

EXATAS E TECNOLÓGICAS

V.4 • N.1 • 2020 - Fluxo Contínuo

ISSN Digital: 2359-4942

ISSN Impresso: 2359-4934

DOI: 10.17564/2359-4942.2020v4n1p188-200



## INTERPRETAÇÃO DE CARTAS DINAMOMÉTRICAS DE UM CAMPO *ONSHORE* LOCALIZADO NA BACIA DE SERGIPE

INTERPRETATION OF DYNAMOMETRIC CHARTS FROM AN  
ONSHORE FIELD LOCATED IN SERGIPE BASIN

INTERPRETACIÓN DE GRÁFICOS DINAMOMÉTRICOS DE UN  
CAMPO EN TIERRA UBICADO EN LA CUENCA DEL SERGIPE

Ianara Bomfim da Luz<sup>1</sup>

Marcela Morgana Bonifácio Chaveiro<sup>2</sup>

Lays Pinheiro Sedrins Silva<sup>3</sup>

Vanessa Limeira<sup>4</sup>

Marcos Antônio Costa Júnior<sup>5</sup>

## RESUMO

No Brasil, aproximadamente 73,5% dos poços petrolíferos são equipados por bombeio mecânico (BM), sendo o método de elevação artificial de petróleo mais empregado no mundo. A aplicação deste método tem grande relevância em campos *onshore*, pois possibilita e otimiza a produção em poços maduros. Além das vantagens, esse método dispõe também do diagnóstico de problemas e/ou falhas que é analisado por meio das Cartas Dinamométricas de Fundo (CDF) e de superfície (CDS). Assim, o presente estudo analisou e interpretou as cartas Dinamométricas do poço denominado 7-ILM-03-SE por meio do *software Total Assent Monitor* (TAM) da empresa *Echometer* e do *hardware Sonolog*, em uma unidade de bombeio mecânico com haste polida. Como resultados, os principais problemas apresentados no BM são “pancada” de fluido, haste partida e golpe de bomba. Além disso, a CDF que apresentou maior eficiência com 77,3% foi a carta ideal, e a CDF com golpe (batida) de bomba mostrou a menor eficiência volumétrica com 63,3% estando inferior aos padrões recomendados.

## PALAVRAS-CHAVE

Bombeio Mecânico. Cartas Dinamométricas. *Software* TAM.

## ABSTRACT

In Brazil, approximately 73.5% of oil wells are equipped with sucker rod pumping system, being the most widely used method of oil artificial lift in the world. The application of this method has great relevance in onshore fields, as it allows and optimizes the production in mature wells. In addition to the advantages, this method also has the diagnosis of problems and / or failures that is analyzed using the Downhole Dynamometer Cards (DDC) and the Surface Dynamometer Cards (SDC). Thus, the present study analyzed and interpreted the dynamometer cards of the well called 7-ILM-03-SE through the software TAM (Total Assent Monitor) of the company Echometer and the hardware Sonolog, in a beam pump unit with polished rod. As a result, the main problems presented in the beam pump unit were fluid “knock”, broken rod and pump stroke. Besides that, the DDC that presented greater efficiency with 77.3% was the ideal letter, on the other hand the DDC with stroke (hit) of pump showed the lowest volumetric efficiency with 63.3% being lower than the recommended standards.

## KEYWORDS

Beam Pump Unit. Dynamometer Cards. TAM Software.

## RESUMEN

En Brasil, aproximadamente el 73,5% de los pozos de petróleo están equipados con bombeo mecánico (BM), siendo el método de extracción de petróleo artificial más utilizado en el mundo. La aplicación de este método tiene gran relevancia en campos terrestres, ya que permite y optimiza la producción en pozos maduros. Además de las ventajas, este método también cuenta con el diagnóstico de problemas y/o fallas que se analiza utilizando los Cuadros de Dinámica de Fondo (CDF) y la superficie (CDS). Así, el presente estudio analizó e interpretó los gráficos dinamométricos del pozo denominado 7-ILM-03-SE mediante el software TAM (Total Assent Monitor) de la empresa Echometer y el hardware Sonolog, en una unidad de bombeo mecánico con varilla pulida. Como resultado, los principales problemas que presenta el BM son el “golpe” de fluido, la varilla rota y el golpe de la bomba. Además, la CDF que mostró la mayor eficiencia con 77,3% fue la tarjeta ideal, y la CDF con carrera de bomba mostró la menor eficiencia volumétrica con 63,3%, estando por debajo de los estándares recomendados.

## PALABRAS CLAVE

Bombeo mecánico; Gráficos dinamométricos; Software TAM.

## 1 INTRODUÇÃO

Para a obtenção do petróleo na superfície, é necessária a realização de inúmeros processos, tais como: a existência de rocha reservatório com acumulação de hidrocarbonetos, método de prospecção, perfuração, avaliação de formações, completação, cimentação e outros. Dentre as fases citadas o maior obstáculo para iniciação da produção de petróleo é fazer o transporte de fluidos do fundo do poço até a superfície, podendo ser por elevação natural ou artificial (THOMAS, 2004; LEONEZ, 2011).

O sistema de elevação artificial de petróleo é estabelecido quando a pressão do reservatório é insuficiente para vencer as perdas de carga, isto é, quando esse sistema fornece energia adicional ao poço, diminuindo as perdas de carga ao longo do curso do poço. Caso contrário, o transporte do fluido seria natural, onde a pressão do reservatório é suficiente para elevação dos fluidos. Nesse caso, o poço possui pressão de fundo maior do que a soma das perdas de carga que ocorrem ao longo do fluxo até a superfície (CARVALHO, 2014).

De acordo com Leonez (2011), o método de elevação mais empregado é o bombeio mecânico (BM), podendo trabalhar com médias e baixas vazões, poços rasos ou com grandes profundidades. Segundo Brown (1982 apud CARRATORE, 2018), além das vantagens que foram citadas, existem inúmeras outras para a aplicação desse método, dentre elas destacam-se: operar em altas temperaturas e elevar óleos viscosos; é relativamente fácil de ser analisado por meio de cartas dinamométricas; custo relativamente baixo quando comparado aos demais métodos de elevação.

Para o acompanhamento do funcionamento de um poço com sistema de elevação por bombeio mecânico pode se dar por intermédio de diversas ferramentas. As cartas dinamométricas de fundo (CDF) disponibilizam as principais informações e condições de uma unidade de bombeio mecânico, além de auxiliar na supervisão, contribui para possíveis tomadas de decisões, posteriormente a detecção de falhas no sistema por meio de sensores que registram em forma de gráficos contínuos os esforços durante o ciclo do BM (GOMES, 2009).

Cavalcanti *et. al* (2017), em seu estudo, averiguaram os diagnósticos de algumas falhas, por intermédio das CDF, que podem ocorrer no método de BM, juntamente com testes das válvulas e *sonolog*. Por meio dessas análises, foi possível afirmar problemas na válvula de passeio no curso ascendente e vazamento na válvula de pé no curso descendente no poço. Além de verificar problema na ancoragem da coluna móvel, provocando o deslocamento na bomba de fundo e na coluna de produção. Tais falhas podem ocasionar diminuição da eficiência volumétrica e, de modo consequente, ocorrer *déficit* na produção no poço.

Assim, o presente estudo visa analisar e interpretar as cartas dinamométricas de fundo do poço 7-ILM-03-SE, obtidas por meio do *software Total Assent Monitor* (TAM) e do *hardware Sonolog* em uma unidade de bombeio mecânico com haste polida. Para isso, os dados do poço, localizado na Baía de Sergipe e das cartas dinamométricas são obtidos com o intuito de classificá-las em grupos de falhas e/ou problemas na bomba de fundo, bem como disponibilizar ações de otimização ou medidas corretivas que possam ser tomadas.

## 2 BOMBEIO MECÂNICO

O bombeio mecânico é um método de elevação artificial que é utilizado em uma instalação terrestre (onshore), sendo considerado umas das primeiras técnicas utilizadas na indústria do petróleo. Consiste em uma unidade motora instalado na superfície. No poço, uma bomba de fundo é operada por hastes, acionada pela unidade de superfície e, por um processo de pistoneio do poço, pelo movimento alternativo das hastes, o óleo é produzido (CORRÊA, 2003).

Os equipamentos que compõem o sistema do BM, são: bomba de fundo ou de subsuperfície – que inclui camisa, pistão, válvula de pé e válvula de passeio, a coluna de hastes, a unidade de bombeio e o motor. A Figura 1 mostra uma unidade de bombeio mecânico, localizado no município de Coruripe/AL.

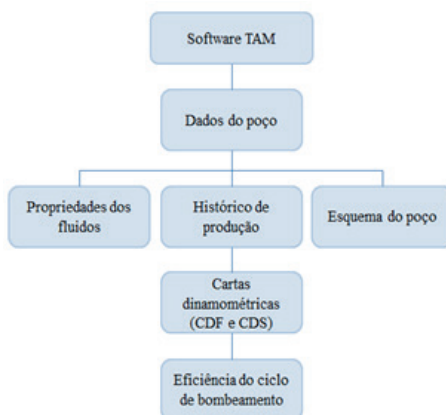
**Figura 1** – Unidade de bombeio do Campo Sul de Coruripe



Fonte: Dados dos Autores (2019).

## 3 METODOLOGIA

Nesta seção, será apresentada a metodologia para a realização da simulação da carta dinamométrica do poço 7-ILM-03-SE, esta foi feita por meio da ferramenta TAM da empresa *Echometer*. A Figura 2 apresenta o fluxograma com as etapas do trabalho, iniciando com a obtenção do *software* TAM para inserir os dados do poço 7-ILM-03-SE, incluindo as propriedades dos fluidos (óleo e água), o histórico de produção e esquema do poço.

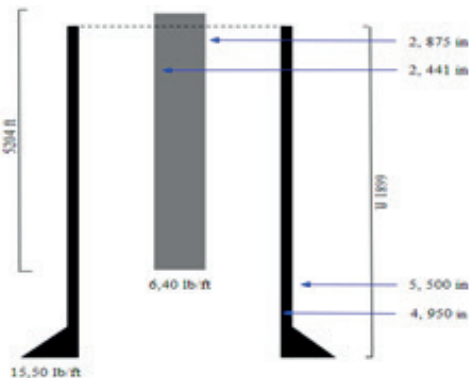
**Figura 2** – Fluxograma dos dados obtidos com a utilização do *software* TAM

Fonte: Dados dos Autores (2019).

### 3.1 CARACTERÍSTICAS DO POÇO 7-ILM-03-SE

O poço 7-ILM-03-SE possui uma produção de óleo pesado, com 20 °API, água produzida com densidade igual a  $1,05 \text{ g/cm}^3$ , viscosidade do óleo igual a  $0,76 \text{ cP}$ , densidade do gás igual a  $0,84$ . Não tem presença de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ). O gás natural associado para a sua produção é considerado zero.

O esquema do poço 7-ILM-03-SE, incluindo os diâmetros das colunas de revestimento e de produção, a profundidade e o peso da tubulação, assim como o comprimento médio dos tubos pode ser observado na Figura 3. Além disso, a temperatura de superfície do poço é de  $21^\circ\text{C}$  e de fundo, de  $66^\circ\text{C}$ . Nas condições padrão, a temperatura é de  $60^\circ\text{F}$  ( $15,6^\circ\text{C}$ ) e a pressão é igual a  $14,7 \text{ psi}$  ( $1 \text{ atm}$ ).

**Figura 3** – Esquema do Poço 7-ILM-03-SE

Fonte: Dados dos Autores (2019).

A partir da obtenção das cartas dinamométricas (CDS / CDF), é feita a análise e interpretação das mesmas, buscando identificar os problemas no BM do poço e também é realizado o cálculo da eficiência volumétrica do ciclo de bombeamento.

A eficiência volumétrica ( $E_v$ ) é determinada por meio da relação entre a vazão bruta de líquido ( $Q_b$ ) e o deslocamento volumétrico (PD), com menos desgaste e/ou vazamento no sistema (NASCIMENTO, 2005).

$$E_v = Q_b / PD \quad \text{Equação (1)}$$

Na carta de fundo, esse quantitativo é definido pela relação do deslocamento em polegadas da carta de dinamométrica de superfície e o deslocamento da carta dinamométrica de fundo.

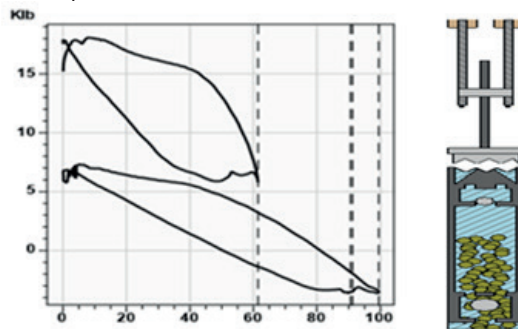
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mediante a visualização e interpretação das Cartas Dinamométricas de Fundo (CDF), representadas como gráficos que relacionam a carga na haste polida *versus* posição da mesma durante um ciclo de uma unidade de bombeio mecânico, é possível observar problemas e/ou falhas no poço 7-ILM-03-SE da bacia de Sergipe. As análises foram realizadas para cinco cartas, incluindo problemas como haste partida, pancada de fluido e golpe de bomba, apresentadas a seguir.

### 4.1 CDF DO POÇO 7-ILM-03-SE NO DIA 15/04/2014

A Figura 4 apresenta o gráfico de uma CDF no dia 15 de abril de 2014 e o esquema do movimento do BM, onde é observado um formato de carta de fundo indefinida, sendo complicado de se analisar e determinar efetivamente qual problema que está atuando na unidade de bombeio, pois existe, ao mesmo tempo, mais de um problema e/ou falhas. As literaturas não apontam uma CDF com formato semelhante, dificultando o diagnóstico, a CDF que mais se aproxima é a por meio de ruptura da coluna de haste, que não sucede a produção de fluido, ainda assim, observa-se no gráfico a existência de carga, assim descartado a hipótese de ser falha na coluna de haste.

**Figura 4** – CDF com mais de um problema



Fonte: Dados dos Autores (2019).

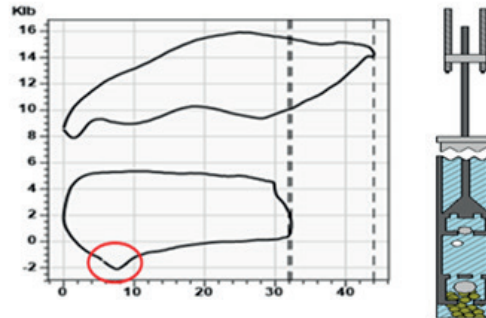
Outro fator interessante na CDF acima, é o valor de carga negativa em sua escala devido à intensidade da carga atribuída. Quando nenhuma carga é atribuída à haste, acontece um aumento do diâmetro da haste, como consequência obtendo um valor de carga negativa.

#### 4.2 CDF DO POÇO 7-ILM-03-SE NO DIA 06/08/2016

A carta dinamométrica obtida no dia 6 de agosto de 2016 está apresentada na Figura 5. Nesse caso, percebe-se no movimento descendente uma pequena concavidade, evidenciado pelo círculo vermelho. Esta irregularidade indica uma falha denominada de golpe (batida) de bomba, referente à separação da bomba de fundo com a coluna de haste. Esta falha causa um espaçamento inapropriado da bomba, ou seja, a bomba não está ancorada na haste, resultando em uma pancada no fundo da bomba. Segundo Paula (2018), as batidas de bomba com intensidade promovem o desgaste da bomba e afeta a eficiência de bombeio.

A eficiência do ciclo de bombeamento com falha de batida da bomba foi de 73%, os restantes 27% representam o espaço em um ciclo do BM que poderia ser preenchido por fluido, caso não houvesse falhas na bomba de fundo. De acordo com Nascimento (2005), a eficiência volumétrica sempre será inferior a 100% devido aos problemas presentes na unidade de bombeio, valores de 70% e 80% são classificados dentro dos padrões normais.

**Figura 5** – CDF com golpe (batida) de bomba



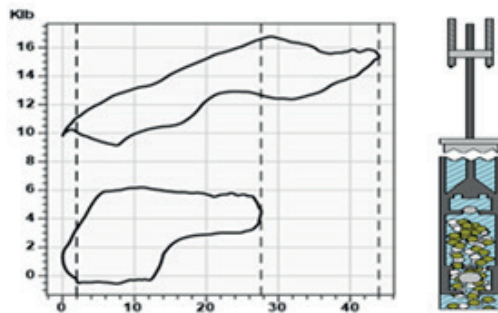
Fonte: Dados dos Autores (2019).

#### 4.3 CDF DO POÇO 7-ILM-03-SE NO DIA 11/03/2017

A próxima carta dinamométrica foi obtida no dia 11 de março de 2017, na qual foi observada a falha por pancada de fluido, conforme Figura 6. Esta falha ocorre devido à combinação de inúmeros fatores que influenciam diretamente na eficiência da unidade de bombeamento, um desses fatores é a associação das altas viscosidades e altas velocidades de bombeio. Além desse fato, a pancada de fluido pode ocorrer devido à capacidade de deslocamento da bomba de fundo ser superior à capacidade de produção do reservatório (NICO FILHO, 2014; PAULA, 2018).

A falha por pancada de fluido apresentou baixa eficiência do ciclo de bombeamento, indicando 63,3% de preenchimento da bomba. Para melhorar a eficiência volumétrica da bomba de fundo e, conseqüentemente, completar a mesma por fluido, é necessário serem empregadas algumas medidas, como a redução do número de ciclos de bombeamento da bomba de fundo.

**Figura 6** – CDF com pancada de fluido



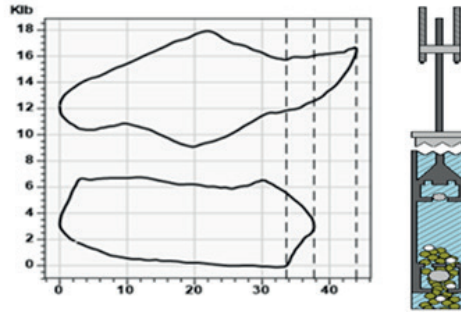
Fonte: Dados dos Autores (2019).

A carta dinamométrica, representada na Figura 7, foi adquirida 6 dias após a carta da Figura 6, realizada no dia 17/03/2017. Observa-se que a carta de fundo tem semelhança com uma carta ideal, pois apresenta um formato de um paralelogramo. Entretanto, apresenta deformações em função do alongamento das hastes, em função dos movimentos dela, gerando assim cargas dinâmicas. Além de causar a exaustão da operação na superfície e no fundo, originando tensões por toda a extensão das hastes, fazendo com seu comprimento sofra inúmeras variações, aumentando e diminuindo ao longo do curso da unidade de bombeio (NASCIMENTO, 2005).

Contudo, em consequência da existência de movimentos e cargas dinâmicas que atuam por toda a extensão das hastes, a carta apresenta deformações. Segundo Nascimento (2005), essas cargas nas hastes provocam exaustão da operação na superfície e no fundo, causando a variação do comprimento das hastes (aumentando e diminuindo ao longo do curso da unidade de bombeio).

O cálculo da eficiência foi considerado normal, resultando em 77,3%. Fazendo a comparação das eficiências da carta de fundo com pancada de fluido (FIGURA 6) e a carta de fundo ideal (FIGURA 7), pode-se inferir o quanto uma falha na bomba afeta diretamente no desempenho da unidade de bombeio, restringindo a produção de petróleo.

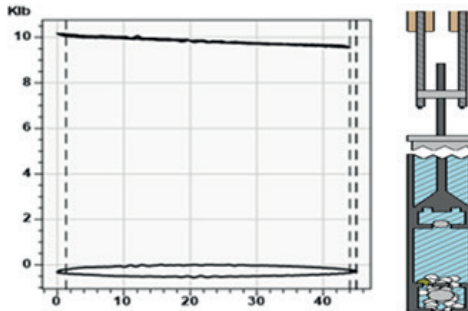


**Figura 7** – CDF normal

Fonte: Dados dos Autores (2019).

#### 4.4 CDF DO POÇO 7-ILM-03-SE NO DIA 03/06/2019

A Figura 8 apresenta a carta dinamométrica mais recente obtida do dia 03/06/2019. Analisando o gráfico, observa-se que tanto a CDS e a CDF são identificadas com falha por haste partida. Esta falha pode ser causada por inúmeros fatores, sendo um deles as falhas nas conexões das hastes, que podem ocasionar transtornos operacionais, resultando em problemas da produção de petróleo que conseqüentemente o custo para recolocar o sistema em funcionamento, caracterizando um grave problema da indústria (GOMES, 2009; MEDEIROS, 2016).

**Figura 8** – CDF com haste partida

Fonte: Dados dos Autores (2019).

Quando ocorre a ruptura de uma haste, por conseguinte, a produção da unidade de bombeamento considerada zero, assim como a sua eficiência volumétrica, em virtude de que a fratura na haste faça com que não suceda o bombeamento de fluido até a superfície, sendo necessária a interrupção da produção na unidade de bombeio mecânico para realizar a retirada da haste, mediante a operação de pescaria.

#### 4.5 AÇÕES DE MEDIDAS CORRETIVAS

Após a identificação dos problemas no BM do poço 7-ILM-03-SE, algumas ações de medidas corretivas serão apresentadas com relação à haste partida, “pancada” de fluido e golpe de bomba. Segundo Oliva (2017), uma forma de evitar os problemas citados é variar o curso da haste polida que interfere no deslocamento volumétrico da bomba de fundo.

Nota-se que o deslocamento volumétrico da bomba de fundo é diretamente proporcional ao curso da haste polida, portanto, uma forma de maximizar a produção do poço é regulando o curso da haste em sua amplitude máxima. Além disso, o fato de se regular o curso no maior valor possível contribuir para que a taxa de compressão dos fluidos no interior da bomba seja aumentada, desta forma, maximizasse a eficiência volumétrica da bomba. Por outro lado, o aumento do curso da haste acarreta o aumento do pico de torque da unidade de bombeio.

### 5 CONCLUSÕES

Neste trabalho, é retratada a obtenção das cartas dinamométricas de superfície (CDS) e de fundo (CDF) utilizadas para identificar problemas e/ou falhas em uma unidade de bombeio mecânico, que estão afetando a produtividade do poço 7- FVB-03-SE. Estas cartas foram obtidas mediante a utilização da ferramenta TAM da empresa *Echometer*.

A aplicação desta ferramenta para poços petrolíferos desvendou um processo eficiente e confiável, uma vez que a potencialização de seus mecanismos disponíveis oferece qualidade e segurança. A partir deste equipamento é permitido averiguar problemas e/ou falhas na bomba da unidade de bombeio mecânico do 7- FVB-03-SE, como haste partida, “pancada” de fluido e golpe de bomba.

Outro aspecto de grande relevância é o cálculo da eficiência volumétrica, apontando qual falha apresentou mais prejuízo à unidade de bombeio, a CDF com pancada de fluido mostrou a menor eficiência volumétrica com 63,3%, estando inferior aos padrões recomendados, em contrapartida, a CDF que apresentou maior eficiência com 73% foi a carta com batida na bomba, encontrando-se dentro dos padrões estabelecidos pela literatura.

Os reconhecimentos destas falhas podem proporcionar a interrupção propícia da produção do poço, com redução dos ciclos de bombeamento e, como consequência, minimizando os custos com energia e obtendo o ápice da produção, em virtude de ter empregado dados reais e não pressuposições.

Por fim, medidas corretivas foram sugeridas com base em Oliva (2017), em que uma forma de evitar os problemas citados é variar o curso da haste polida (S) que interfere no deslocamento volumétrico da bomba de fundo (PD) e com isso possibilita o deslocamento volumétrico da bomba de fundo que é diretamente proporcional ao curso da haste partida.

## REFERÊNCIAS

- CARVALHO, L. G. **Obtenção de cartas dinamométricas de fundo através de dados de sensores de subsuperfície**. 2014. 36 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2014.
- CARRATORE, P. R. D. **Desenvolvimento de ferramenta para auxílio na seleção de métodos de elevação artificial**. Natal, Centro de tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2018.
- CAVALCANTI, R. V. *et al.* **Estudo de desempenho de método de elevação artificial por bombeio mecânico a partir do software total Well Maneger (TWM)**. Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, 9. Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas – UFAL, 2017.
- CORRÊA, O. L. S. **Noções sobre exploração, perfuração, produção e microbiologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.
- ECHOMETER. **Total Asset Monitor (TAM) 1,6**. 2017. Disponível em: <http://echometer.com/Software/Total-Asset-Monitor-16>. Acesso em: 15 set. 2019.
- GOMES, H. P. **Desenvolvimento de um sistema inteligente para a análise de cartas dinamométricas no método de elevação por bombeio mecânico**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.
- LEONEZ, R. C. L. **Métodos de elevação utilizados na engenharia de petróleo: uma revisão de literatura**. 2011. 73 f. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi - Árido – UFERSA, Angicos, Rio Grande do Norte, 2011.
- LIMA, F. S. **Deteccção e classificação de modos de operação do bombeio mecânico via cartas dinamométricas**. 2014. 141 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- 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.
- MEDEIROS, E. M. **Determinação dos parâmetros de falha para o método de bombeio mecânico**. 2016. 58 f. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Engenharia de Petróleo) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

NASCIMENTO, J. M. A. **Simulador computacional para poços de petróleo com método de elevação artificial por bombeio mecânico**. 2005. 114 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

NICO FILHO, G. H. **Estudo numérico da movimentação da válvula de pé do sistema de bombeio mecânico com hastes**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-graduação em Energia, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2014.

OLIVA, G. B. F. F. **Desenvolvimento de uma estratégia de controle para uma unidade de bombeio inteligente**. 2017. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

PAULA, T. M. S. **Metodologia para aumento da produção em poços de petróleo com sistema de Bombeio Mecânico que possuem vazão abaixo do potencial em Campos da Bacia Potiguar**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia de Petróleo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência: PETROBRAS, 2004.

---

**Recebido em:** 30 de Março de 2020

**Avaliado em:** 5 de Maio de 2020

**Aceito em:** 10 de Agosto de 2020

---



A autenticidade desse artigo pode ser conferida no site <https://periodicos.set.edu.br>

---

1 Graduada em Engenharia de Petróleo – Centro Universitário Tiradentes.

2 Graduada em Gestão Ambiental – Instituto Federal de Alagoas (IFAL).

3 Graduada em Engenharia de Petróleo – Centro Universitário Tiradentes.

4 Doutora em Ciência e Engenharia de Petróleo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

5 Doutor em Ciência da Computação – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).



Este artigo é licenciado na modalidade acesso abertosob a Atribuição-Compartilhaqual CC BY-SA

