

## ESTUDO DA ESTABILIDADE TÉRMICA DE ADITIVOS E FLUIDOS DE PERFURAÇÃO POLIMÉRICOS PARA POÇOS DE PETRÓLEO

Mábia Silva de Sena; Marcella Costa Araújo Aragão

1 Universidade Federal de Campina Grande, mabia\_ruana@hotmail.com

2 Universidade Federal de Campina Grande, marcella.may@hotmail.com

### Introdução

O fluido de perfuração consiste em uma fase dispersante e em uma fase dispersa. Os fluidos são classificados de acordo com sua fase dispersante em fluidos à base de gás, fluidos à base de óleo, fluidos à base de água e fluidos sintéticos. Os fluidos poliméricos apresentam como fase dispersante a água.

Recentemente, com as grandes descobertas de reservas de petróleo em grandes profundidades, as empresas responsáveis pela perfuração se deparam com reservatórios de grandes profundidades e poços de geometria complexa, onde são mais frequentes altas temperatura e pressão, sendo necessário manter a estabilidade do poço. O método utilizado para manter o poço estável é a utilização de fluidos especialmente desenvolvidos, como os fluidos à base de óleo, que começam a entrar em desuso em virtude dos graves problemas ambientais gerados pelo seu descarte, e os fluidos sintéticos, que embora sejam menos tóxicos têm como desvantagem seu elevado custo (Morton *et al.*, 2005). Em vista destes problemas, surge a necessidade do desenvolvimento de fluidos aquosos, a exemplo dos fluidos aquosos aditivados com aditivos poliméricos, também chamados de fluidos poliméricos, que possam ser utilizados em perfurações profundas e também serem ambientalmente seguros.

De acordo com Duarte (2004), a seleção e a utilização de um fluido de perfuração adequado tem representado um importante papel técnico e econômico na perfuração de um poço. Vários aditivos, como lubrificante, anti-espumante, viscosificante, redutor de filtrado, inibidor de argilas hidratáveis ou expansivas, controlador de pH, selante e bactericida, são utilizados na composição do fluido. Cada aditivo tem uma função específica, sendo o custo do fluido de perfuração diretamente proporcional à quantidade e tipos de aditivos utilizados. Ainda que responsável por uma significativa porcentagem dos custos da perfuração de poços, um fluido de perfuração adequado pode significar grande economia se evitar alguns dos problemas de instabilidade, normalmente encontrados.

Com isso, esse trabalho tem como objetivo avaliar a estabilidade térmica de aditivos e fluidos de perfuração poliméricos para poços de petróleo, por meio da determinação das propriedades reológicas (viscosidades aparente e plástica, limite de escoamento e força gel) e de filtração (volume de filtrado e espessura do reboco).

### Metodologia

Para preparação dos fluidos de perfuração e das suspensões foram utilizados os aditivos poliméricos goma xantana, utilizado como viscosificante, e o CMC de baixa viscosidade, utilizado como redutor de filtrado. Também foram utilizados os seguintes aditivos: anti-espumante, controlador de pH, inibidores de argilas expansivas, bactericida, lubrificante e selante.

Os fluidos poliméricos foram preparados segundo prática de campo que consiste em adicionar à água os aditivos individuais sob agitação constante. Os aditivos foram adicionados a 350

mL de água, sob agitação constante, a uma velocidade de 17.000 rpm em agitador Hamilton Beach, modelo 936.

O estudo reológico dos fluidos de perfuração e das suspensões dos aditivos poliméricos foi realizado em viscosímetro Fann 35A. Após repouso de 24h, o fluido foi agitado durante 5min em um agitador mecânico Hamilton Beach, modelo 936 na velocidade de 17.000 rpm. Logo após a agitação, o fluido foi transferido para o recipiente do viscosímetro com combinação R1 B1 e mola de torção F1, sendo R1 o raio do cilindro externo e B1 o raio do cilindro interno do viscosímetro com valores respectivamente de 1,8415 e 1,7245cm, F1 é a constante da mola com valor igual a 1 (Machado, 2002). Neste equipamento, seis valores de torque foram lidos com taxas de cisalhamento variando de 5,1 a 1022s<sup>-1</sup>. O viscosímetro foi acionado na velocidade de 600rpm durante 2min e efetuada a leitura. Logo após, mudou-se para a velocidade de 300rpm, efetuando a leitura após 15s. Novamente, foi mudada a velocidade para 200rpm, após a estabilização do sistema, realizou-se a leitura. O mesmo procedimento foi utilizado para as velocidades de 100, 6 e 3rpm. Essas leituras foram úteis para análise das curvas de fluxo e viscosidade dos fluidos. Para obtenção da força gel inicial, o fluido foi colocado na velocidade de 600rpm durante 15s, em seguida, permaneceu em repouso durante 10s. Logo após, acionou-se o viscosímetro na velocidade de 3rpm efetuando-se a leitura. Para a obtenção da força gel final, o fluido foi deixado em repouso durante 10min e, logo após, foi efetuada a leitura na velocidade de 3rpm.

Com os dados das leituras obtidas no viscosímetro, calculou-se a viscosidade aparente (VA), a viscosidade plástica (VP), o limite de escoamento (LE) segundo a norma N-2605 (PETROBRAS, 1998) e a força gel (FG).

O volume de filtrado dos fluidos foi determinado em filtro-prensa API (Figura 5) com aplicação de uma pressão da ordem de 100psi (7,0kgf/cm<sup>2</sup>). Após 30min, o volume de filtrado coletado foi medido em mL.

Para determinação da espessura do reboco, foi utilizada a metodologia desenvolvida por Farias (2005) no LABDES/UFCG (Laboratório de Referência de Dessalinização) baseada na norma API 13B-1 (2003), com auxílio de um extensômetro. Essa metodologia consiste nas etapas apresentadas a seguir:

- coletar o papel de filtro com o reboco após a realização do ensaio para determinação do volume do filtrado;
- lavar o papel de filtro por três vezes a uma vazão de aproximadamente 110L/h com o auxílio de um recipiente de nível constante com vazão regulável, a uma distância de aproximadamente 7,0cm do controlador de vazão que tem diâmetro de 15,0mm e um ângulo de ataque do fluxo da água de aproximadamente 45°;
- colocar papel de filtro com o reboco entre duas lâminas de vidro e aplicar uma pressão de aproximadamente 277,6N/m<sup>2</sup> por um período de 2min e
- medir a espessura do reboco com o auxílio de um extensômetro.

Foram feitas cinco medidas das espessuras das lâminas de vidro e do papel com o reboco em pontos distintos. Após obtenção das medidas, foi feita uma média aritmética das cinco determinações.

Os fluidos poliméricos foram submetidos ao envelhecimento em forno rotativo *Roller over*, da marca Fann modelo 704 ES, nas temperaturas de 200°F (≈ 93°C), 225 °F (≈ 107 °C) e 250°F (≈ 121°C), por 16h, e as suspensões contendo os aditivos nas temperaturas de 200°F (≈ 93°C) e 225 °F (≈ 107 °C), também por 16h.

## Resultados e discussão

As curvas de fluxo e de viscosidade dos fluidos de perfuração estudados antes e após envelhecimento nas temperaturas de 200°F (≈ 93°C), 225 °F (≈ 107°C) e 250°F (≈ 121°C) foram obtidas após tratamento matemático com a média das leituras L600, L300, L200, L100,

L6 e L3 obtidas no viscosímetro Fann 35A e a partir das equações matemáticas que melhor representaram o comportamento reológico dos fluidos. Observou-se que todos os fluidos apresentaram comportamento reológico de fluidos pseudoplásticos.

As curvas mostram que as viscosidades dos fluidos diminuem com o aumento da taxa de cisalhamento, caracterizando mais uma vez o comportamento de sistemas pseudoplásticos. A redução de viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento deve-se, provavelmente, ao fato das partículas dispersas nos sistemas pseudoplásticos, em repouso, se apresentam de formas irregulares (placas planares, filamentos e gotas), proporcionando ao fluido uma alta resistência ao fluxo, caracterizada pela alta viscosidade. Com o aumento do cisalhamento, essas partículas tendem a se orientar linearmente na direção do fluxo, reduzindo a viscosidade (MELO, 2008).

Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtidos foram em torno de 0,999, valor muito próximo de 1, que representa uma ótima correlação dos dados experimentais com o modelo matemático proposto.

O índice do comportamento de fluxo ( $n$ ) foi em torno de 0,49. Este índice indica o quanto o comportamento de fluxo do fluido se afasta do comportamento Newtoniano; fluidos com valores próximos da unidade apresentam comportamento próximo de um fluido Newtoniano. O índice de consistência do fluido ( $k$ ) variou de 0,839 a 7,803. Este índice indica o grau de resistência do fluido ao escoamento; quanto maior o valor de  $k$ , mais consistente será o fluido, ou seja, maior sua viscosidade.

Comparando os resultados obtidos antes e após o envelhecimento dos fluidos nas temperaturas de 200°F ( $\approx 93^\circ\text{C}$ ), 225°F ( $\approx 107^\circ\text{C}$ ) e 250°F ( $\approx 121^\circ\text{C}$ ), foi observado após o envelhecimento à 200°F um pequeno acréscimo nos valores das propriedades reológicas VA e VP. Esse comportamento provavelmente é decorrente por formações de interações cruzadas (*Cross linking*) entre os polímeros (o viscosificante e o redutor de filtrado, que são compostos pela goma xantana e o carboximetilcelulose de baixa viscosidade, respectivamente), devido principalmente à estrutura da goma xantana, que por ter uma estrutura ramificada, pode facilitar a formação de ligações cruzadas.

Com o envelhecimento à temperatura de 225°F e 250°F observou uma redução nos valores de VA e VP, que deve ser decorrente de uma maior mobilidade da água perante a camada de solvatação dos polímeros, já que o aquecimento a uma temperatura mais elevada pode promover um rearranjo das estruturas moleculares dos polímeros, de modo a minimizar a energia de solvatação possivelmente destruindo as ligações de hidrogênio existentes entre eles e formando uma pequena camada de solvatação de moléculas de água livres, diminuindo a interação polímero-polímero e, conseqüentemente, diminuindo a viscosidade.

### Conclusões

Com o objetivo de avaliar a estabilidade térmica de aditivos e fluidos de perfuração poliméricos para poços de petróleo, pôde-se concluir que: todos os fluidos estudados apresentam comportamento reológico característicos de fluidos pseudoplásticos; o envelhecimento dos fluidos nas temperaturas de 200°F ( $\approx 93^\circ\text{C}$ ), 225°F ( $\approx 107^\circ\text{C}$ ) e 250°F ( $\approx 121^\circ\text{C}$ ) proporcionou um aumento pouco acentuado nas propriedades reológicas e uma diminuição nas propriedades de filtração; os fluidos poliméricos estudados são estáveis até a temperatura máxima estudada (250°F ( $\approx 121^\circ\text{C}$ )) e os aditivos apresentaram boa estabilidade térmica até a temperatura de 225°F ( $\approx 107^\circ\text{C}$ ).

**Palavras-Chave:** Fluidos de perfuração; polímeros; propriedades reológicas e de filtração.

### Referências

DUARTE, R.G. **Avaliação da Interação folhelho-fluido de perfuração para estudos de estabilidade de poços.** Dissertação de mestrado. Pontifícia universidade católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia civil. 2004.

MELO, K. C., **Avaliação e Modelagem Reológica de Fluidos de Perfuração Base Água.** Dissertação de Mestrado. Mestrado em Engenharia Química, UFRN, Natal, RN, Setembro, 2008.

MORTON K., Chevron Energy Technology Co.; B. Bomar, M. Schiller, J. Gallet and S. Azar, Chevron Exploration Production Co.; W. Dye, K. Daugereau, N. Hansen, M. Otto, R. Leaper and L. Shoults, Baker Hughes Drilling Fluids, **Selection and Evaluation Criteria for High-Performance Drilling Fluids**, In: SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 9-12 October, Dallas, TEXAS 2005.

PETROBRAS, **Ensaio de Viscosificantes para Fluido de perfuração Base de Água na Exploração e Produção de Petróleo.** Método, N-2605,1998.