

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO ENVELHECIMENTO NA ESTABILIDADE E NA REOLOGIA DE PROPRIEDADES DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO BASE ÁGUA

AUTORES:

Eduardo Lins de Barros Neto
Afonso Avelino Dantas
Klismeryane Costa de Melo
André Luis Lopes Moriyama

INSTITUIÇÃO:

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 5º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 5º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 15 a 22 de outubro de 2009, em Fortaleza-CE. 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 5ºPDPETRO.

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO ENVELHECIMENTO NA ESTABILIDADE E NA REOLOGIA DE PROPRIEDADES DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO BASE ÁGUA

Abstract

The success of an oil well drilling depends, among others things, of the characteristics of the drilling fluid used. This fluid is basically a mixture of different chemical additives in a dispersing agent which could be water, oil or even air. The choice of the drilling fluid is made in accordance with the environmental requirements and the formations' characteristics. The extensive use of water as a dispersing agent could be justified for its low toxic nature when compared to other compounds of the same use, as oil diesel and n-paraffin, for example. The drilling fluids where water is the dispersing agent are called water base drilling fluid. One of the disadvantages of this kind of fluid is its low capability of keeping its properties in high temperatures and pressures which leads to a serious degradation that affects the well drilling progression and increases the costs of it. On that way, the study of the behavior of the drilling fluid when submitted to those conditions (high temperatures and high pressures) becomes very important to the prediction of the well drilling progression. In this paper the main goal is to evaluate the influence of the dynamic aging on the rheologicals properties and stability of water base drilling fluids. The study of the dynamic aging was held in a roller oven where different settings were used. For the rheological analysis the FANN viscometer was used, and for the stability of the system the stability analyzer LUMiSizer was used. Several formulations were tested for the drilling fluids which one containing different amounts of viscosifiers. For this particular study the viscosifiers tested were xantham gum, carboxymethylcellulose and bentonite and the amounts of the others components were choose in accordance with the characteristics of the drilling fluids that are already used in some companies. The analysis of the results obtained from the experiments indicates that both rotation speed and temperature of the dynamic aging have different effects in each formulation tested.

Keywords: drilling fluids; dynamic aging; rheology;

Introdução

Os fluidos de perfuração, também conhecidos como lamas de perfuração, são importantes auxiliares da perfuração de poços de petróleo. O fluido é bombeado pelo tubo que desce com a broca, voltando à superfície com os cascalhos produzidos durante a perfuração. Este fluido precisa ter características muito especiais para que atinja varias finalidades. Algumas dessas finalidades que podem ser citadas são a lubrificação e resfriamento da broca e haste de perfuração, a remoção do cascalho, a suspensão do mesmo durante as paralisações da perfuração, a estabilização das formações do poço, entre outras (THOMAS, 2001).

Estes fluidos nada mais são do que misturas de aditivos químicos, de características diferentes, em meio dispersante, podendo este meio ser água, óleo ou ar.

A escolha do tipo de fluido é feita de acordo com exigências ambientais e com o perfil da formação a ser perfurada. A utilização da água como meio dispersante vem sendo justificada pela

redução do caráter tóxico em relação a outros meios dispersantes, como por exemplo, o óleo diesel, que está fora de uso desde 1980, e a n-parafina. Os fluidos assim formulados são chamados de fluidos de perfuração base água (MELO, 2008).

Uma das desvantagens deste tipo de fluido é sua relativa incapacidade em manter suas propriedades a elevadas temperaturas, sofrendo degradações graves que acabam por prejudicar o andamento da perfuração, aumentando, inclusive, o gasto com aditivos (DARLEY, 1988).

Sendo assim, o estudo sobre seu comportamento quando submetido a condições semelhantes àquelas do poço (pressão e temperatura elevadas) é de suma importância para a previsão do andamento do fluido nas operações de perfuração. No presente trabalho objetiva-se avaliar a influência do envelhecimento dinâmico de fluidos de perfuração base água em suas propriedades reológicas e na estabilidade do sistema.

Metodologia

Este trabalho envolve quatro etapas experimentais, que são a preparação do fluido de perfuração, sua análise reológica e de estabilidade e seu envelhecimento. Nas tabelas 1 e 2 serão mostrados os reagentes e equipamentos utilizados em cada uma dessas etapas com suas respectivas funções e usos.

Reagentes
Goma Xantana
Bentonita
Carboximetilcelulose (CMC)
Polímero catiônico
NaCl
Calcita Branca
Antibactericida
Óxido de Magnésio

Tabela 1 – lista de reagentes utilizados na etapa experimental

Equipamentos	Função ou Uso
Agitador Hamilton Beach	Misturar os componentes
RollerOven Tecnal – TE397	Envelhecer o fluido dinamicamente e estaticamente
Células de Envelhecimento	Armazenar o fluido durante o envelhecimento
Viscosímetro FANN – 35A	Analisar os parâmetros reológicos
Analizador de Estabilidade LUM GmbH - Lumisizer 116	Analisar o grau de sedimentação
Balança Analítica Tecnal – BTEC0210A	Pesar os componentes

Tabela 2 – lista de equipamentos utilizados na etapa experimental com suas respectivas funções

Preparo do Fluido de Perfuração

O tempo de preparo do fluido de perfuração pode variar devido à natureza dos viscosificantes utilizados. Inicialmente, 350ml de água destilada são colocados no copo do agitador para ser misturado com o principal viscosificante. De forma geral, adiciona-se a quantidade que será utilizada de viscosificante à água e então se agita a mistura durante 15 minutos a 18000RPM no agitador Hamilton Beach. Após a agitação, a mistura é deixada em repouso por 24h para que ocorra a completa hidratação da molécula do polímero, fator primordial para o desempenho do viscosificante. Logo após a hidratação os outros componentes do fluido são adicionados à mistura. Utiliza-se a mesma potência de agitação, no entanto, é dado um intervalo de 10 minutos entre a adição de cada componente para garantir um bom grau de mistura (AMORIM, 2002). A quantidade de cada componente específico é a

mesma para todos os fluidos, alterando-se apenas o viscosificante utilizado. Na Tabela 2 é mostrada a composição de cada fluido.

Fluido	Viscosificante	Componentes em Comum
FP I	3g CMC	15,75g NaCl + 10g Calcita Branca
FP II	3g Goma Xantana	+ 6g Polímero Catiônico + 1g Óxido de
FP III	17,5g Bentonita	Magnésio + 4 gotas Antibactericida

Tabela 3 – composição dos fluidos estudados

Análise Reológica

A análise reológica dos fluidos é feita antes e após o envelhecimento. Para tal, é utilizado o viscosímetro FANN que utiliza o sistema de cilindros coaxiais e fornece leituras do grau de torção para diferentes rotações (L_{600} , L_{300} , L_{200} , L_{100} , L_6 e L_3 , que representam a leitura da torção às velocidades de 600, 300, 200, 100, 6 e 3 RPM, respectivamente).

Antes da medição o fluido é agitado durante 5 minutos após ter sido deixado em repouso até atingir a temperatura ambiente. Em relação à medida, o cisalhamento é mantido até que a leitura se torne estável. Em casos em que isso não aconteça, são tomadas as medidas referentes ao pico, sendo o ensaio realizado de acordo com a norma X da API. Com os valores para cada rotação se pode determinar a viscosidade plástica, aparente, e o limite de escoamento. As medições da força gel inicial e final são feitas se observando o valor máximo do ângulo obtido na velocidade de 3RPM após o fluido ter sido deixado em repouso por 10 segundos e 10 minutos, respectivamente, de acordo com a norma N-2605 (AMORIM, 2005).

Os parâmetros reológicos são calculados através de fórmulas simples que envolvem as medições dos ângulos de torção, o que é mostrado na tabela 3. Essas fórmulas são estabelecidas pela norma N-2605 da PETROBRAS.

Propriedade	Fórmula	Unidade
Viscosidade Aparente (VA)	$L_{600}/2$	Centipoise (cP)
Viscosidade Plástica (VP)	$L_{600} - L_{300}$	Centipoise (cP)
Limite de Escoamento (LE)	$L_{300} - VP$	lbf/100ft ²
Gel Inicial (GI)	L_3 após 10s	lbf/100ft ²
Gel Final (GF)	L_3 após 10min	Lbf/100ft ²

Tabela 4 – fórmulas para cálculo das propriedades reológicas baseadas nas medições do viscosímetro FANN

Análise de estabilidade

A análise de estabilidade é feita antes depois do envelhecimento. O equipamento utilizado para a análise é o analisador de dispersões Lumisizer. Ele funciona com uma centrífuga, permitindo o controle da temperatura e da rotação do sistema, e emite e registra a transmissão de espectros de infravermelho ao longo de uma cubeta, o que possibilita a análise da movimentação do menisco. O seu princípio é o mesmo utilizado em sedimentações estáticas, no entanto, a utilização da centrífuga permite obter resultados de forma mais rápida, acelerando o processo de sedimentação em até 2300 vezes em relação aos testes convencionais (MELO, 2008).

O fluido é agitado durante 5 minutos antes da análise para, então, ser coletada uma pequena amostra que é preenchida na cubeta específica para os testes que serão realizados. A duração do teste é função dos parâmetros determinados, e é cerca de 60 minutos. Os parâmetros escolhidos são listados na tabela 4.

Parâmetro	Valor
Número de Perfis	255
Intervalo entre cada perfil	14 segundos
Rotação	1500 RPM
Fator de Luz	1,0
Temperatura	25°C

Tabela 5 – Parâmetros de funcionamento do analisador de dispersões Lumisizer

Envelhecimento

O envelhecimento do fluido de perfuração é feito no Rolleroven da Tecnal. Basicamente, o fluido é inserido na célula de envelhecimento, após ter sido agitado por 5 minutos, e posicionado no equipamento onde será ajustada a temperatura para 71°C (160°F)(MOHAMMED, 1990, e **DE QUEM TU TIROU ISSO MESMO?**). Baseado nas limitações do equipamento, a rotação pode variar entre 0 e 600RPM. Neste trabalho foram testadas velocidades de 150 e 250RPM. O fluido é deixado no equipamento durante 16h após as quais são realizadas novamente as análises.

Resultados e Discussão

Reologia

As figuras (1), (2) e (3) mostram os resultados experimentais obtidos do efeito do envelhecimento dinâmico nas propriedades reológicas. As condições de envelhecimento descritas, 1, 2 e 3, representam o fluido antes do envelhecimento e após o envelhecimento a 150 e 250 RPM, respectivamente.

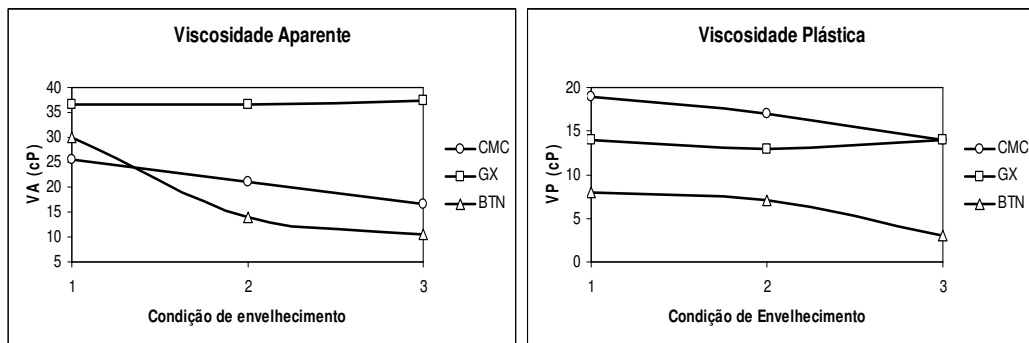


Figura 1 Viscosidade Aparente (A) e Plástica (B): Variação da propriedade para os diferentes fluidos testados nas condições de: 1 – sem ser envelhecido, 2 – envelhecido a 150RPM, e 3 – envelhecido a 250RPM.

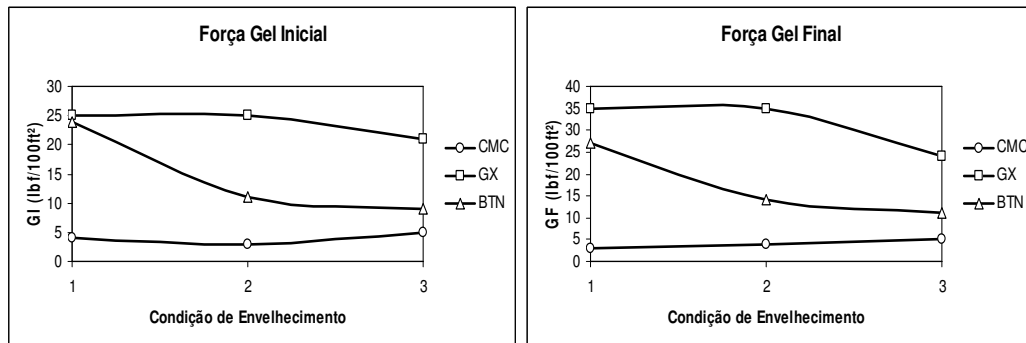


Figura 2 Força Gel Inicial (A) e Força Gel Final (B): Variação da propriedade para os diferentes fluidos testados nas condições de: 1 – sem ser envelhecido, 2 – envelhecido a 150RPM, e 3 – envelhecido a 250RPM.

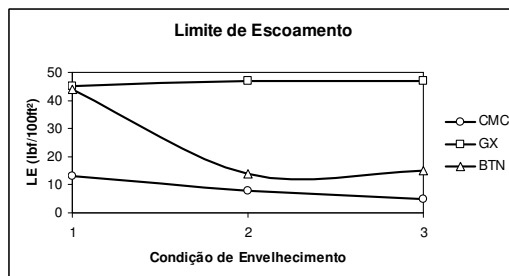


Figura 3 Variação do limite de escoamento para os diferentes fluidos testados nas condições de: 1 – n 2 – envelhecido a 150RPM, e 3 – envelhecido a 250RPM.

Verificou-se que, independente da velocidade de rolamento, o fluido formulado com Goma Xantana manteve a maioria de suas propriedades reológicas, não havendo nenhuma mudança significativa na maioria delas, sendo a sua Força Gel Final a exceção. A mesma sofreu um decaimento brusco após o envelhecimento a 250 RPM.

Para os fluidos à base de CMC e Bentonita foi verificado um decaimento progressivo de suas propriedades reológicas com o envelhecimento, que se mostrou mais expressivo com o aumento da velocidade de rolamento. O fluido à base de bentonita se mostrou mais sensível ao envelhecimento dinâmico que o formulado com CMC, assumindo valores de Viscosidade Aparente menores que os do CMC mesmo para 150RPM.

Estabilidade

Os resultados experimentais referentes ao efeito do envelhecimento dinâmico na estabilidade do sistema são mostrados nos gráficos das figuras (4) e (5). Assim como o constatado para as propriedades reológicas, o fluido preparado com Goma Xantana se mostrou o mais termicamente estável entre os três analisados, independente do cisalhamento imposto, não havendo nenhuma modificação em seu grau de sedimentação, ou seja, não houve movimentação do menisco durante o período de análise. Em relação ao fluido preparado com bentonita, foi constatado que, mesmo antes do envelhecimento, o fluido já se mostrava bastante instável, atingindo elevados graus de sedimentação ao fim de cada análise. O menisco atingia o nível máximo de compactação rapidamente. Este comportamento se manteve com a mesma intensidade após o envelhecimento.

O fluido preparado com CMC apresentou um comportamento intermediário, se mostrando relativamente estável antes do envelhecimento e perdendo esta característica proporcionalmente ao cisalhamento imposto durante o envelhecimento. Percebe-se que a movimentação do menisco se dá suavemente, no caso da velocidade de 250RPM o limite de sedimentação só foi atingido ao fim do tempo de análise.

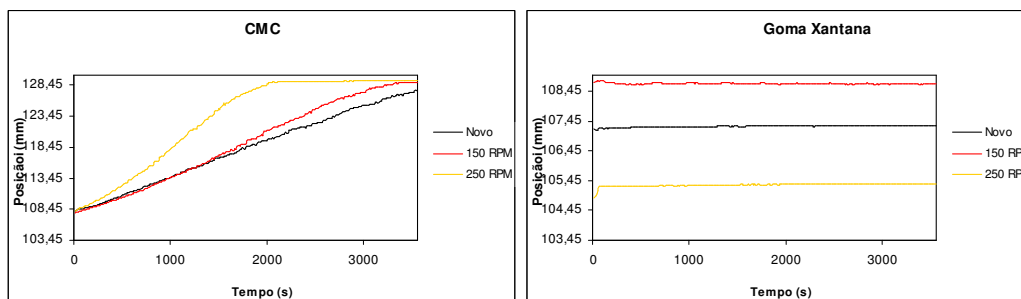


Figura 4 – Variação da estabilidade para os diferentes fluidos testados

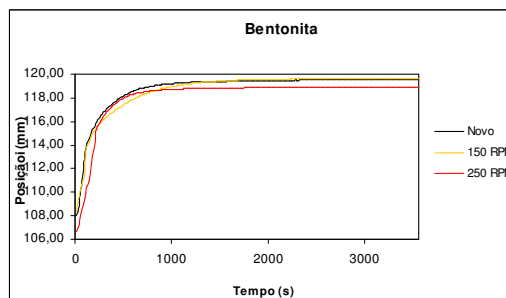


Figura 5 – Variação da estabilidade para os diferentes fluidos testados

Conclusões

Com os resultados obtidos se pode concluir que fluidos utilizando Goma Xantana como principal viscosificante são termicamente mais estáveis em relação à reologia, sofrendo baixos níveis de degradação mesmo com a rotação mais elevada estudada. Ambos os fluidos formulados com CMC e Bentonita possuem uma perda considerável de suas características reológicas, com o fluido preparado com bentonita sendo o mais sensível entre eles.

Em relação à estabilidade, o fluido preparado com Goma Xantana se mostrou novamente o mais termo-resistente, não sofrendo nenhum decaimento após o envelhecimento. O fluido onde a bentonita atua como principal viscosificante possui baixa estabilidade mesmo antes do envelhecimento, atingindo o grau máximo de compactação rapidamente, de forma que não se pode concluir, através dos experimentos realizados, se há uma queda em sua estabilidade devido ao envelhecimento. É de se esperar, no entanto, que isto seja verificado devido à relação entre a reologia do fluido e seu grau de sedimentação. O fluido contendo CMC como principal viscosificante mostrou um aumento em seu grau de sedimentação proporcional ao cisalhamento aplicado durante o envelhecimento.

Dessa forma, verifica-se que os fluidos à base de água que utilizam CMC e Bentonita são altamente suscetíveis à degradação térmica e o aumento do cisalhamento contribui significativamente para esta degradação, enquanto que os fluidos que utilizam Goma Xantana possuem um nível de degradação desprezível, sendo, portanto, aconselhável o seu uso em perfurações que atinjam temperaturas mais elevadas, já que seu baixo nível de degradação geraria gastos de manutenção relativamente menores que os fluidos que utilizam CMC e Bentonita, isso se levando em consideração apenas degradação térmica do fluido. Um trabalho posterior para o estudo da viabilidade técnica da utilização de Goma Xantana como agente termo-estabilizante para fluidos de perfuração à base de água seria interessante.

Agradecimentos

Ao programa ANP PRH-14 e ao Núcleo de Pesquisa em Petróleo e Gás (NUPEG) do Departamento de Engenharia Química da UFRN, pelo incentivo financeiro e técnico imprescindíveis ao desenvolvimento do projeto.

Referências Bibliográficas

- AMORIM, L. V., FARIAS K. V., VIANA J. D., BARBOSA M. I. R., PEREIRA E., K. B., FRANÇA H. L. LIRA, FERREIRA H. C. *Fluidos de Perfuração à Base de Água. Parte I: Efeitos de Aditivações Poliméricas nas Propriedades Reológicas*. Revista Cerâmica. São Paulo, 2005.
- AMORIM, L. V.; GOMES, C. M.; SILVA, F. L. H.; FERREIRA, H.C. *Comportamento reológico de dispersões de argilas bentoníticas: efeitos do tipo de ferramenta, velocidade e tempo de agitação*. Revista Cerâmica. São Paulo, v. 48, n. 308, p. 234-238, 2002.
- DARLEY, H.C.H.; GRAY, G.R. *Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids*. Fifth Edition, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1988.
- MELO, K. C., *Avaliação e modelagem reológica de fluidos de perfuração base água*. Dissertação de Mestrado, UFRN, Natal, setembro de 2008.
- MOHAMMED S. A., *The effect of high temperature and aging on water-base drilling fluids*, Dissertação de Mestrado, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Arábia Saudita, junho de 1990.
- THOMAS, J. E., organizador. *Fundamentos de Engenharia de Petróleo*. Rio de Janeiro: Interciência, PETROBRAS, 2001