

ESTIMATIVA DO DESGASTES DAS PÁS DO ROTOR DE UMA BOMBA CENTRÍFUGA DECORRENTE DA ABRASÃO DE SEDIMENTO

Rodrigo Otávio Peréa Serrano¹, Ana Leticia Pliz de Castro², Edwin Andrés Mancilla Rico³, Jessica Karine Barros Silva¹, Maria Aparecida Pinto⁴ e Carlos Barreira Martinez⁵

¹Laboratório de Cartografia (Curso de Geografia) da Universidade Federal do Acre (UFAC), Brasil.

²Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Brasil.

³Centro de Pesquisas Hidráulicas e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais (CPH/UFMG), Brasil.

⁴Departamento de Engenharia Metalúrgica (UFOP), Brasil.

⁵Instituto de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).

E-mail: ropereas@gmail.com; analeticiapliz@gmail.com; ing.andresmancilla@hotmail.com; jessicakarinee@live.com; mariap06@gmail.com; martinez@cce.ufmg.br

Introdução

As Estações Elevatórias de Água Bruta (EEAB), instaladas em rios de água branca com grande variação de carga de sedimentos sofrem desgastes do rotor, provocando perda de eficiência e comprometimento do funcionamento do equipamento.

Sabe-se, que apesar dos cuidados especiais quanto à escolha do material de fabricação dos rotores, o desgaste por abrasão e erosão é praticamente impossível de ser evitado totalmente (Coiado e Nogueira, 1989).

Para entender o sistema de desgaste de um material em contato com outro, é importante conhecer os processos tribológicos, responsáveis por estudar as interações de superfícies em movimento relativo (Hutchings, 1992). Tais interações devem levar em consideração o atrito, o desgaste e a lubrificação, tendo em vista o interesse econômico, científico e tecnológico em minimizar o desgaste. O desgaste é a principal causa da perda material e do desempenho mecânico, enquanto o atrito é a principal causa do desgaste e da dissipação de energia.

O atrito e o desgaste dependem das propriedades da superfície do material e da sua forma. Aliado a isso, outro fator importante, é as características do agente abrasivo: o tamanho, morfologia e estrutura das partículas de desgaste que agem na interface entre os materiais. Tais informações são muito importantes para estudar fenômenos de desgaste de superfície (Upadhyay & Kumaraswamidhas, 2014).

Segundo a norma ASTM G40 (2015), o desgaste é a perda progressiva de matéria da superfície de um corpo sólido devido ao contato e movimento relativo com um outro corpo sólido, líquido ou gasoso.

O volume de desgaste pode ser calculado pela equação [1] de Archad (Archad & Hirst, 1956), que é diretamente proporcional à carga normal e a distância de movimento e inversamente proporcional à dureza do material.

$$Q = \frac{k}{H_m} \cdot F \cdot S \quad [1]$$

O desgaste também poder se determinado por testes em tribossistemas, onde parâmetros como propriedades da superfície, composição química do material, distância de deslizamento, velocidade e carga aplicada, devem ser analisados para uma melhor compreensão dos mecanismos de desgaste.

Nesse sentido, este artigo apresenta uma proposta metodologia para estimativa de desgaste decorrente da variação da carga de sedimento bombeados por estações elevatórias de água bruta.

Metodologia

Considerando a existência de diferentes modelos de bombas centrífugas, optou-se pela determinação das características construtivas de um rotor de projeto, para atender a demanda de 300 L/s, a uma altura manométrica de 25 m, trabalhando com uma rotação de 1180 rpm, seguindo a metodologia descrita por Macintyre (2013) e Palomino (2017).

Em seguida, determinou-se a velocidade relativa que o fluido em ralação as pás na entrada e saída do rotor. Essa velocidade foi utilizada para o cálculo da força de arrasto abrasivo (F_D) em função da velocidade relativa, descrita na equação [2] (Fox, 2006).

$$F_D = \frac{C_d \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A}{2}$$

Onde:

C_d – Coeficiente de arrasto [adimensional];

ρ – Densidade do fluido [kg/m³];

V – Velocidade do fluido [m/s];

A – Área de contato [m²].

Considerando que o fluxo é laminar na entrada da pá, passando para turbulento no decorrer da passagem, optou-se pela utilização da equação (3), para o cálculo do coeficiente de arrasto (C_d) (Fox, 2006):

$$C_d = \frac{0,0742}{Re^{(0,2)}} - \frac{1740}{Re} \quad [3]$$

Já o número de Reynolds (Re) é uma relação entre forças de inercia e força viscosa (equação 4):

$$Re = \frac{D \cdot V}{\nu} \quad [4]$$

Onde:

D – Diâmetro da calota [m];

V – Velocidade do fluido [m/s];

ν – Viscosidade cinemática [m² s⁻¹]

Para analisar o poder abrasivo da carga de sedimento será utilizado um abrasometro de esfera rotativa, que se mostraram eficientes para avaliação de desgaste por suspensão abrasiva bifásicas (Cozza et al., 2015; Santos et al., 2015).

Neste ensaio, a amostra é pressionada, pelo carregamento de um peso inoperante, contra uma esfera de aço em rotação. Uma suspensão abrasiva é gotejada na interface de desgaste (Figura 1). Após a esfera percorrer uma distância 180m, tem-se a impressão da calota de desgaste, devido à perda do material no contato esfera-amostra e sob a ação do abrasivo (Colaço, 2001).

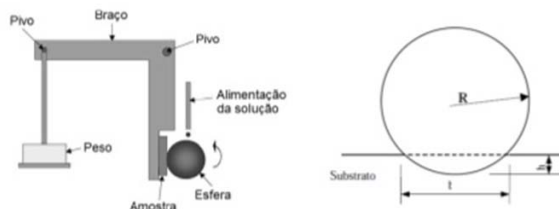


Figura 1 - Diagrama esquemático do dispositivo de ensaio de micro abrasão (Santos et al., 2015).

Após a realização dos ensaios de desgaste, o cálculo do coeficiente de desgaste se baseia na leitura do diâmetro médio

da calota (D) formada pelo desgaste seguida da aplicação das equações [5], [6], [7] e [8] apresentadas a seguir.

$$\text{Volume teórico removido } (Q_R) \quad Q_R = \frac{\pi \cdot D^4}{64 \cdot R} \quad [5]$$

$$\text{Distância teórica percorrida } (S) \quad S = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot n \quad [6]$$

$$\text{Taxa teórica de desgaste } (Q_T) \quad Q_T = \frac{Q}{S} \quad [7]$$

$$\text{Coeficiente de desgaste do material } (K) \quad K = \frac{Q_T}{F_N} \quad [8]$$

Onde:

π – Pi [adimensional];

D – Diâmetro da calota [m];

R – Raio da esfera [m];

S – Distância de deslizamento [m]

F_N – Carga normal [N]

As amostras de Aço SAE 8620 utilizadas no experimento, foram adquiridas em lojas de varejo e foram preparadas conforme a metodologia descrita por Rohde (2010)

Em seguida, as amostras de sedimento foram diluídas em água destilada para homogeneização, em 3 concentrações diferentes 0,1%, 0,2%, 0,3%, (1g/L; 2g/L; e 3g/L respectivamente).

A estimativa do desgaste do rotor foi realizada com base na equação de Archard. Considerando que, o coeficiente de desgaste (k) apresentado na equação (1) é uma constante adimensional que será dividida pela dureza do material desgastado e que, o (K) apresentado na equação (8), se refere a um coeficiente de desgaste específico para um material em função de um abrasivo específico, realizou-se o seguinte ajuste na equação:

$$Q = K \cdot F \cdot S \quad [9]$$

Baseado a velocidade relativa da água passando por uma determinada área da pá do rotor, estimou-se uma distância relativa, como se essa pá tivesse sendo arrastada em um fluido conforme a equação.

$$S = V \cdot t \quad [10]$$

A força F considerada nesta análise, foi calculada pela equação (2) da força de arrasto abrasivo (F_D) que ocorre em uma determinada região da pá de 1cm².

Resultados e discursão

Os resultados experimentais obtidos na relação erosão-concentração apresentados na figura (2), indicam que a taxa de erosão, dentro dos intervalos de concentração estudados, é diretamente proporcional à concentração. Ao mesmo tempo, os resultados também mostram que a intensidade da erosão, cresce mais devagar em comparação com o crescimento da concentração da matéria abrasiva (Duan & Karelin, 2012).

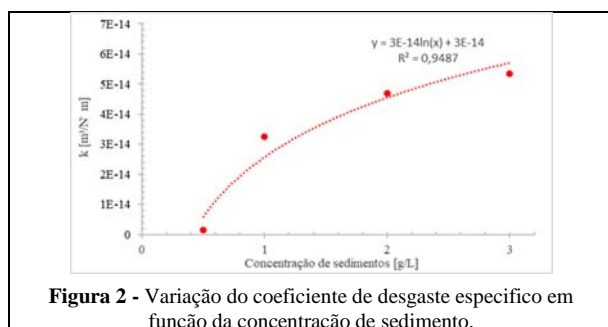


Figura 2 - Variação do coeficiente de desgaste específico em função da concentração de sedimento.

Agora, ao considerar a possibilidade de redução moderada da

rotação da bomba de até 20% em função da redução do aumento da concentração de sedimentos, é possível reduzindo a velocidade relativa da água em relação as pás do rotor e reduzir o volume desgastado (Figura 3).

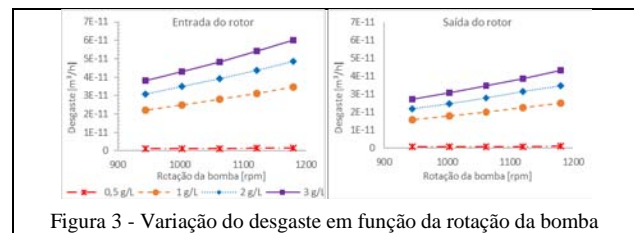


Figura 3 - Variação do desgaste em função da rotação da bomba

Conclusões

- O desgaste de rotores de bombas centrifugas, são intensificados com o aumento da concentração de sedimentos abrasivos, podendo causar o aumento da vibração no conjunto, reduzindo seu rendimento.
- A análise demonstra a vulnerabilidade da liga metálica utilizada na fabricação de rotores sem revestimento ao efeito abrasivo.
- As formas semi-arredondadas dos sedimentos produziram evidências de micro aração por sulcamento.
- A análise matemática demonstrou a diminuição do desgaste, decorrente da redução da rotação da bomba.

Referencias

- Archard, J. F. and Hirst, W (1956). *The Wear of metals under unlubricated conditions*. Proc. Roy. Soc., London, vol. 236, p. 397-410
- ASTM – G40 (2015). - Standard Terminology Relating to Wear and Erosion, G 40, Annual Book of ASTM Standards, ASTM, 2015.
- Coiado, E. M. e Nogueira, A. A. S. (1989). Efeitos do desgaste por abrasão, da concentração e do diâmetro médio da fase sólida de mistura nas curvas características de uma bomba centrifuga utilizada no recalque de esgoto. DAE, v.49, n.157, 1989.
- Colaço, R. (2001). Comportamento ao Desgaste Abrasivo de Ligas Fe-Cr-C Processadas e Desenvolvidas por Laser. Tese (doutorado), Lisboa, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 250 pp. 2001
- Cozza, R. C.; Rodrigues, L. C.; Schon, C. G. (2015). Analysis of the micro-abrasive wear behavior of an iron aluminum alloy under ambient and high-temperature conditions. Wear, v.330-331, p.250-260, 2015.
- Duan, G. and Karelin, V. Y. (2012). Abrasive Erosion & Corrosion of Hydraulic Machinery, Series on hydraulic machinery, v 2, 425p.
- Fox, R. W. (1934). Introdução à Mecânica de Fluidos / Robert W. Fox, Alan T. McDonald, Philip J. Pritchard: Tradução de Ricardo Nicolau Nassar Koury, Geraldo Augusto Campolina. France. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- Hutchings, M. (1992). Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials. Edward Arnold, 1 ed., 273 pp., Londres, 1992.
- Macintyre, A. J. (2013). Bombas e Instalações de Bombeamento. 2.ed. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, RJ. 2013. 782p.
- Palomino, A. E. C. (2017). Desenvolvimento de Metodologia para Determinação Dimensional de uma Bomba Centrifuga Utilizando Velocidades Específicas (ns). Belo Horizonte: UFMG, 2017. 132p. Dissertação de Mestrado.
- Rohde, R. A. (2010). Metalografia: Preparação de Amostras – Uma Abordagem Prática. Versão 3.0, 30 pp, out. 2010.
- Santos, W. C.; Pereira Neto, J. O.; Silva, R. O.; Rodrigues, G.; Moreto, J. A.; Manfrinato, M. D.; Rossino, L. S. (2015). Desenvolvimento de dispositivo e estudo do comportamento ao micro desgaste abrasivo do aço AISI 420 temperado e revenido. Revista Matéria, vol. 22, no 02, pp. 304-315, 2015.
- Upadhyay, R. K and Kumaraswamidhas, L. A. (2014). A review on tribology of surfaces and interfaces. Advanced Materials Letters, vol. 5, no. 9, pp. 486-495, 2014.