

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

DESENVOLVIMENTO DE COLCHÃO LAVADOR UTILIZANDO ÓLEOS VEGETAIS E TENSOATIVOS PARA REMOÇÃO DE FLUIDO DE PERFURAÇÃO NÃO AQUOSO

AUTORES:

Rayanne Macêdo Aranha ¹; Victória de Lima Mochizuki ²; Fabíola Dias da Silva Curbelo ³; Alfredo Ismael Curbelo Garnica ⁴; Júlio Cezar de Oliveira Freitas ⁵

INSTITUIÇÃO:

¹ Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Química

² Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Química

³ Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Química

⁴ Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Química

⁵ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Instituto de Química

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 8º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 20 a 22 de outubro de 2015, em Curitiba/PR. 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 8º PDPETRO.

OBTENÇÃO DE COLCHÃO LAVADOR A BASE DE TENSOATIVO E ÓLEO VEGETAL PARA REMOÇÃO DE FLUIDO DE PERFURAÇÃO NÃO AQUOSO

Abstract

The operation of cementation is an extremely important stage for the perforation and completion of oil wells. In order to guarantee this operation success, the drilling fluid and the plaster must be completely removed, to avoid the contamination of the cement paste by additives present in it. Because of that, before cementation, intermediate fluids must be injected, named flushing liquid and spacers, that make the well cleansing. Based on that, this work proposes the development of a flushing liquid system based on vegetable oil and surfactant, for future application in the well cementation operation, aiming the removal of plaster formed by non-aqueous perforation fluid and, consequently, improve the adherence of the cement-formation and cement-coating systems. The flushing liquid samples were prepared from the following constituents: surfactant, vegetable oil and aqueous phase. Two types of surfactants were used: one anionic (A) and one non-ionic (B). The oily and aqueous phases were kept fixed, they being: vegetable oil (C) and 2% saline solution in NaCl weight, respectively. After flushing liquid synthesis, removal efficiency tests were made. The most efficient flushing liquid was selected and its rheology was studied. According to the experimental results, the flushing liquid composed by the surfactant A had the best removal percentage (98,48%) and presented a Newtonian fluid behavior. Before that, the realized study proved that the vegetable oil and surfactant based flushing fluid system is an attractive alternative for the removal of non-aqueous perforation fluid.

Introdução

Ao longo do processo de perfuração de poços de petróleo são circulados fluidos, denominados *fluidos de perfuração*, de forma a garantir uma operação favorável e segura. Após esse processo, desce uma coluna de revestimento e o espaço anular existente entre o revestimento e a parede do poço é preenchido com uma pasta de cimento, dando início a etapa de cimentação que, por sua vez, pode ser classificada em primária e secundária. [THOMAS, 2004]

A operação de cimentação é uma etapa de extrema importância para as fases de perfuração e completação de poços de petróleo. O seu objetivo principal é unir a tubulação de revestimento com a parede do poço garantindo, dessa forma, a estabilidade estrutural da formação e prevenindo a infiltração de fluidos indesejáveis que podem ser corrosivos. [DE ALBUQUERQUE, 2014]

Para que a cimentação seja bem sucedida deve-se garantir que o fluido de perfuração e o reboco tenham sido removidos. Com esse propósito, antes da cimentação em si, injeta-se fluidos intermediários, chamados de “colchões”, sendo eles o colchão lavador e espaçador. O primeiro remove o reboco, protege o cimento de possíveis contaminações por aditivos presentes no fluido de perfuração e prepara a parede do poço para uma melhor aderência do cimento. Já o segundo, comporta-se como uma barreira física que busca minimizar o contato entre o fluido de perfuração e a pasta de cimento, evitando que esta se contamine. [DE ALBUQUERQUE, 2014]

Baseado nisso, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de colchão lavador a base de tensoativo e óleo vegetal, para futura aplicação na operação de cimentação de poços de petróleo, com a finalidade de remover o reboco formado por fluido de perfuração não aquoso e, consequentemente, melhorar a aderência dos sistemas cimento-formação e cimento-revestimento.

Colchão lavador

Em uma definição mais formal, de acordo com CAMPOS (2001), “colchão lavador é o fluido deslocado à frente da pasta de cimento, durante a operação de cimentação de poços, com a função de remover o fluido de perfuração e melhorar a aderência cimento-formação e cimento-revestimento”.

A Figura 1 ilustra a atuação dos fluidos durante a cimentação.

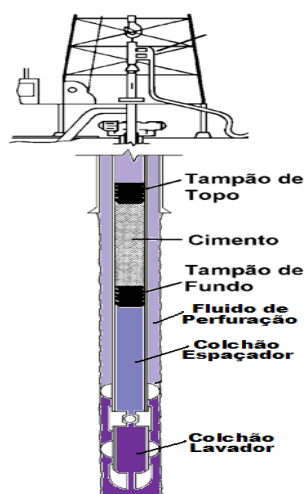


Figura 1: Esquema de utilização do fluido de perfuração, cimento e colchões no poço. [DE LIMA, 2012]

Na cimentação, o colchão lavador é o único fluido que apresenta comportamento newtoniano. Todos os outros fluidos, a saber, a lama de perfuração, o colchão espaçador e a pasta de cimento, apresentam comportamento não newtoniano, ou seja, suas viscosidades variam em função da taxa de deformação. [DE ALBURQUERQUE, 2014]

A mistura de tensoativos e óleo vegetal, proposta por este trabalho, pode otimizar a remoção, visto que o colchão lavador interage quimicamente com o fluido de perfuração. Os tensoativos são substâncias naturais ou sintéticas que possuem em sua estrutura química grupos polares (hidrofílicos), com afinidade pela água, e grupos apolares (hidrofóbicos) com afinidade por compostos orgânicos (entre eles, óleo). Quanto à classificação, podem ser divididos em dois grupos de acordo com a natureza da porção hidrofílica: iônicos (aniônicos, catiônicos e anfóteros) e não iônicos. [MITTAL, 1979]

Metodologia

Seleção do fluido de perfuração

Foi selecionado um fluido de perfuração não aquoso utilizado em operação de perfuração de poços *onshore* do Estado do Rio Grande do Norte. A amostra de fluido foi, gentilmente, cedida pelo LabCim (Laboratório de Cimentos) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Síntese do colchão lavador

O colchão lavador preparado, no volume total de 200 mL, constitui-se, basicamente, de: *óleo vegetal, solução de tensoativo e fase aquosa*. A partir disso, foram realizados 25 experimentos (20 experimentos iniciais e mais 5 posteriores) que se diferenciaram entre si pela proporção *volume da solução de tensoativo (mL)/ volume de óleo (mL)*, pelo tensoativo empregado e por sua concentração em fase aquosa.

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

Foram utilizados dois tensoativos: *tensoativo A* (*aniônico*) e *tensoativo B* (*não iônico*). O óleo vegetal foi denominado: *óleo C*; a fase aquosa: solução salina de 2% em peso NaCl.

Tabela 1: Formulações do colchão lavador estudadas.

Tensoativo	$V_{\text{tens}} \text{ (mL)} / V_{\text{óleo}} \text{ (mL)}$	$C_{\text{tens}} \text{ (g/L)}$
A	100/100	12
		16
		20
		25
		30
	180/20	12
		16
		20
		25
		30
	80/120	12
		16
		20
		25
		30
B	100/100	12
		16
		20
		25
		30
	180/20	12
		16
		20
		25
		30

Em recipiente adequado, misturou-se a solução de tensoativo com o óleo vegetal obtendo-se o colchão lavador, e a partir daí iniciaram-se os testes de remoção.

Teste de Eficiência de remoção

O teste foi realizado conforme descrito no teste M12, intitulado Determinação da eficiência de colchões para cimentação de poços de petróleo, contido no PROCELAB (Procedimentos e Métodos de Laboratório destinados à Cimentação de Poços Petrolíferos) [CAMPOS, 2001].

Após o teste, realizou-se a contagem dos quadrados limpos na janela de visualização, fixada num béquer de 250 mL, e composta de 66 quadrados, cada um com 1 cm² de área.

A área de remoção do fluido de perfuração (A_{limpa}) é dada pelo produto do número de quadrados limpos pela área de um quadrado. Já a eficiência de remoção do fluido de perfuração é obtida pela razão da área limpa pela área total da janela de visualização (66 cm²). Assim, a eficiência pode ser escrita da seguinte forma:

$$\text{Eficiência de remoção} = \frac{A_{limpa}}{66 \text{ cm}^2} = \frac{n^{\circ} \text{ de quadrados limpos} \times 1 \text{ cm}^2}{66 \text{ cm}^2} \quad (1)$$

Portanto, a eficiência de remoção pode ser dada pela equação simplificada abaixo:

$$\text{Eficiência de remoção (\%)} = \frac{n^{\circ} \text{ de quadrados limpos}}{66} \times 100 \quad (2)$$

Estudo reológico

A reologia é o campo da mecânica dos fluidos que se dedica a descrever a deformação de um corpo sob a influência de tensões. Essa ciência estuda as propriedades físicas que influenciam a forma e o fluxo de material, analisando parâmetros de viscosidade, plasticidade e elasticidade, dentre outros. [FOX, 2006]

Para a realização dos testes reológicos utilizou-se o viscosímetro da Fann – Modelo 35 A. O viscosímetro fornece os valores de leituras em graus de deflexão da mola, que é convertido em valores de viscosidade na unidade, *cP* (*poise*).

O colchão foi colocado em um copo e posicionado na base do aparelho, a temperatura ambiente ($T = 27^{\circ}\text{C}$) e submetido a diferentes velocidades, sendo elas : 3, 6, 100, 200, 300, 600 rpm, variando-as de forma decrescente. As leituras foram realizadas em duplicata.

Para calcular a viscosidade do colchão lavador, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\mu = \frac{L_{600}}{2} \quad (3)$$

Em que: L_{600} é a leitura da deflexão a 600 rpm e μ é a viscosidade do colchão lavador, em *cP*.

Para obtenção do gráfico *tensão x taxa de deformação* também foram realizadas medidas no mesmo viscosímetro, seguindo a Norma PETROBRAS N-2605, da seguinte forma:

- i) Após 2 minutos a partir do ligamento do aparelho a velocidade de 600 rpm é lido o valor de θ_{600} , isto é, a deflexão a 600 rpm;
- ii) Altera-se a velocidade para 300 rpm, após 15 segundos, ler θ_{300} .
- iii) Reduzir a velocidade para 200 rpm, esperar estabilizar e ler θ_{200} . Repetir para as velocidades de 100, 6 e 3 rpm, fazendo suas leituras.

Resultados e Discussão

Teste de remoção

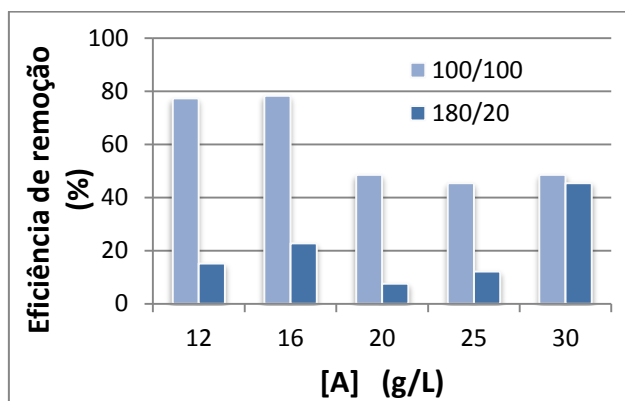


Figura 2: Eficiência de remoção do colchão lavador obtido com o tensoativo A.

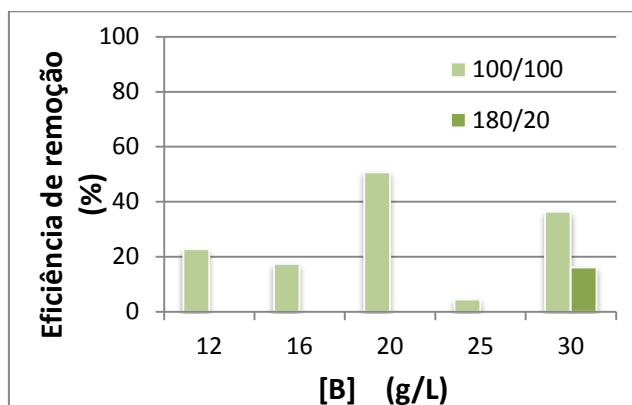


Figura 3: Eficiência de remoção do colchão lavador obtido com o tensoativo B.

As figuras 2 e 3 mostram os resultados obtidos no que diz respeito à eficiência dos colchões sintetizados na remoção do fluido de perfuração, em que para as proporções 180/20 (Fig. 3) alguns colchões não obtiveram remoção.

É possível observar que o colchão sintetizado com o tensoativo A, aniônico, foi o mais eficiente, atingindo 78,79% de remoção, quando produzido na proporção 100/100 (Fig. 2). Além disso a presença do óleo vegetal C é um fator de grande relevância na eficiência dos colchões, observa-se ao comparar os resultados para as diferentes proporções, 180/20 e 100/100, ou seja, nos colchões com 100 mL de óleo a remoção foi bem mais eficiente.

Para otimizar os resultados obtidos, foram produzidos mais cinco colchões lavadores, proporção 80/120 nas 5 concentrações estudadas (Tabela 1) a base de tensoativo A (Figura 4).

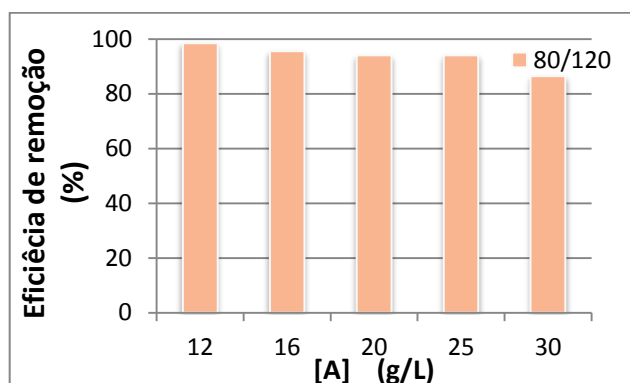


Figura 4: Eficiência de remoção do colchão lavador obtido com o tensoativo A, na proporção 80/120.

O colchão lavador com 80 mL de tensoativo A, concentração de 12 g/L, e 120 mL de óleo C atingiu 98,48% de eficiência na remoção do fluido (Figura 6) e foi o selecionado para a realização dos ensaios reológicos.(Figura 7)



Figura 7: Teste de remoção do colchão lavador selecionado.

Ensaio reológicos

Primeiramente, determinou-se a viscosidade do colchão, ressaltando que foi selecionado aquele que apresentou a melhor eficiência de remoção para prosseguir com os estudos reológicos. Na Tabela 2, estão mostradas as leituras feitas no viscosímetro, utilizadas para calcular o valor da viscosidade, pela equação 4.

Tabela 2: Leituras do ângulo de deflexão.

Temperatura: 80 °F (27 °C)						
Exp.	L ₆₀₀	L ₃₀₀	L ₂₀₀	L ₁₀₀	L ₆	L ₃
1	74,0	35,5	25,0	11,0	0,5	0,0
2	78,5	38,0	27,0	11,0	1	0,0
Média	76,25	36,75	26,0	11,0	0,75	0,0

Logo, a viscosidade (μ) medida foi igual a 38,1 cP ou 0,0381 Pa.s.

Após a medição da viscosidade do fluido, seguindo a Norma PETROBRAS N-2605 conforme descrito no Item 2.4, foi construído o gráfico de *tensão x taxa de deformação* para verificar o comportamento newtoniano do fluido (Figura 8).

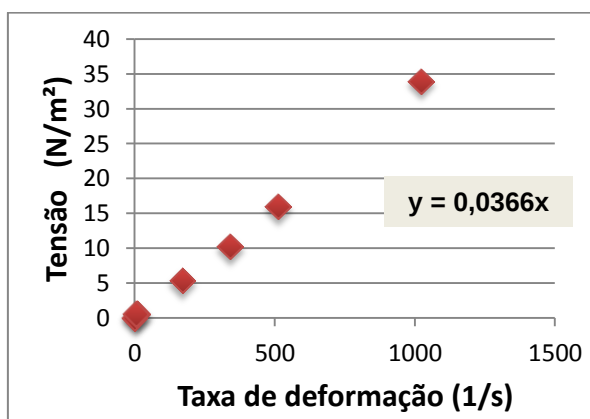


Figura 8: Tensão x Taxa de deformação.

De fato, os dados experimentais revelaram um modelo linear, com a seguinte equação da reta: $y = 0,0366 x$, típico de fluidos newtonianos. Logo, em analogia à lei de Newton (Figura 9), a constante de proporcionalidade é a viscosidade dinâmica, que neste caso *foi de 0,0366 Pa.s ou 36,6 Cp*, comprovando seu valor com a viscosidade determinada a partir dos dados da tabela 2, que foi de *0,0381 Pa.s ou 38,1 cP*.

Conclusões

A eficiência de um colchão lavador é de extrema importância na operação de cimentação, uma vez que a cimentação do revestimento tem reflexos em toda vida produtiva do poço e envolve altos custos. Diante disso, os estudos iniciais realizados comprovaram que o sistema de colchão lavador a base de óleos vegetais e tensoativos é eficiente na remoção de fluidos de perfuração não aquosos.

Constatou-se que a presença do óleo vegetal C no colchão lavador foi determinante para a remoção do fluido de perfuração não aquoso. Além disso, verificou-se que os tensoativos aniônicos são mais eficientes que os não iônicos na remoção e que o colchão lavador obtido possui o comportamento newtoniano requerido por este tipo de fluido.

Agradecimentos

A Agência Nacional de Petróleo (ANP), a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) pelo apoio financeiro. Ao Laboratório de Cimentos (LabCim), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Ao Laboratório de Petróleo (LaPet), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), local onde foi desenvolvido todo o estudo.

Referências Bibliográficas

CAMPOS, Gilson. Procelab—Procedimentos e métodos de laboratório destinados à cimentação de poços de Petróleo. **M12**, p. 1-3, 2009.

DE ALBUQUERQUE, M. L ; LEAL, R. A. V. de L. Deslocamento de fluidos newtonianos em poços de petróleo horizontais não retilíneos. Disponível em < http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=15831@1 >. Data de acesso: 10 de setembro de 2014.

DE LIMA, Flávia Melo. Desenvolvimento de sistemas de colchões para aplicação em poços perfurados com fluidos de perfuração não aquosos. 2012.

FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T.; PRITCHARD, Philip. **Introdução à mecânica dos fluidos**.

MITTAL, Kashmiri Lal (Ed.). **Solution chemistry of surfactants**. Springer Science & Business Media, 2012.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de engenharia de petróleo**. Interciência, 2004.