

EFEITO DA GRANULOMETRIA DO ABRASIVO NA EROSÃO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS SUBMERSÍVEIS

Marcelo Gouveia Sábia, UFU/FEMEC, marcelogsabia@hotmail.com

Fernando Buiatti Rodrigues, UFU/FEMEC, fernandobuiatti@yahoo.com.br

Juliano Oseias de Moraes, j_oseias@yahoo.com

Sinésio D. Franco, UFU/FEMEC LTAD, sdfranco@ufu.br

Resumo: O bombeio centrífugo submerso é um dos métodos de elevação artificial de petróleo, os quais são empregados em poços que não apresentam energia suficiente para elevar o petróleo naturalmente até a superfície. As bombas utilizadas nessa técnica trabalham em regime severo, pois nos poços há presença de água, areia e gases, que provocam perda de eficiência, danos nos componentes internos e até a parada total da bomba. Esse trabalho tem como objetivo avaliar o processo de erosão nas Bombas Centrífugas Submersíveis (BCSs) e seus desempenhos em diferentes condições de operação com produção de areia, de tal forma a conhecer o desgaste em diferentes constituições de materiais, e o efeito da granulometria do abrasivo. Os ensaios preliminares foram realizados em um circuito hidráulico fechado do tipo flow loop, o qual permite aplicar condições severas de operação para acelerar o desgaste e identificar a influência de diversos parâmetros nesse processo. Os resultados obtidos mostram uma redução no desgaste erosivo ao trabalhar com fluido de maior viscosidade.

Palavras chave: bombas centrífugas submersíveis, desgaste erosivo, tamanho do abrasivo

1. INTRODUÇÃO

Na exploração de petróleo, quando a pressão do reservatório é elevada suficiente, os fluidos contidos nele alcançam livremente a superfície. Nesse caso diz que há produção por elevação natural, e os poços que produzem dessa forma são denominados poços surgentes. No entanto, quando a energia é insuficiente, é necessária a implantação de métodos artificiais para produção. Tal fato acontece no final da vida produtiva por surgência ou quando a vazão do poço está muito abaixo do que poderia produzir, sendo necessária a suplementação de energia natural através de elevação artificial (Rossi, 2009). Os métodos mais comuns na indústria do petróleo são: Gás-Lift Contínuo e Gás-Lift Intermitente (GLC e GLI), Bombeio Centrífugo Submerso (BCS), Bombeio Mecânico por Hastes (BM) e Bombeio por Cavidades Progressivas (BCP).

No presente trabalho, será estudado o método de Bombeio Centrífugo Submerso, representado pela Fig.(1). Nesse método, um conjunto motor-bomba é instalado no fundo do poço. O motor elétrico transmite energia mecânica para a bomba centrífuga submersa, a qual transmite energia para o fluido na forma de pressão, elevando-o para a superfície.



Figura 1. Bombeio Centrífugo Submerso (Catálogo REDA)

Para o método BCS, a produção de areia nos poços é extremamente prejudicial, pois à medida que a bomba sofre desgaste ela não consegue atingir mais sua máxima eficiência, o que eleva os custos energéticos para operação desta bomba, além de reduzir a produção de óleo. Quando as bombas estão em operação, o desgaste, do rotor e dos canais da bomba, ocorre devido aos efeitos erosivo e abrasivo das partículas presentes no fluido bombeado, reduzindo sua eficiência e podendo até levar à completa falha do equipamento.

No desgaste erosivo, ocorre o impingimento de partículas sobre uma superfície. E a taxa em que esse ocorre depende de algumas variáveis como ângulo de ataque do abrasivo, dureza do abrasivo em relação ao material atingido, concentração de abrasivo no fluido, tamanho das partículas do material abrasivo, velocidade de impacto, comportamento dúctil ou frágil do material atingido.

O tamanho da partícula abrasiva afeta significativamente o desgaste. Sendo esse acentuado, quando aumenta o tamanho do abrasivo. Tal efeito ocorre devido ao fato que para partículas mais finas, a carga é distribuída mais uniformemente ao longo da superfície do material atingido, reduzindo a possibilidade de causar danos críticos (Wilson, 1990). Finnie (1995) observou que a eficiência do desgaste erosivo diminui com a redução do tamanho da partícula, e conforme ilustrado na Fig. (2), em um material dúctil, partículas com aproximadamente 10 mm possuem 1/3 da eficiência das partículas com 100 mm.

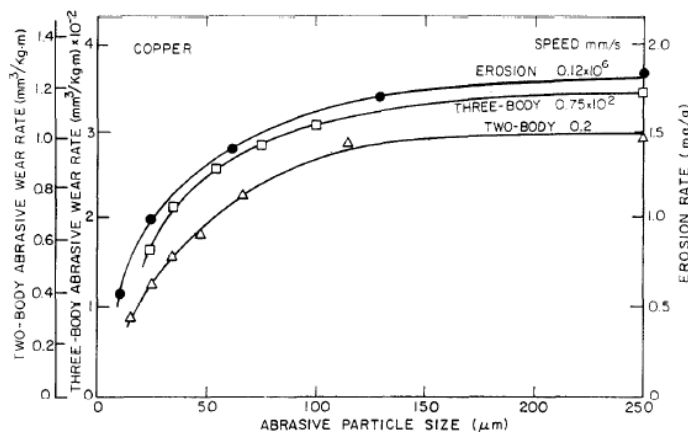


Figura 2. Taxa de erosão em relação ao tamanho do abrasivo para o Cobre (Finnie, 1995)

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de simular o funcionamento de BCSs sob condições severas de operação, com intensa presença de abrasivo e com fluido com características similares ao do fluido encontrado nos poços de petróleo, foi desenvolvido no LTAD um circuito hidráulico fechado do tipo flow loop, que foi nomeado como Loop 2. O circuito é representado pela Fig. (3).

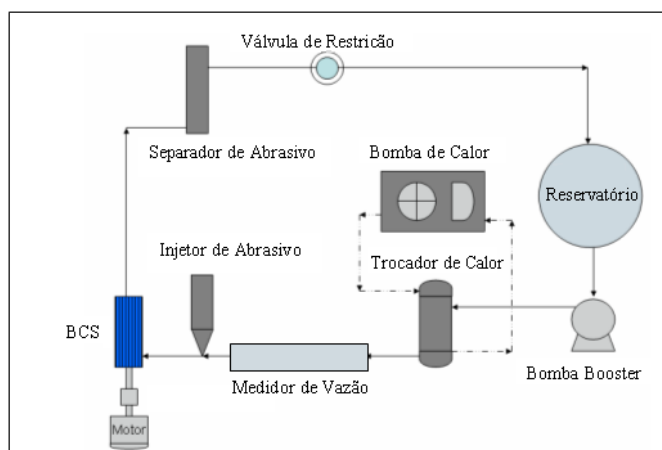


Figura 3. Desenho esquemático do circuito de teste Loop 2 (Barbaresco, 2011).

No circuito é feita a circulação do fluido escolhido com certa quantidade de areia. A temperatura do fluido e a porcentagem de areia na composição são parâmetros que podem ser controlados. A temperatura é determinada através de um sistema constituído de um trocador de calor e de um equipamento que apresenta a função de “Chiller” e de bomba de calor. O interesse em controlar a temperatura é a possibilidade de variar a viscosidade do fluido de trabalho. A porcentagem de areia é determinada através de dosadores, que inserem a quantidade de areia no circuito, que faça com que se obtenha uma porcentagem mássica de interesse, com relação ao fluido, imediatamente antes da entrada da BCS.

No circuito Loop 2 foram realizados, em primeiro instante, testes utilizando água como fluido de trabalho com concentração de areia de 0,28% em massa, e posteriormente, testes com mistura de Glicerina e água, com viscosidade controlada entre 75cp e 85cp. Para realização dos próximos testes, será necessário a modificação dos elementos dosadores e separadores de areia. Quanto aos dosadores, será confeccionado um reservatório que possibilite autonomia de 4 horas para o ensaio (a estrutura atual tem autonomia de 1 hora). E com relação aos separadores de areia, deve ser elaborado um modelo com melhor eficiência com fluido de trabalho de diferentes viscosidades, pois o separador do tipo hidrociclone, que está instalado no Loop 2, é eficiente com a água, porém não tem o mesmo desempenho com um fluido de maior viscosidade, e que tenha autonomia de ensaio correspondente com os novos dosadores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente trabalho serão apresentados os resultados dos ensaios realizados com uma BCS de 3 estágios utilizando mistura de água e glicerina como fluido de trabalho e com concentração mássica de areia em 0,28%. Durante os ensaios, foram levantadas curvas de altura manométrica da bomba operando em diferentes rotações, e após o encerramento dos testes, foram feitas análises dos componentes internos da bomba para verificação do desgaste.

3.1. Curvas de Altura manométrica

Utilizando os dados de pressão na sucção e descarga da bomba, calcula-se a altura de elevação através da Eq (1).

$$H = \frac{\Delta P}{\rho g} \quad (1)$$

Onde:

H : Altura manométrica fornecida pela bomba em metros;

ΔP : Diferença de pressão entre a sucção e a descarga da bomba em Pascal;

ρ : Massa específica do fluido em kg/m^3 ;

g : Aceleração da gravidade em m/s^2 ;

Na Figura (4), estão representadas as curvas de altura manométrica da BCS, em função da vazão e da quantidade de abrasivo bombeado no circuito, operando em 3.600 rpm.

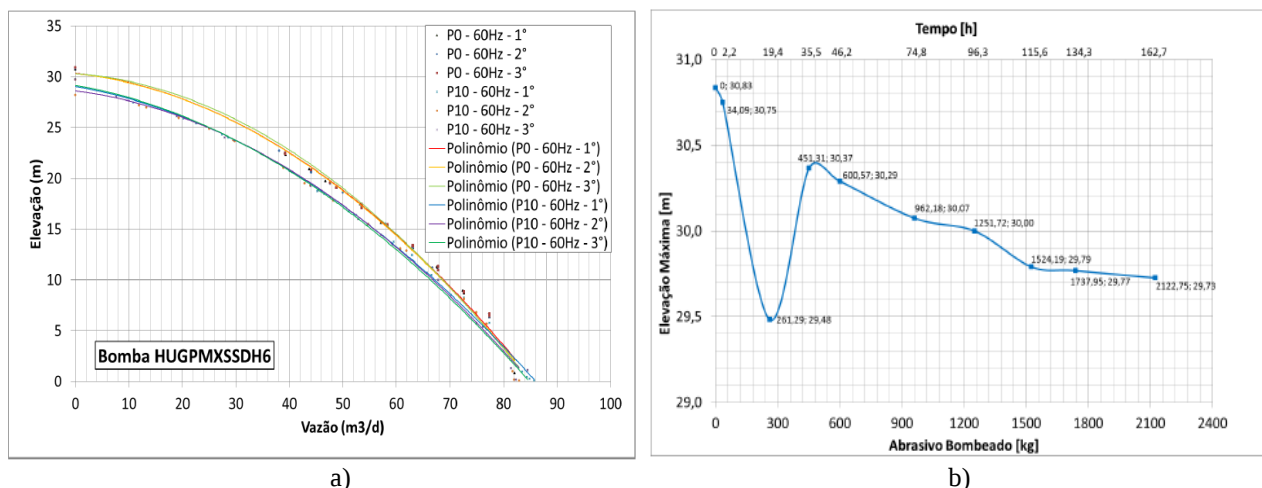


Figura 4. Curva de elevação manométrica: a) Curvas de elevação antes e depois do ensaio; b) Curva de elevação em função da quantidade de abrasivo bombeado

A Tabela (1) indica a redução da capacidade de bombeamento da BCS operando em 3 diferentes rotações. Para esse cálculo foram utilizados os valores coletados antes e depois do ensaio, que foi finalizado após o bombeamento de 2.123 Kg de areia.

Tabela 1. Redução da capacidade de bombeamento

Frequência (Hz)	Elevação Máx. Média Inicial	Elevação Máx. Média Final	Red. da Capacidade de Bombeamento %
60	30,83	29,73	3,59%
50	21,15	20,31	3,95%
40	13,51	12,85	4,85%

3.2. Desgaste nos componentes internos

Para a verificação do desgaste nos rotores e difusores, foram feitas análises de micrografias produzidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), as quais estão apresentadas na Fig. (5). O difusor apresentou superfície relativamente lisa, com alguns microconstituintes em relevo, porém, sem evidências de riscos e sulcos. No rotor, notam-se algumas depressões que podem ter sido originadas pelo processo de fundição e foi gerada uma camada contínua de resíduos. E apesar de ocorrer eventos originados por impingimento de baixo ângulo, não houve alterações na geometria ou funcionamento desse componente.

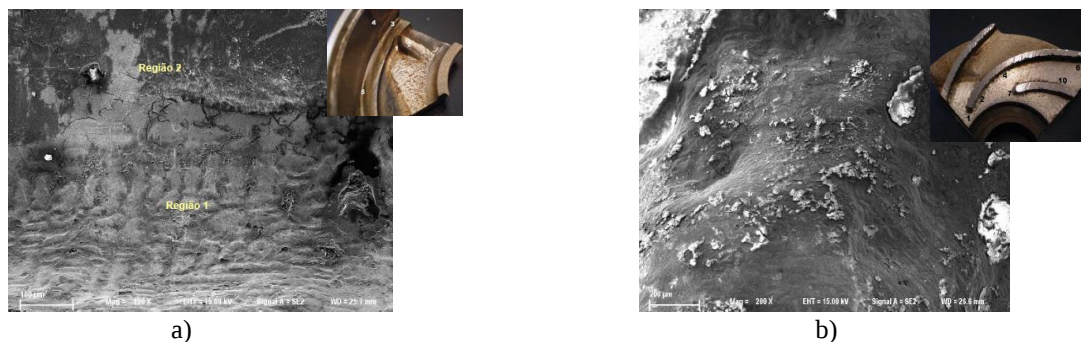


Figura 5. Micrografias: a) Difusor; b) Rotor

4. CONCLUSÕES

Em se comparando os resultados obtidos com ensaio utilizando água com fluido de trabalho, o desgaste erosivo nesse ensaio foi minimizado. Esse comportamento deveu-se basicamente à redução das velocidades das partículas abrasivas no fluido, na medida em que se aumentou a viscosidade.

No estágio atual desse projeto ainda não foram realizados os testes necessários para avaliação do efeito da granulometria do abrasivo. Para esse fim, serão realizados ensaios com outras BCSs, operando na presença de abrasivos com diferentes tamanhos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Petrobras e CAPES pelo apoio financeiro. Agradece-se ainda aos alunos de Iniciação Científica e técnicos do Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste pelo apoio na realização dos ensaios.

6. REFERÊNCIAS

Barbaresco, E. B., 2011, “Desenvolvimento de uma infraestrutura para o estudo de desgaste erosivo e corrosão em bombas centrífugas submersas da indústria do petróleo”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG.

Finnie, I., 1995, “Some reflections on the past and future of erosion”, Wear, pp. 186-187.

Rossi, N.C.M., 2009, “Elevação Natural e Artificial de Petróleo” – Curso de Formação de Engenheiros de Equipamentos Junior.

Wilson, B. L., 1990, “The effects of abrasives on Electrical Submersible Pumps”.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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