

MONITORAMENTO E ANÁLISE DE VIBRAÇÃO DE UMA BANCADA LABORATORIAL DE TESTES DE PERFURAÇÃO: UMA ABORDAGEM ENVOLVENDO ENERGIA MECÂNICA ESPECÍFICA E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO DE PERFURAÇÃO DE POÇOS

Thales Rodrigues Barboza ¹

Diunay Mantegazine ²

Andreas Nascimento ³

INTRODUÇÃO

Sabe-se que a perfuração é tida como umas das atividades mais caras e arriscadas na exploração de reservatórios de petróleo e gás. A busca pela otimização de processos de perfuração, para aumentar a eficiência e aproveitamento dos poços maduros e reservatórios localizados a grandes profundidades (pré-sal), tem gerado uma corrida tecnológica a fim de obter um aumento de eficiência acompanhado da redução no valor do produto gerado. Parte do alto custo está relacionado as vibrações indesejadas que a coluna de perfuração sofre (BARBOSA et al., 2019)

É notório compreender que as vibrações associadas a otimização e diminuição da energia mecânica específica (MSE), podem dar respostas excelentes ao operador quando são bem descritas e analisadas, pois evitam condições adversas, que segundo Pinheiro et al. (2019), podem exceder o custo de US\$1 milhão.dia⁻¹, tornando o tempo de inatividade ou manutenção necessários durante as atividades grandes vilões (NASCIMENTO, 2016)

Para um processo de otimização, é necessário obter parâmetros que sirvam para comparação a fim de realizar uma análise minuciosa dos dados obtidos. O processo pode estar relacionado diretamente com as vibrações obtidas durante a perfuração de poços. Tais vibrações podem comprometer na qualidade do desempenho da perfuração, limitando a vida útil, aumentando a energia mecânica específica e como consequência, diminuindo a produtividade da ferramenta (ZHU; TANG; YANG, 2014).

¹ Doutorando do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual Paulista - UNESP, thales.barboza@unesp.br;

² Doutorando do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Diunaymantegazini@gmail.com;

³ Professor Permanente, Departamento de Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, andreas.nascimento@ufes.br.

As causas dessas vibrações incluem impacto e fricção nas interfaces de poço/coluna de perfuração e broca/formação, desequilíbrios, excentricidade ou curvatura inicial nas seções do colar de perfuração, várias ressonâncias lineares ou não lineares. As medições dessas vibrações podem fornecer informações valiosas sobre o conjunto de perfuração e as características da formação. Portanto, a vibração deve ser totalmente compreendida e seus efeitos devem ser minimizados por qualquer abordagem para a otimização da taxa penetração (AHMADIAN; NAZARI; JALALI, 2007; ZHU; TANG; YANG, 2014).

De forma mais abrangente os principais problemas originados pela vibração, podem ser o desgaste prematuro e danos do equipamento de perfuração, resultando em fadiga e induzido falhas, sobrecarga mecânica, diminuição da taxa de penetração (ROP), resultando em um aumento dos custos operacionais da broca, interferências nas medições realizadas durante o processo de perfuração e danos ao equipamento de medição, desperdício substancial de energia (MSE), instabilidade do conjunto de fundo de poço (BHA) e redução do controle direcional, rachaduras por corrosão sob tensão (SCC), resultando em fissuras nas conexões dos parafusos, ruptura de tubos de perfuração, enfraquecimento da broca e danos nas ferramentas de fundo de poço (MÁRQUEZ et al., 2015).

Como as principais vibrações associadas a perfuração de poços de petróleo, temos as vibrações torcional, axial e lateral, que são geralmente de natureza bastante complexa (ZHU; TANG; YANG, 2014).

De acordo com Márquez et al. (2015) a vibração torcional aparece devido a condições de fundo de poço, como arrasto significativo, furo apertado e características da formação. Ocorre quando a broca está parada na formação enquanto a mesa rotativa continua a girar. As vibrações torcionais é o modo de vibração mais prejudicial que ocorre com mais frequência e atuam com frequência típica menores do que 2 Hz. A vibração axial da coluna de perfuração é resultando de uma perda repetitiva de contato entre a broca e a superfície de perfuração (fenômeno de ressalto da broca), geralmente é induzida por oscilações de perfuração de torção, apresentam frequências típicas entre 1 e 10Hz. Já a vibração lateral é encontrada quando ocorre o fenômeno de turbilhão, que é uma instabilidade lateral caracterizada por impactos entre a coluna de perfuração e o poço, apresenta frequências típicas entre 10 e 50Hz.

Reconhecendo que durante as operações de perfuração de poços de petróleo, as ferramentas de fundo de poço experimentam choques e vibrações prejudiciais inevitáveis (FINNIE; BAILEY, 1960), o que pode comprometer o poço e aumentar a MSE, este estudo consiste em avaliar os parâmetros de uma bancada laboratorial de perfuração pioneira no Brasil

(até o momento única), a fim de otimizar os processos de perfuração com auxílio das análises de vibrações fornecidas por sensores alocados na coluna de perfuração/broca durante a fase de perfuração. Esses parâmetros serão analisados para verificar até que ponto a bancada didática poderá fornecer dados que dialoguem com dados reais buscando a otimização do processo, bem como a diminuição da energia mecânica específica. Logo, este trabalho se justifica a fim de obter melhores parâmetros auxiliados pela vibração da máquina, evitando o tempo de inatividade, diminuindo a energia mecânica específica (MSE), auxiliando nas tomadas de decisão em tempo real e assim reduzir custos com a operação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo está sendo desenvolvido em uma unidade didática de perfuração no Departamento de Engenharia e Tecnologia (DET) situado no Centro Universitário Norte do Espírito Santo – CEUNES – São Mateus – Espírito Santo – Brasil, em parceria com a Universidade Estadual Paulista - UNESP - Guaratinguetá – São Paulo – Brasil.

A bancada é automatizada com a utilização de sensores de vibração que fornecem respostas dos parâmetros de perfuração utilizados durante os ensaios.

A bancada didática utiliza um sensor de vibração localizado na coluna de perfuração que é usado para realizar testes experimentais e medir os parâmetros de perfuração e as vibrações. Apresenta uma capacidade de perfurar orifícios de pequeno diâmetro usando brocas de cone duplo de 2-3 polegadas em diferentes tipos de rocha.

Para obter os dados fornecidos pelas vibrações, será necessário simular as formações rochosas onde ocorrerão as perfurações. Para isso serão fabricados blocos de concreto que apresentarão dimensões de 30x30x30 cm. A opção de utilizar os concretos é que eles serão mais uniformes, o que pode fornecer uma melhor qualidade dos dados, reduzindo o número de ruídos que poderiam comprometer nas análises dos dados.

Também será formulado um planejamento experimental de três fatores e três níveis (3^3) onde serão utilizadas as relações de água/cimento (w/c), peso de broca (WOB) e valores de rotação da broca (RPM).

Para a modelagem matemática, o modelo de Bourgoyne e Young (BYM) (BOURGOYNE; YOUNG, 1974) tem sido o método dominante para a previsão da taxa de perfuração. Ele também será aplicado, pois demonstra uma relação entre a taxa de perfuração e os parâmetros que a afetam. Existem oito variáveis que influenciam a taxa de perfuração, e elas

dependem do tipo de formação do solo e devem ser determinadas com base nos dados coletados previamente.

Como ponto de estudo deste trabalho, apresenta-se a importância da análise de vibração para o sistema de perfuração de poços, sendo aplicado na bancada de estudo para verificar até que ponto o chassi de vibração alocado no equipamento permitirá analisar os parâmetros de perfuração obtidos de maneira confiável, devido a mesma ser pioneira no Brasil.

Para as análises de vibração da coluna de perfuração, será utilizado a metodologia proposta por Al Dushaishi et al. (2016).

A energia mecânica específica (MSE) também será avaliada, pois, será usada como indicador de desempenho de perfuração nesta análise. Sabe-se que a MSE mede o desempenho da perfuração relacionando a energia de entrada usada para perfurar com a energia de saída, sendo a distância perfurada. O MSE será obtida a partir dos dados de perfuração conforme (DUPRIEST; KOEDERITZ, 2005; TEALE, 1965).

RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que ao final do estudo uma base de dados possa ser adquirida com base nas vibrações obtidas durante os ensaios, demonstrando que a bancada atende os parâmetros para estudos envolvendo a perfuração real em poços de petróleo. Espera-se também, obter os parâmetros de otimização da taxa de penetração (ROP), bem como da redução da energia mecânica específica (MSE) com auxílio de dados coletados na bancada laboratorial de perfuração através da análise de vibração durante a operação do equipamento.

Palavras-chave: Otimização; Vibração, Energia mecânica específica, Rotação, Perfuração.

REFERÊNCIAS

AHMADIAN, H.; NAZARI, S.; JALALI, H. Drillstring Vibration Modeling Including Coupling Effects. **IUST International Journal of Engineering Science**, v. 18, n. 3, p. 59–66, 2007.

AL DUSHAISHI, M. F. et al. Selecting optimum drilling parameters by incorporating vibration and drilling efficiency models. **SPE/IADC Drilling Conference, Proceedings**, v. 2016- Janua, 2016.

BARBOSA, L. F. F. M. et al. Machine learning methods applied to drilling rate of penetration prediction and optimization - A review. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 183, n. August, p. 106332, 2019.

BOURGOYNE, A. T.; YOUNG, F. S. A multiple regression approach to optimal drilling and abnormal pressure detection. **SPE Reprint Series**, v. 4, n. 49, p. 27–36, 1974.

DUPRIEST, F. E.; KOEDERITZ, W. L. Maximizing drill rates with real-time surveillance of mechanical specific energy. **SPE/IADC Drilling Conference, Proceedings**, p. 185–194, 2005.

FINNIE, I.; BAILEY, J. . J. An Experimental Study of Drill-String Vibration. n. 59, p. 129–135, 1960.

MÁRQUEZ, M. B. S. et al. **Analysis and Control of Oilwell Drilling Vibrations**. [s.l: s.n.].

NASCIMENTO, A. “Mathematical Modeling for Drilling Optimization in Pre-salt Sections: a Focus on South Atlantic Ocean Operations” ANDREAS NASCIMENTO. 2016.

PINHEIRO, Y. S. et al. Conception of a Web Operation System for Processing Petroleum Related Drilling Data: A Focus on Pre-Salt Real-Time Automation and Optimization. **Journal of Software Engineering and Applications**, v. 12, n. 04, p. 61–71, 2019.

TEALE, R. The concept of specific energy in rock drilling. **International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and**, v. 2, n. 1, p. 57–73, 1965.

ZHU, X.; TANG, L.; YANG, Q. A literature review of approaches for stick-slip vibration suppression in oilwell drillstring. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 2014, 2014.