

11º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

AVALIAÇÃO DE FLUIDOS BASE AQUOSA ADITIVADOS COM O TETRAPOLÍMERO AADA100

AUTORES:

Grazielle Lopes¹, Ingrid Vieira^{1,2}, Daniele Cristina de Amorim¹, Jorge Castro¹, Ângelo Marinho Vianna³, Luciana S. Spinelli^{1,4}

INSTITUIÇÃO:

1 Instituto de Macromoléculas (IMA), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil 2 Graduação da Nanotecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil 3CENPES Petrobras – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello 4 Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Programa de Engenharia de Nanotecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

AVALIAÇÃO DE FLUIDOS BASE AQUOSA ADITIVADOS COM O TETRAPOLÍMERO AADA100

Resumo

Diante de todo o desenvolvimento ocorrido durante os últimos anos para os processos de perfuração de poços de petróleo, ainda existe uma demanda significativa por parte da indústria petrolífera, em desenvolver formulações de fluidos de perfuração de base aquosa que possam apresentar maiores desempenho, eficiência e durabilidade em ambientes com altas temperaturas. Diante disso esse trabalho tem por objetivo a aditivação em de diferentes concentrações do tetrapolímero acrilamida (AM), ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfônico (AMPS), cloreto de dimetildialilamônio (DMDAAC), ácido acrílico (AAC) - AADA100, previamente sintetizado em nosso grupo de pesquisa. Os fluidos foram formulados em agitador Hamilton Beach, solubilizando primeiro o tetrapolímero AADA100 nas concentrações de 0,5%, 1,0%, 1,5% por 20 minutos. Em seguida os outros componentes comuns da formulação de fluidos base aquosa foram adicionados. Os ensaios foram realizados para os fluidos antes e após o envelhecimento em estufa de rotativa à 68°C e 80°C por 16 horas. Os parâmetros reológicos (VA, VP, LE, Gi e Gf) foram determinados em viscosímetro rotacional FANN 35A. As densidades dos fluidos foram obtidas utilizando uma balança de lama FANN e os ensaios de filtração foram feitos em filtro prensa LTLP, a temperatura ambiente, pressão de 100psi, sendo o filtrado recolhido por 30 minutos. Os resultados obtidos com os fluidos aditivados com AADA100 mostraram que houve uma melhoria significativa nos valores dos parâmetros reológicos e de volume de filtrado das formulações envelhecidas a 68°C e 80°C, em relação aos encontrados para o fluido padrão (branco), envelhecido nas mesmas condições. A presença do AADA100 não interferiu nos valores de densidade das formulações, ficando todas elas dentro do valor especificado pela norma padrão API (9,0 e 10lb/gal). Esses resultados nos permitem concluir que o tetrapolímero AADA100 apresenta potencial significativo para ser usado como aditivo capaz de melhorar a resistência térmica de fluidos de perfuração de base aquosa, mantendo as características necessárias para que o fluido exerça suas funções em condições mais críticas de perfuração.

Palavras-chave: fluido de perfuração, tetrapolímero, estabilidade térmica

Abstract

In view of all the development that has taken place during the last few years for the drilling processes of oil wells, there is still a significant demand from the oil industry to develop formulations of water-based drilling fluids that can present greater performance, efficiency and durability. in high temperature environments. Therefore, this work aims to additivate at different concentrations of tetrapolymer acrylamide (AM), 2-acrylamido-2-methylpropane sulfonic acid (AMPS), dimethyldiallylammonium chloride (DMDAAC), acrylic acid (AAC) - AADA100, previously synthesized in our research group. The fluids were formulated in a Hamilton Beach shaker, first solubilizing the AADA100 tetrapolymer at concentrations of 0.5%, 1.0%, 1.5% for 20 minutes. Then the other common components of the aqueous based fluid formulation were added. The tests were carried out for the fluids before and after aging in a rotary oven at 68°C and 80°C for 16 hours. The rheological parameters (VA, VP, LE, Gi and Gf) were determined using a FANN 35A rotational viscometer. The fluid densities were obtained using a FANN mud balance and the filtration tests were performed in an LTLP filter press, at room temperature, 100psi pressure, and the filtrate was collected for 30 minutes. The results obtained with the fluids added with

AADA100 showed that there was a significant improvement in the values of the rheological parameters and of the filtrate volume of the formulations aged at 68°C and 80°C, in relation to those found for the standard fluid (white), aged under the same conditions. The presence of AADA100 did not affect the density values of the formulations, all of them being within the value specified by the standard API standard (9.0 and 10lb/gal). These results allow us to conclude that the tetrapolymer AADA100 has significant potential to be used as an additive capable of improving the thermal resistance of water-based drilling fluids, maintaining the necessary characteristics for the fluid to perform its functions in more critical drilling conditions.

Keywords: drilling fluid, tetrapolymer, thermal stability

Introdução

O fluido de perfuração tem importância fundamental em um sistema de exploração de óleo e gás. Eles atuam viabilizando a perfuração de um poço, através de características específicas que possibilitam que a operação ocorra de forma segura e eficiente. Segundo THOMAS *et al* (2001) essas características devem garantir que o fluido seja quimicamente estável; que tenha a capacidade de estabilizar as paredes do poço, que permita uma fácil separação dos cascalhos, e mantenha os sólidos em suspensão quando ocorrer parada de operação.

Os fluidos são classificados de acordo com o constituinte principal da fase contínua, em: fluidos base aquosa, fluidos base oleosa, fluidos sintéticos e fluidos à base de ar. Ao longo dos anos, a utilização de fluidos base aquosa, cuja fase contínua é constituída por água, tem se tornado cada vez mais comum devido a questões ambientais e econômicas. Porém, a aplicação de fluido base aquosa apresenta algumas limitações, principalmente no que diz respeito a perfuração de formações mais profundas, onde a temperatura pode chegar a 200°C ou mais, havendo assim a necessidade de uma alta estabilidade térmica para que essas formulações sejam usadas com sucesso (BAI, YANG, *et al* 2015).

Devido à grande demanda em perfurar poços com alta temperatura e alta pressão (HPHT), principalmente depois da descoberta das reservas de pré-sal, vem se tornando cada vez maior a procura por aditivos poliméricos capazes de conferir a formulação do fluido base aquosa alta resistência a temperatura. Essas pesquisas normalmente se concentram em polímeros sintéticos formados a partir da reação entre três (terpolímero) ou quatro (tetrapolímero) monômeros diferentes (Sepheri *et al* 2018; DAVOODI *et al* 2019).

Diante disso, esse trabalho tem como objetivo obter uma formulação de fluido de perfuração base aquosa que seja capaz de circular em ambientes com altas temperaturas, mantendo suas propriedades inalteradas ou com baixa alteração, por meio da adição de diferentes concentrações do tetrapolímero acrilamida (AM), ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfônico (AMPS), cloreto de dimetildialilamônio (DMDAAC), ácido acrílico (AAC) - AADA100, previamente sintetizado em nosso grupo de pesquisa.

Metodologia

Para a síntese do tetrapolímero AADA100 foi utilizado um balão de 500m, onde foram adicionados 100mL de água destilada, acrilamida (AM), ácido 2-acrilamido-2-metilpropano sulfônico (AMPS) e cloreto de dimetildialilamônio (DMDAAC), nas seguintes proporções molares 0,1/0,03/0,02, respectivamente, sendo o sistema mantido sob agitação para completa solubilização dos reagentes. Posteriormente foram adicionados 0,02mol de ácido acrílico (AAC) e solução 1M de NaOH em quantidade suficiente para ajustar o pH a 7. O meio reacional foi mantido sob agitação constante à 60°C por 1 hora. Após esse período, 0,2% p/v de persulfato de potássio ($K_2S_2O_8$) foi adicionado e o meio

reacional foi mantido sob agitação a uma temperatura de 80°C por 5 horas. Após esse período o material foi precipitado e lavado com acetona, seco em estufa a 50°C, e moído para obtenção do AADA100 em pó.

Utilizando um agitador Hamilton Beach foram preparados, em duplicata, cinco formulações de fluido base aquosa, onde uma dessas formulações foi chamada de fluido padrão (branco) usada como parâmetro de comparação, e as outras quatro formulações foram aditivadas com o tetrapolímero AADA100 nas concentrações de 0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0%p/v, conforme descrito na tabela 1.

TABELA 1 – Formulação dos fluidos base aquosa avaliados

Fluido Aditivos	Padrão (branco)	AADA100 0,5%p/v	AADA100 1,0%p/v	AADA100 1,5%p/v	AADA100 2,0%p/v
Água	350mL	350mL	350mL	350mL	350mL
Goma Xantana	1,5g	1,5g	1,5g	1,5g	1,5g
KCl	16g	16g	16g	16g	16g
HPA	2,0g	2,0g	2,0g	2,0g	2,0g
Lubrificante	7g	7g	7g	7g	7g
Barita	15g	15g	15g	15g	15g
NaOH	qsp	qsp	qsp	qsp	qsp
AADA100	-----	0,5%p/v	1,0%p/v	1,5%p/v	2,0%p/v

Após formulados os fluidos tiveram seus desempenhos avaliados antes e após seu envelhecimento em estufa rotatória nas temperaturas de 68°C e 80°C por 16 horas. As propriedades reológicas (descritas na Tabela 2) foram determinadas utilizando um viscosímetro rotacional FANN 35A, onde foram obtidos os valores de deflexão nas rotações de 600, 300, 200, 100, 6 e 3 rpm. Para o ensaio de filtração utilizou-se um filtro prensa (Ofite), a temperatura ambiente, pressão de 100psi. Após a montagem do equipamento o fluido foi submetido a pressão e o filtrado recolhido por 30 minutos. A densidade específica do fluido foi determinada utilizando uma balança de lama FANN.

Tabela 2 – Parâmetros reológicos obtidos através da viscosidade em viscosímetro Fann 35A

Propriedades	Determinação	Unidade
<i>Viscosidade Aparente (VA)</i>	L600/2	Cp
<i>Viscosidade Plástica (VP)</i>	L600-L300	Cp
<i>Limite de Escoamento (LE)</i>	L300-VP	N/m ²
<i>Gel Inicial (Gi)</i>	Após 10s de repouso	Lbf/100ft ²
<i>Gel Final (Gf)</i>	Após 10 min. de repouso	Lbf/100ft ²

Resultados e Discussão

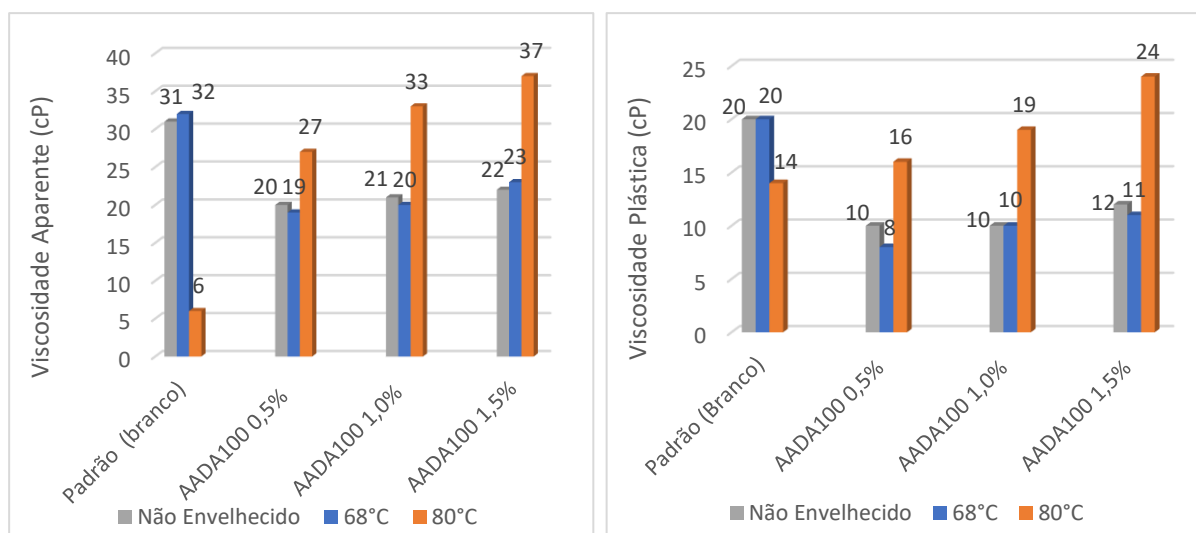
A densidade específica dos fluidos formulados, antes e após o envelhecimento a 68°C e 80°C estão apresentados na Tabela 3 a seguir.

Tabela 2 – Densidades específicas para o fluido padrão e para os fluidos formulados com AADA100

Fluidos	Antes				Após				Após			
	do Envelhecimento				Envelhecimento (68°C)				Envelhecimento (80°C)			
Peso específico (lb/gal)	Padrão (Branco)	0,5%	1,0%	1,5%	Padrão (branco)	0,5%	1,0%	1,5%	Padrão (Branco)	0,5%	1,0%	1,5%
	9,0	9,2	9,1	9,1	9,2	9,0	9,0	9,1	9,0	9,4	9,5	9,5

Todos os fluidos formulados com o tetrapolímero AADA100 apresentaram valores de densidade específica similares ao valor encontrado para o fluido padrão e dentro do especificado pela API. Sendo muito importante ressaltar que, esses valores também se mantiveram após o envelhecimento dos fluidos nas temperaturas de 68°C e 80°C.

Através de ensaios de viscosidade realizados no viscosímetro Fann, foi possível determinar as propriedades reológicas, de todos os sistemas descritos na Tabela 2. Os resultados obtidos para os fluidos, antes e após o envelhecimento, estão apresentados nas Figuras 1 e 2.



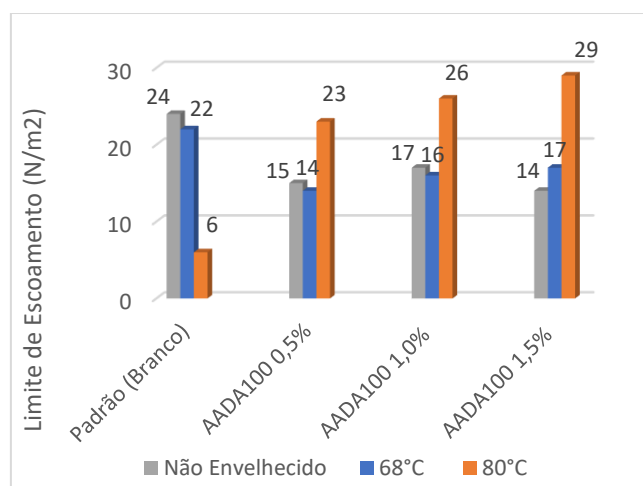


Figura 1 : Gráficos dos valores de Viscosidade plastica (VA) e viscosidade aparente (VP) e limite de escoamento (LE) dos fluidos antes e após o envelhecimento a 68°C e 80°C

Os resultados de parâmetros reológicos obtidos para o fluido padrão (branco) e para os fluidos formulados com AADA100, antes e após o envelhecimento à 68°C e 80°C, demonstraram que o fluido padrão apresentou quedas significativas nos valores referentes aos parâmetros reológicos, principalmente em relação a viscosidade aparente (VA) e ao limite de escoamento (LE) envelhecidos a 80°C. Esses resultados indicam que em temperaturas acima de 68°C, os aditivos presentes na formulação padrão (branco) sofrem degradação, sendo necessária a correção desse fluido, para uma possível reutilização.

Os fluidos aditivados AADA100 apresentaram uma melhora em seus parâmetros reológicos após envelhecimento à 80°C por 16 horas. Os valores das viscosidades aparente (VA) e plástica (VP) aumentaram significativamente em relação aos fluidos envelhecidos à 68°C. Mesmo com valores de viscosidade mais altos, os fluidos envelhecidos à 80°C são considerados adequados para aplicação, uma vez que, valores de VP acima de 10cP são considerados ideais para garantir que os sólidos em suspensão não causem aprisionamento de ferramentas durante as manobras, e valores de VA entre 25 e 35cP irão garantir uma melhor limpeza do poço durante a perfuração.

A mudança mais significativa ocorreu para os valores de limite de escoamento (LE). Todos os valores obtidos estão acima do estabelecido pela API (máximo igual a 15N/m²). Porém, diante do aumento das viscosidades do fluido, era previsto que esse parâmetro sofresse alterações um pouco maiores, pois quanto mais viscoso o fluido maior será a força necessária para que ele consiga escoar.

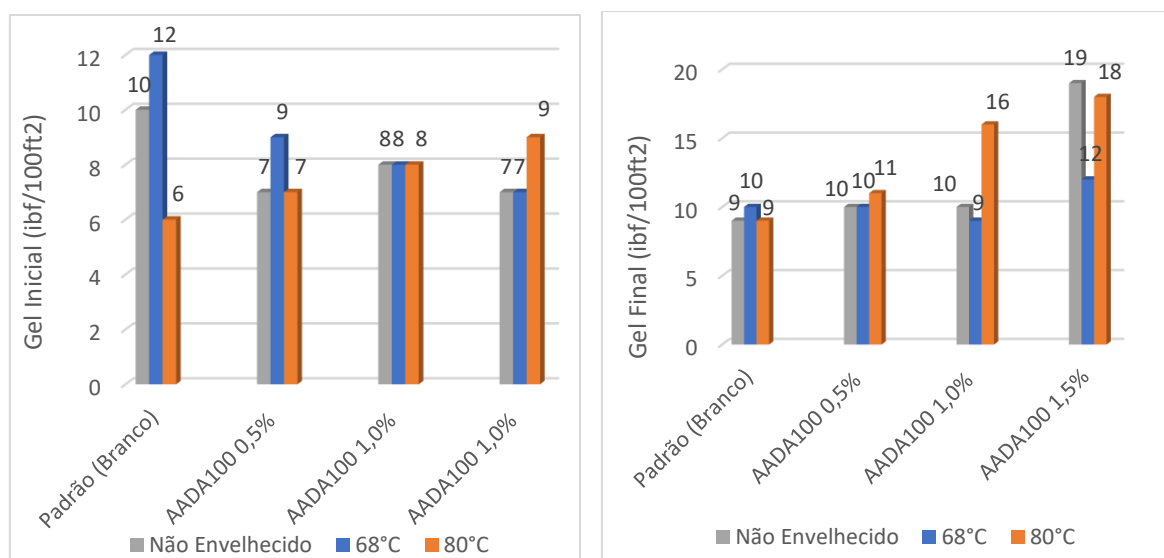


Figura 2 : Gráfico dos valores de Gi e Gf dos fluidos antes e após o envelhecimento a 68°C e 80°C

As forças géis (Gi) e (Gf) não sofreram mudanças significativas após o envelhecimento, permanecendo dentro dos valores especificados pela API. Esses resultados mostram que os fluidos aditivados com AADA100 continuam apresentando, mesmo após envelhecimento em temperaturas mais elevadas, a capacidade de formar rapidamente um gel que sustentará os cascalhos em suspensão quando houver a necessidade de interromper a circulação do fluido, e assim que ocorrer o retorno do bombeio, o gel será rapidamente quebrado e o fluido circulará sem problemas.

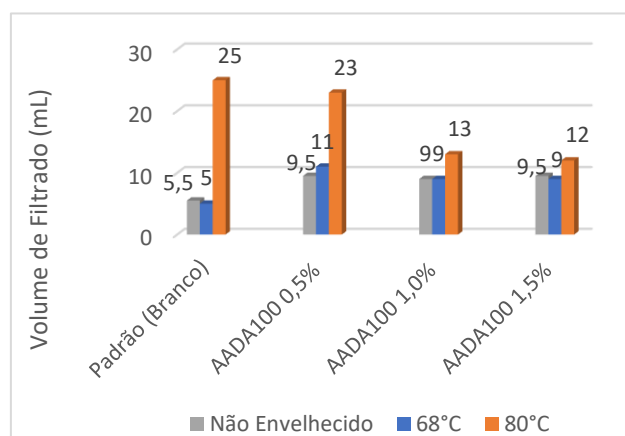


Figura 3 : Gráfico dos valores de filtrado dos fluidos formulados, antes e após o envelhecimento a 68°C e 80°C

A aditivação das formulações de fluidos com o tetrapolímero AADA100 não intensificou sua capacidade redutora de filtrado. Os valores de filtrado obtidos para os fluidos não envelhecidos

e envelhecidos à 68°C ficaram acima dos valores obtidos para o fluido padrão. Porém, mesmo com valores mais altos, as novas formulações continuam dentro da especificação da API ($\leq 18\text{mL}$) podendo ser consideradas eficientes.

Os fluidos formulados com 1,0% e 1,5% de AADA100, após o envelhecimento a 80°C, muito menores do que o volume de filtrado do fluido padrão (branco). Os resultados de volume de filtrado sugerem que em temperaturas mais altas a presença do tetrapolímero AADA100 melhora a impermeabilidade do reboco formado. Isso talvez ocorra pela ação sinérgica do AADA100 com o adensante (barita) e o redutor de filtrado (HPA) garantindo uma maior estabilidade para essa propriedade.

Conclusões

Os resultados obtidos nesse trabalho permitiram concluir que a presença do tetrapolímero AADA100 melhorou significativamente os valores dos parâmetros reológicos dos fluidos envelhecidos à 80°C por 16 hora. A presença do AADA100 não interferiu densidade específica dos fluidos. Os fluidos formulados com 1,0% e 1,5% de AADA100 apresentaram, após envelhecimento à 80°C, inferiores ao volume obtido para o fluido padrão. Pode-se, de uma forma geral, concluir que a presença do tetrapolímero AADA100 na formulação é capaz de melhorar significativamente a resistência térmica do fluido de perfuração base aquosa.

Agradecimentos

CNPq, CENPES/Petrobras pelo apoio financeiro e pela infraestrutura.

Referências Bibliográficas

BAI, X; YANG, Y; XIAO, D; PU, X; WANG, X. Synthesis, characterization, and performance evaluation of the AM/AMPS/DMDAAC/SSS quadripolymer as a fluid loss additive for water-based drilling fluid, **Journal of Applied Polymer Science**, v 132, p. 1-9. DOI: 10.1002/APP.41762

HUANG, Y., ZHANG, D., ZHENG, W. "Synthetic copolymer (AM/AMPS/DMDAAC/SSS) as rheology modifier and fluid loss additive at HTHP for water-based drilling fluids", **Journal of Applied Polymer Science**, v. 136, n. 30, p. 1–12, 2019. DOI: 10.1002/app.47813.

SEPEHRI, S., SOLEYMAN, R., VARAMESH, A., *et al.* "Effect of synthetic water-soluble polymers on the properties of the heavy water-based drilling fluid at high pressure-high temperature (HPHT) conditions", **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 166, n. February, p. 850–856, 2018. DOI: 10.1016/j.petrol.2018.03.055. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.03.055>

THOMAS, J.E. Fundamentos de Engenharia de Petróleo. Rio de Janeiro: Interciência, PETROBRAS. (2001)