

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de P&D em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ESTUDO DE DESEMPENHO DE MÉTODO DE ELEVAÇÃO ARTIFICIAL POR BOMBEIO MECÂNICO A PARTIR DO SOFTWARE TOTAL WELL MANEGER (TWM)

AUTORES:

Rodrigo Vieira Cavalcanti¹, Leonardo Mendonça Tenório de Magalhães Oliveira¹, José Luís Gomes Marinho¹, João Paulo Lima Santos¹

INSTITUIÇÃO:

¹Centro de Tecnologia, ¹Universidade Federal de Alagoas - UFAL

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 9º PDPETRO.

ESTUDO DE DESEMPENHO DE MÉTODO DE ELEVAÇÃO ARTIFICIAL POR BOMBEIO MECÂNICO A PARTIR DO SOFTWARE TOTAL WELL MANEGER (TWM)

Abstract

Once started an oil well production, it is necessary to do the fluid transportation from the bottom of the well to the surface. Next to this, there is the necessity of verifying if the wells are producing in their ideal capacity and in an economic way. Not always, the energy available in the reservoir is enough for a natural lifting, even so most part of the oil producing well, initially, have a reservoir pressure that allows the fluids to flow until the surface in the beginning of the production. However, with a continuous fluids extraction there is a natural depletion of formation, which will demand, in some moment of the productive live, a method of artificial lifting to give external energy supplies to the well-reservoir system, overcoming the head loss along the production column. One of the most traditional artificial lifting methods used in ambience onshore is the beam pumping for showing various easiness and advantages, such as relative operational simplicity, easy diagnostic of failures and a good relation cost/benefits. A reduction of operational costs, increase of well net incomes and the fluid recovery growth requires an integrated analysis of the rod pump, including the performance and the interaction of the mainly production systems elements (reservoir, well, pump and engine). Therefore, this work make use of the Total Well Management (TWM) computational application, developed by Echometer Company, to do an study of the rod pump performance through dynamometric loads, valves analyses and parameters of: well level, pump volumetric displacement, minimum and maximum loads measured in the polished rod, engine power, torque. It was developed case studies for three different wells. In the studied cases, were verified problems outlines of leak in the traveling valve, leak in the standing valve and un-anchored tubing. It is introduced the probable causes and possible solution to work-around them.

Introdução

Uma vez iniciada a produção de um poço de petróleo, faz-se necessário fazer o transporte de fluidos do fundo do poço até a superfície. Junto a isso, apresenta-se a necessidade de verificar se os poços estão produzindo em sua capacidade ideal e de maneira econômica. Nem sempre a energia disponível no reservatório é suficiente para a elevação natural dos fluidos até a superfície, embora grande parte dos poços produtores de óleo inicialmente apresentem pressão de reservatório que permite movê-los até a superfície no início da produção. Mas com a contínua extração desses fluidos há a depleção natural da formação, que necessitará, em algum momento da vida produtiva, de um método de elevação artificial para o fornecimento de energia externa ao sistema poço-reservatório, de forma que venha a superar as perdas de cargas ao longo da coluna de produção (THOMAS, 2004).

Diversos são os métodos de elevações artificiais disponíveis atualmente (BCP, BCS, *Gas lift* e outros), mas historicamente, o primeiro utilizado pela indústria do petróleo foi o Bombeio Mecânico – BM (JOHNSON e FAGG, 1958 *apud* PORCIÚNCULA et al., 2014), que é um dos métodos de elevação artificial mais tradicional e largamente empregado em ambientes *onshore* por apresentar várias facilidades e vantagens, tais como relativa simplicidade operacional, fácil diagnóstico de falhas e boa relação custo/benefício (MEDEIROS NETO, 2015). Sua importância é refletida no número de instalações encontradas na indústria, estabelecendo o Bombeio Mecânico como o método mais usado no mundo (LIMA et al., 2009).

A redução dos custos operacionais, aumento da renda líquida dos poços e crescimento da recuperação do fluido requer uma análise integrada do sistema de bombeamento, incluindo o desempenho e a interação dos principais elementos do sistema de produção (reservatório, poço, bomba e motor principal). No que diz respeito ao BM, o acompanhamento desse método de elevação artificial

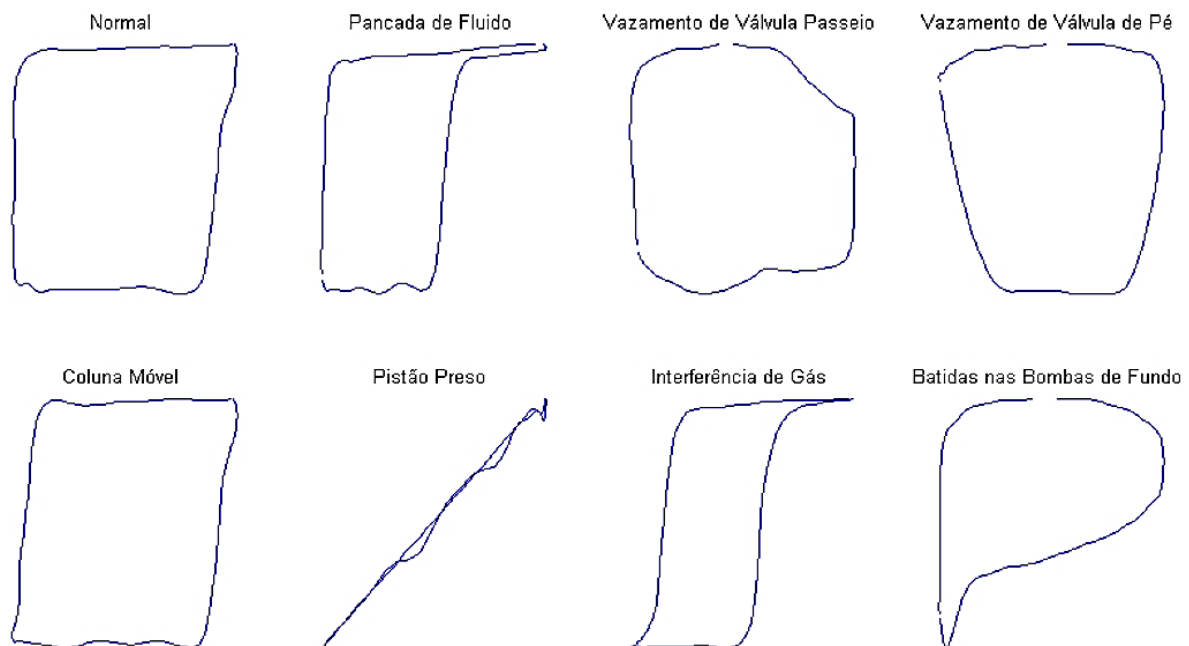
pode ser feito por meio de testes de produção, cartas dinamométricas, testes de válvulas e registros de *sonolog* (THOMAS, 2004).

A carta dinamométrica é um gráfico bidimensional que relaciona carga *versus* posição e encontra as cargas atuantes na haste polida ao longo de um ciclo de bombeio completo, tornando possível inferir várias informações de funcionamento do poço (MEDEIROS NETO, 2015), tais como: estado da bomba, falhas no pistão e nas válvulas, rompimento de hastes de bombeio, furos em colunas de tubos, acúmulo de parafina, efeito do gás na bomba, dentre outros. O teste de válvulas permite identificar se existem vazamentos nas válvulas de pé e de passeio da bomba da Unidade de Bombeio (UB). Já o registro de *sonolog* permite determinar o nível dinâmico e estático do fluido entre a coluna de produção e o revestimento (THOMAS, 2004).

A carta dinamométrica é umas das principais ferramentas de análise e avaliação das condições de funcionamento de uma unidade de Bombeio Mecânico (THOMAS, 2004). O dinamômetro é o aparelho que registra as cargas atuantes na haste polida ao longo de um ciclo completo. As forças atuantes na haste polida são transferidas para o dinamômetro e sua intensidade é registrada e convertida em uma carta (SAMPAIO NETO et al., 2011). Dois são tipos de cartas dinamométricas: a carta de superfície e a carta de fundo. A carta dinamométrica de superfície usualmente apresenta deformações (MEDEIROS NETO, 2015), isso por que ela incorpora diversos efeitos degenerativos causados pela propagação da carga ao longo do conjunto de hastes (PORCIÚNCULA et al, 2014). Esses efeitos fazem com que as elas representem apenas as condições de um poço, de forma que a sua correta interpretação e avaliação das condições e desempenho do sistema se torna uma difícil tarefa.

Quando se utiliza as cartas de fundo, é possível observar que, para os mesmos padrões de operação, as cartas são as mesmas (PORCIÚNCULA et al, 2014), assim, a utilização das cartas dinamométricas de fundo de poço oferece uma interpretação mais direta do funcionamento do sistema de bombeio do que o uso de cartas de superfície. Neste trabalho foram usadas as cartas dinamométricas de fundo de poços, pois com ela é mais simples de distinguir as condições de modos de operação do sistema de bombeio, incluindo a possibilidade de detecção de condições de falhas ou indicar irregularidades no sistema. A Figura 1 expõe as formas dos principais problemas encontrados no campo.

Figura 1 - Assinaturas Padrões de Cartas Dinamométricas.



Fonte: adaptado de MEDEIROS NETO, 2015.

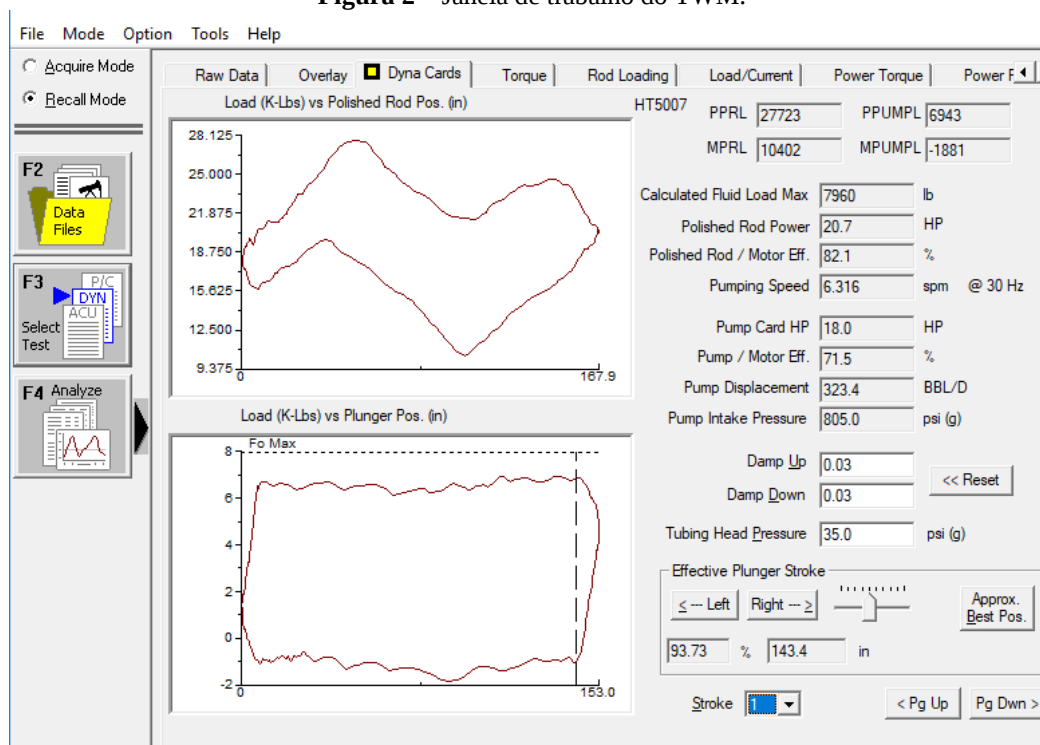
Nessa conjuntura, esse trabalho faz uso do aplicativo computacional *Total Well Management* (TWM), desenvolvido pela *Echometer Company*, para fazer um estudo do desempenho do Bombeio Mecânico por meio das cargas dinamométricas, testes de válvulas e dos parâmetros de nível do poço, deslocamento volumétrico da bomba, carga mínima e máxima medidas na haste polida, potência do motor e torque. Foram desenvolvidos estudos de caso para três diferentes poços, nos quais, foram verificados perfis de problemas de passagem na válvula de passeio, vazamento na válvula de pé, além de não ancoramento da coluna de produção. Dessa forma, apresentam-se as prováveis causas e possíveis soluções para contornar os problemas operacionais encontrados.

Metodologia

O procedimento de identificação de situações anormais do sistema de Bombeio Mecânico se transforma em um problema de interpretação de informações visuais (LIMA, 2009). Isso pode fazer com que exista a influência de vários fatores, como a diversidade de formas de cartas dinamométricas, o próprio comportamento complexo do sistema, além do conhecimento e experiência das pessoas envolvidas. Nesse estudo, utiliza-se o aplicativo computacional *Total Well Management* (TWM), desenvolvido pela *Echometer Company*, para a coleta dos dados, como também para interpretação e avaliação dos dados de *sonolog*, cartas dinamométricas e testes de válvulas.

O TWM é um sistema integrado para a aquisição de dados e diagnósticos para a elevação artificial que permite ao engenheiro maximizar a produção de óleo e gás, minimizando as despesas operacionais e otimizando o processo (OLIVEIRA e DUARTE, 2016). Ele realiza os registros e conversões dos resultados para interpretação, destacando o nível de fluido no espaço anular, a submersão da bomba, a carga de fluido, o torque do motor, entre outros (CARVALHO et al., 2011). A Figura 2 apresenta uma das telas do ambiente de trabalho do TWM.

Figura 2 – Janela de trabalho do TWM.



Fonte: Autor, 2017.

Foram avaliados três poços com características distintas e semelhantes aos poços encontrados nos campos maduros de algumas bacias produtoras de petróleo no Nordeste, como a Bacia Sergipe-Alagoas (CRUZ, 2017) e Bacia do Recôncavo (SAMPAIO NETO et al., 2011).

(CARVALHO et al., 2011). É possível observar na Tabela 1 as principais informações referentes a esses poços obtidos no *software* TWM.

Tabela 1 - Informações dos poços analisados.

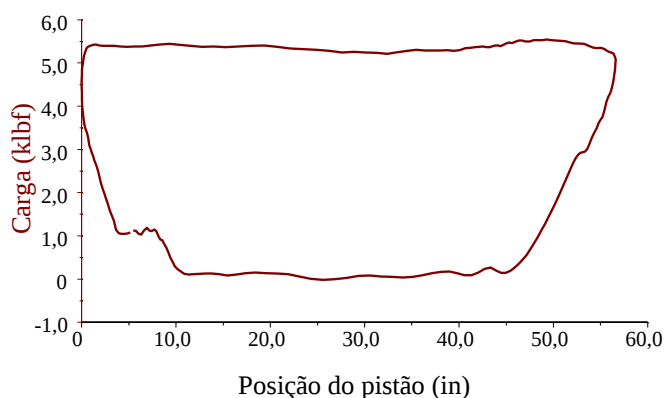
	Poço α	Poço β	Poço γ
Especificação da UB	M-228D-256-100	C-320D-256-100	C-228-200-74
Produção de óleo (m ³ /dia)	1,6	2,2	1,7
Produção de água (m ³ /dia)	2,5	9,5	19,1
Produção de gás (10 ³ m ³ /dia)	1,0	1,1	0,2
BSW (%)	61,5	81,1	91,6
Densidade do óleo (°API)	39	42	36
Densidade da água (kg/m ³)	1090,0	1050,0	1050,0
Profundidade da Formação (m)	2516,1	1593,0	1158,9
Profundidade da bomba (m)	2001,3	1593,0	1153,7
Nível de fluido – <i>sonolog</i> (m)	1998,3	1445,7	1056,9
Submersão da bomba (m)	3,0	147,3	96,8
Curso (in)	69	100	54

Resultados e Discussões

• Poço α

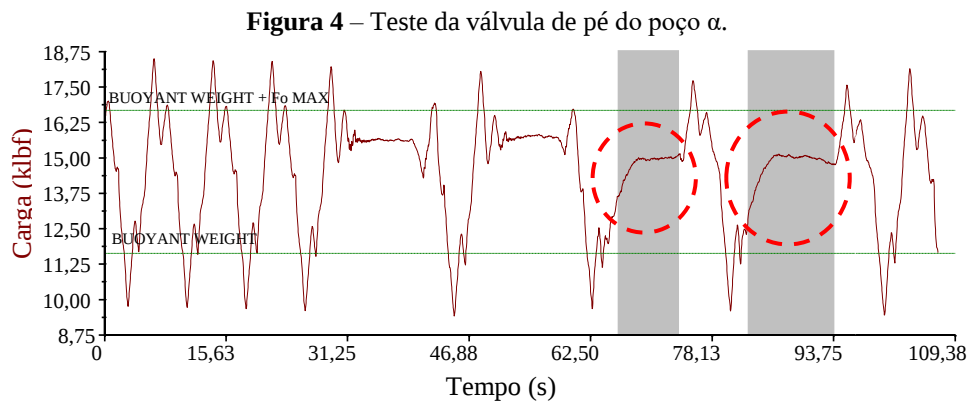
Na Figura 3 é possível observar a carta dinamométrica de fundo obtida para o poço α , com submersão da bomba de aproximadamente 3 m (Tabela 1), onde apresenta-se a carga (klbf) em função do curso do pistão (in) ao longo de um ciclo de bombeio completo. No curso ascendente, a carga aumenta devido ao peso do fluido elevado na coluna de produção, de forma que a válvula de pé se abre por conta da baixa pressão criada, permitindo a entrada do fluido na bomba enquanto a válvula de passeio permanece fechada, conforme o normal. No entanto, no curso descendente, vê-se uma transferência gradual da carga atuante, possivelmente causada pela comunicação entre o fluido que se encontra abaixo da válvula de passeio e o fluido abaixo da válvula de pé, gerando um descarregamento do fluido abaixo da válvula de passeio. Ao atingir o final do curso descendente e iniciar o curso ascendente, a válvula de passeio se fecha, iniciando um novo ciclo de bombeio.

Figura 3 – Carta dinamométrica de fundo do poço α .



Nota-se que a carta da Figura 3 possui a forma clássica de diagnóstico para vazamento na válvula de pé, na bomba do método de elevação. Esse vazamento causa uma perda de pressão no interior da camisa, fazendo com que a válvula de passeio possa fechar no curso descendente, causando prejuízo na produção e em casos extremos, pode ver a interromper o fluxo de fluido da camisa para a coluna de

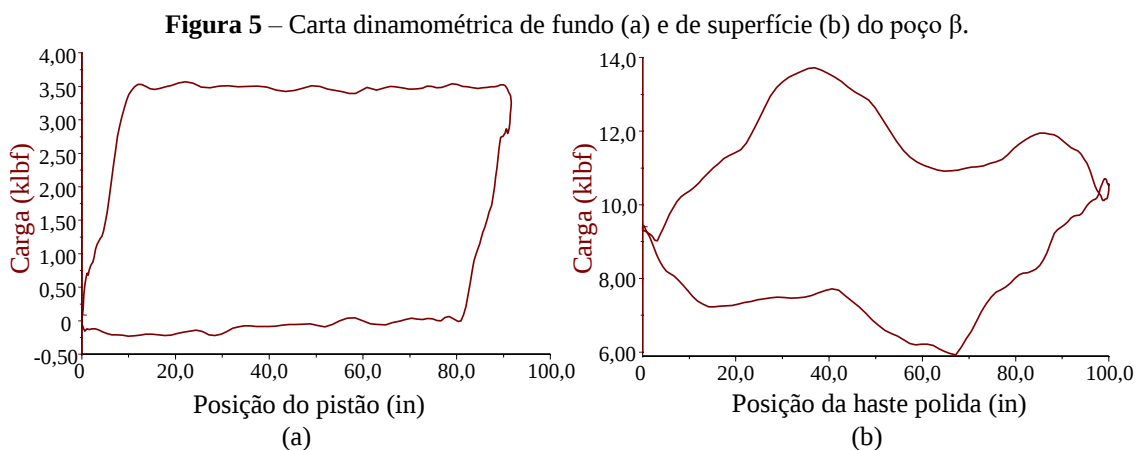
produção. A Figura 4 expõe o teste da válvula de pé, em que se parou a unidade de bombeio com aproximadamente 90 % do curso descendente.



Pela análise da Figura 4, comprova-se a existência de vazamento na válvula, pois durante o teste a carga não se manteve estável e houve um acréscimo nela, registrada no teste da válvula de pé (círculos em vermelho), indicando a existência do vazamento (SAMPAIO NETO et al., 2011). Esse tipo de problema na bomba é relativamente comum em poços com Bombeio Mecânico, que são causados, usualmente, por desgaste natural ou prematuro, abrasão (poços que contem muita areia), corrosão, falhas na usinagem das válvulas e por acúmulo de sujeira ou parafina, causando redução na eficiência volumétrica da bomba. No caso de desgaste, se faz necessária a troca do conjunto de fundo, pois se tem presente um sistema do tipo sede/esfera que permite o fluxo em ambos os sentidos, o que pode fazer com que não só a esfera seja comprometida, mas todo o conjunto com ela instalado (SAMPAIO NETO et al., 2011). Já na ocorrência de acúmulo de produtos na sede ou corpo das válvulas, como parafina ou outros produtos, a circulação de óleo quente pode solucionar o problema.

• Poço β

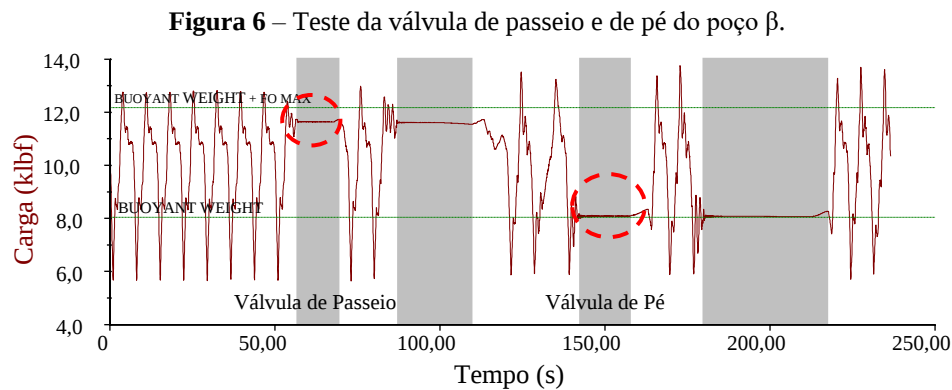
Observa-se na Figura 5 as cartas dinamométricas de superfície e de fundo do poço β , em que se apresentam as cargas em função do curso do pistão e do curso da haste polida, respectivamente, no mesmo ciclo de bombeio. A submersão da bomba é cerca de 147 m (Tabela 1).



Percebe-se na Figura 5 que o sistema de bombeio se encontra operando em condições normais, mas com um padrão na carta de fundo associado a não ancoragem dos tubos de produção. Vê-se então a presença de um problema de ancoragem - coluna móvel - em que a âncora de tubo de produção pode ter soltado durante o processo de operação. Isso faz com que exista um deslocamento indesejado da bomba de fundo e da coluna de produção, então, por conta disso, a coluna de tubo de produção tende a

encurtar e alongar, fazendo com que a carta de fundo tenha essa inclinação, com uma forma de paralelogramo.

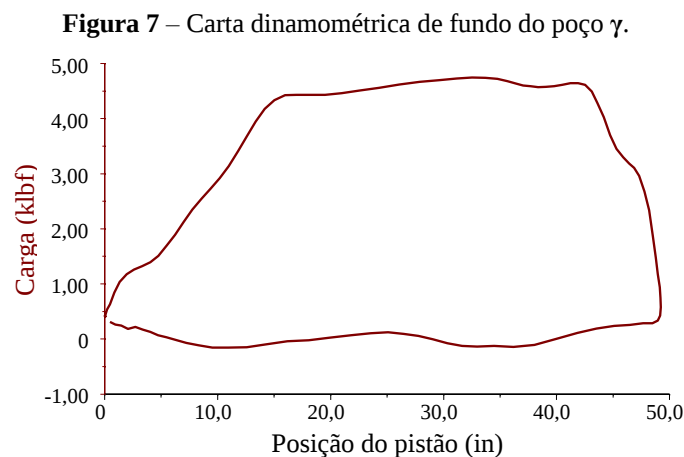
A Figura 6 mostra o teste das válvulas da bomba do método de elevação, em que se parou a unidade de bombeio com cerca de 90 % do curso descendente (válvula de pé) e 90 % do curso ascendente (válvula de passeio). É possível observar que a carga durante o teste se manteve estável (círculos em vermelho), comprovando a não existência de vazamento na válvula de pé e de passeio do poço β .



• Poço γ

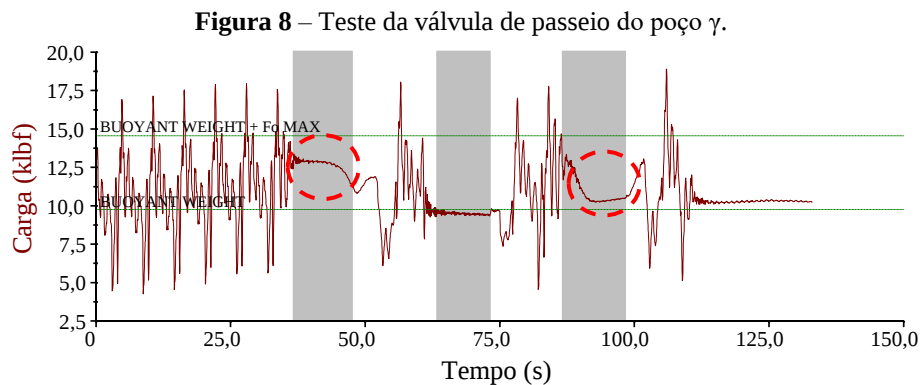
A carta dinamométrica de fundo do poço γ é exposta na Figura 7, com a carga na bomba em função do curso do pistão em um ciclo de bombeio completo. A submersão da bomba é de aproximadamente 97 m (Tabela 1). Da mesma forma que o poço α , nota-se que a carta do poço γ tem a configuração clássica de diagnóstico para vazamento na válvula de passeio. Nesse caso, o problema encontra-se no curso ascendente, onde existe uma comunicação entre a coluna de fluido acima da válvula de passeio com o fluido no interior da camisa, determinando uma transferência gradual da carga agente na válvula e como implicação, um vazamento do fluido acima da válvula de passeio.

As causas e soluções para o vazamento são as mesmas apresentadas para o poço α , que apresentou vazamento na válvula de pé. Somado ao que foi dito, em ambos os casos, para amortizar o desgaste por ações mecânicas provenientes do impacto do assentamento da esfera na sede durante o movimento, é possível utilizar gaiolas que guiam a esfera para o alinhamento do orifício central da sede. Considerando uma frequência de 10 CPM, as válvulas da bomba irão abrir e fechar mais de 5 milhões de vezes em um ano de operação. Problemas ligados a desgaste natural desses equipamentos são usualmente comuns.



Para comprovar o vazamento na válvula de passeio, ao parar a unidade de bombeio, espera-se que a carga estática se mantenha constante. Via de regra, verifica-se se houve o declínio da carga

evidenciando, assim, o vazamento na válvula de passeio, conforme vê-se nos círculos em vermelho da Figura 8. A unidade de bombeio parou com aproximadamente 90 % do curso ascendente.



Conclusões

Este trabalho apresentou diagnósticos de algumas falhas que podem ocorrer no método de Bombeio Mecânico a partir de cartas dinamométricas e com apoio dos testes das válvulas e *sonolog*, em que se verificou perfis de problemas relacionados a passagem na válvula de passeio no curso ascendente do poço γ e vazamento na válvula de pé no curso descendente no poço α , o que causa a redução da eficiência volumétrica e, conseqüentemente, perdas na produção no poço. A solução para esse tipo de problema é a substituição do conjunto de fundo, já que não se costuma recuperar esse tipo de peça. Além disso, constatou-se uma situação operacional de coluna móvel causada pelo não ancoramento desta, gerando deslocamento indesejada na bomba de fundo e na coluna de produção durante o processo de operação.

Fazendo o uso do *software* TWM, a avaliação do conjunto de fundo através das cargas dinamométricas, testes de válvulas e dos parâmetros de nível do poço, se mostraram importantes ferramentas que contribuíram para o estudo do desempenho operacional e gerenciamento do método de elevação por Bombeio Mecânico. Além disso, a análise e recolhimento de informações do comportamento do método fornecem subsídios para determinar as melhores condições para o transporte do petróleo do fundo do poço até a superfície, pois uma vez que é identificado o problema operacional prematuramente, é possível corrigi-lo e, por conseqüência, aumentar a recuperação do fluido e a renda líquida do poço, como também reduzir os custos de produção.

Referências Bibliográficas

- CARVALHO, A. M. D.; SANTOS, L. C. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, L. A. M.; DUARTE, L. J. N. **Análise da Produção de Poços de Petróleo em Campos Maduros Equipados com Unidades de Bombeio Mecânico**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, 6., Florianópolis, 2011. Anais do VI Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, 2011.
- CRUZ, S. S. **Análise do Nível em Poços Equipados com Bombeio Mecânico Utilizando o Sonolog**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Petróleo). Universidade Tiradentes, Aracaju, 2017.
- LIMA, F. S. **Deteção e Classificação de Modos de Operação do Bombeio Mecânico Via Cartas Dinamométricas**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica e de Computação) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- LIMA, F. S.; GUEDES, L. A. E; SILVA, D. R. **Deteção de falhas no sistema de Bombeio Mecânico utilizando descritores de Fourier e ferramentas estatísticas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE, 9., 2009, Brasília, ISSN: 2175-8905. Anais do IX Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, 2009.

MEDEIROS NETO, E. J. **Análise de desempenho de algoritmos de compressão de dados com perda para aplicações industriais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

OLIVEIRA, M. L. de; L. J. N. DUARTE. **Análise do Desempenho de Unidades de Bombeio Mecânico.** In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 21., 2016, Fortaleza, ISSN: 21785600. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2016.

PORCIÚNCULA, T. F. C. et al. **Reconhecimento de Modos de Operação em Sistemas de Bombeio Mecânico via Descritores de Fourier e PCA.** In: Congresso Brasileiro de Automática, 20., 2014, Belo Horizonte. Anais do XX Congresso Brasileiro de Automática, 2014.

SAMPAIO NETO, F. A.; DUARTE, L. J. N. ; OLIVEIRA JÚNIOR, J. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, L. A. M.; SANTOS, L. C. L. **Avaliação das Condições Operacionais do Poço 01-QB-04A-BA Pertencente ao Campo de Quiambina – Bahia.** In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, 6., Florianópolis, 2011. Anais do VI Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, 2011.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.