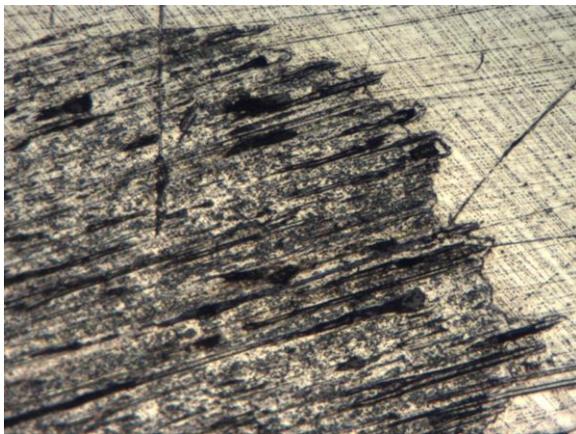
(A)



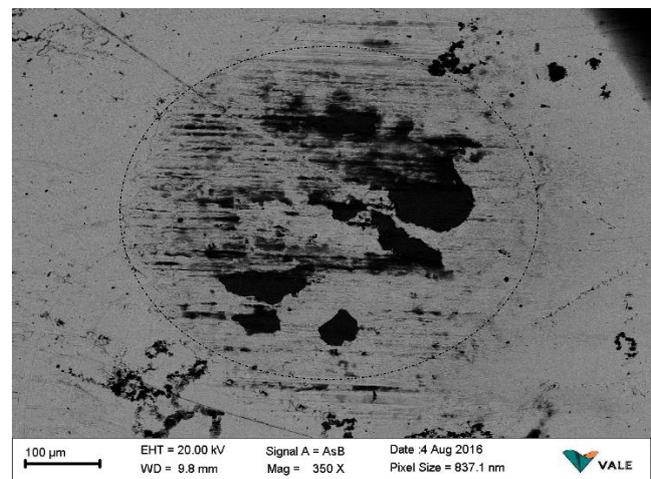
(B)

Figura 02 (A) Borda da calota aumentada 500 X  
Fonte: microscópio metalográfico BEL® PHOTONICS -UFAM; (B) Visualização da calota impressa de Aço 1020 em microscopia eletrônica de varredura 200x Fonte: MEV-UFPA

O aço AISI 1045, não foi submetido a procedimentos de remoção de oxidação e impureza para ser feita a metalografia, a amostra foi posicionada no microscópio para obtenção de imagens passíveis de análise, as imagens feitas podem ser observadas nas Figuras 03 (A) e (B). A hipótese é que essa liga tenha dureza e resistência próxima ao aço 1020, por tanto naturalmente as ranhuras de desgaste serão lineares.



(A)



(B)

Figura 03 – (A) Borda da calota Aço 1045 aumentada 500 X.  
Fonte: microscópio metalográfico BEL® PHOTONICS -DQ-UFAM; (B) Visualização da calota impressa

de Aço 1045 Fonte: microscopia eletrônico de varredura 350X - UFPA

Correlação entre o Volume de Desgaste e a Distância de deslizamento:

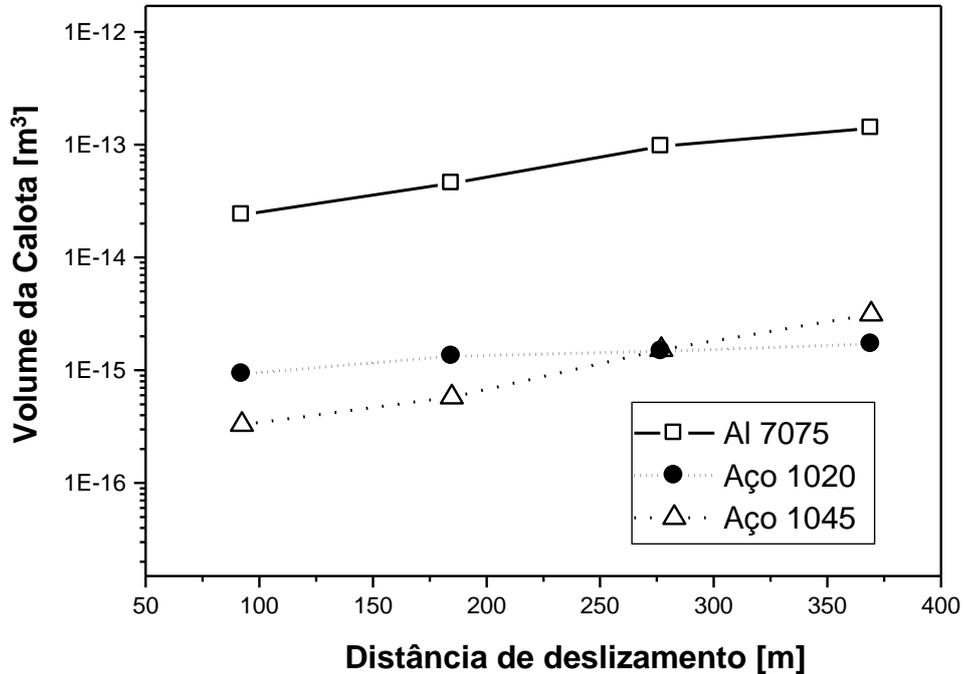


Gráfico 01: Distância de deslizamento versus o volume da Calota impressa nas amostras. Fonte: Autoria própria.

O gráfico 01 apresenta a resistência ao desgaste dos aços 1020 e 1045 maior do que a da liga Al 7075, tal resultado deve-se ao fato de que o carbono presente nas ligas torna os aços cada vez mais duros e resistentes ao desgaste quando comparados às ligas não ferrosas como é o caso da Al 7075. Concernente aos aços 1020 e 1045, o resultado apresentou uma coerência até a distância de 276,9108 m, onde se obteve o mesmo volume de calota. Na maioria das situações, quanto maior o teor de carbono na liga, maior será sua dureza e resistência ao desgaste. Levando em consideração o fato de que o aço 1045 tem a propensão de ter uma maior resistência ao desgaste devido ao maior teor de carbono. Neste estudo, percebeu-se uma queda brusca na resistência ao desgaste do aço 1045 para distâncias de deslizamento acima de 276,9108 m, fato este que pode indicar que o aço AISI 1045 tenha sua resistência ao desgaste reduzida para elevadas distâncias de deslizamento.

Outro fator a ressaltar concernente ao mecanismo de desgaste, em todas as peças não houve fratura do material, conclusão essa que se deu a partir da análise das

caracterizações das superfícies desgastadas com auxílio da microscopia óptica e de varredura. A configuração da superfície foi de ranhuras paralelas e orientadas indicando um mecanismo abrasivo a dois corpos (3).

## CONCLUSÕES

1. A resistência ao desgaste dos aços 1020 e 1045 apresentaram valores maiores do que a da liga Al 7075, tal resultado deve-se ao fato de que o carbono presente nos aços, os torna cada vez mais duros e resistentes ao desgaste;
2. A resistência ao desgaste do aço 1045 diminui, para distâncias de deslizamento acima de 276,9108 m, fato este que pode ser em decorrência de uma alteração abrupta no mecanismo de desgaste atuando naquele instante;
3. O mecanismo de desgaste apresentado pelas três ligas foi o abrasivo a dois corpos, devido à configuração orientada e paralela dos sulcos feitos na superfície desgastada das três ligas em estudo;
4. O ensaio de desgaste de abrasão por esfera (ball cratering) mostrou-se eficiente e adequado para ligas não ferrosas como no caso da liga Al7075. Este ensaio apresenta-se adequado para ligas leves e filmes finos.

## AGRADECIMENTOS

*Ao nosso orientador professor Kleber Sabat pela atenção, compreensão e sabedoria dispensadas a mim durante o período de elaboração deste trabalho.*

*Ao Prof. Dr. Luiz Carlos Casteletti pelo empenho e dedicação quando eu precisei realizar experimentos em seu laboratório, aos colegas e amigos da USP –São Carlos Gustavo, Takeia, Galtierre Fábio, Crammer e todos que contribuíram direta e indiretamente para o sucesso desse trabalho.*

*A universidade Federal do Amazonas (UFAM) e a Universidade Federal do Pará (UFPA) pela disponibilidade e autorização para uso de sua estrutura laboratorial.*

## REFERÊNCIAS

(1) COLAÇO, R.; VILAR, R. *Comportamento ao desgaste abrasivo de ligas FeCrC processadas e desenvolvidas por laser, Tese de Doutorado*, Instituto Superior técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2001;

(2) RADI, Polyana Alves; SANTOS, Lúcia Vieira; BONETTI, Luiz Francisco; TRAVA-AIROLDI, Vladimir J.. TRIBOLOGIA, CONCEITOS E APLICAÇÕES. In: Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – XIII ENCITA / 2007, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Anais do 13º, 2007. Disponível em: <http://www.bibl.ita.br/xiiiencita/FUND18.pdf>. Acesso em: 07 de outubro de 2016;

(3) RODRÍGUEZ, Felipe Díaz del Castillo. Tribología: fricción, desgaste y lubricación. Laboratorio De Tecnología De Materiales, Facultad De Estudios Superiores Cuautitlán- CuautitlánIzcalli, 2007. Disponível em <http://profefelipe.mex.tl/imagesnew/4/6/9/5/1/TRIBOLOGIA.pdf>. Acesso em: 08 de maio de 2016;

(4) CRUZ, Kleber Agustin Sabat da, Microestrutura de solidificação, resistência mecânica e ao desgaste de ligas Al-Sn e Al-Si. 2008 119f– Tese de doutorado – UNICAMP/FEM - Campinas – SP;

(5) ZUM-GAHR, K,H, *Microstructure and wear of materials*, Tribology Series, v.10, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands, 1987.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF WEAR TRIBOLOGICAL LEAGUE AL 7075 AND ALLOYS LOW FERROUS AND AVERAGE CARBON

### ABSTRACT

This study aims to conduct a comparative study on the tribological behavior of Al 7075 alloy, AISI 1020 and AISI 1045, when undergoing microdermabrasion without lubrication wear test. Tests were performed for each alloy studied using a load of 1.4 N, at times of 5, 10, 15 and 20 min and rotation 230 rpm. For analysis of the worn surface were used characterizations of the samples in optical microscopy and scanning. The wear resistance was measured via the "Volume" based on the distance of sliding (1). According to the results, the alloy Al 7075 showed inferior concerning the wear resistance, while the steels 1045 and 1020 showed resistance almost equivalent with a slight advantage to the steel 1045. But testing conducted for the last time (20 min) there was a decrease in the strength of steel in 1045.

Key-words: tribology; wear; microdermabrasion;