

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



TÍTULO DO TRABALHO:

AVALIAÇÃO DO USO ALTERNATIVO DOS SAIS ORGÂNICOS SOBRE AS PROPRIEDADES DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO AQUOSOS

AUTORES:

Felipe C. da Cruz¹, Luciana C. da Silva, Bruno H. A. Pereira e Rosangela C. Balaban

INSTITUIÇÃO:

¹Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte

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.

AVALIAÇÃO DO USO ALTERNATIVO DOS SAIS ORGÂNICOS SOBRE AS PROPRIEDADES DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO AQUOSOS

Abstract

The polysaccharides are used in many industries, among them is the oil, where these polymers are extensively employed in the formulation of drilling fluids, mainly, as rheology modifiers. The flow behavior of a drilling fluid, as well as the volume of the fluid which permeates the rock during the drilling of an oil well, are important properties of the fluid, since they influence the cleanliness and safety of the well, as well as the preservation of the drill. The filtrate volume is a parameter that must be controlled to avoid the formation of a thick cake that reduces the well diameter, as well as the reduction of rock formation permeability due to swelling clays present in the reservoir rock. In this study, the polysaccharides employed were xanthan gum and guar gum. The physicochemical properties attributed to the drilling fluids for the presence of these polymers were evaluated in the presence and absence of different salts such as sodium chloride (NaCl), sodium acetate (CH₃COONa) and sodium formate (HCOONa). Five formulations containing xanthan gum and guar gum in total concentration of 3 lb/bbl and different compositions (0/3; 1/2; 1.5/1.5; 2/1 and 3/0) were prepared. The other additives used were: MgO 0.3 lb/bbl; CaCO₃ 9 lb/bbl and triazine 0.3 lb/bbl. The rheological properties were obtained using a Fann 35A viscometer at 25 °C. The filtrate volume was measured in API press filter at room temperature (25 °C) and 100 psi pressure. The results indicated that the guar gum contributes to the formation of a low permeability cake.

Keywords: Xanthan Gum; Guar Gum; Rheological Properties and Volume of Filtrate.

Introdução

O comportamento de fluxo de um fluido de perfuração, assim como o volume desse fluido que permeia a rocha durante a perfuração de um poço de petróleo, são propriedades importantes do fluido, uma vez que influenciam a limpeza (remoção dos cascalhos) e a segurança do poço, assim como a preservação da broca. O volume de filtrado é um parâmetro que deve ser controlado, de forma a evitar a formação de um reboco espesso, pois este pode reduzir o diâmetro do poço, aprisionar um equipamento por diferencial de pressão e diminuir a permeabilidade da formação rochosa, devido ao inchamento de argilas presentes na rocha reservatório.

Um dos impactos ambientais que podem advir da atividade de perfuração de um poço de petróleo é a agressão sofrida pelo meio ambiente causado pelos resíduos dos fluidos de perfuração, fragmentos das rochas (cascalhos) dispostos em diques de perfuração e/ou percolação de contaminantes para lençóis freáticos (SOUZA; LIMA, 2002).

O cascalho pode ser classificado como um material heterogêneo com concentrações significativas de contaminantes como: hidrocarbonetos, metais pesados e sais solúveis em água. No entanto, suas características físicas e químicas dependem da geologia do local, do fluido de perfuração utilizado além do tipo de broca utilizada na perfuração (GAMA, 2014).

A goma xantana é um polieletrólito que sofre uma mudança em sua conformação na presença de sal, pois ao entrar em contato com o sal ocorre uma blindagem dos grupos iônicos, diminuindo, assim, a repulsão eletrostática. Consequentemente, o seu volume hidrodinâmico e sua viscosidade também diminuem, em virtude da formação de uma estrutura mais compacta. Com a formação dessa estrutura mais compacta, ocorre um favorecimento energético para a formação de agregados moleculares (LOPES, 1989).

A goma guar também sofre influência do sal, através do efeito “salting out”, que representa uma diminuição da solubilidade do polímero devido a um considerável aumento da força iônica do meio. O sal interfere no equilíbrio de uma mistura significativamente, onde os efeitos “salting out” e “salting in” são responsáveis por controlar o processo de solvatação do polímero pelas moléculas de água (BENTO, 2013). A adição de sal aumenta a polaridade do meio aquoso, isso resulta em um aumento do caráter hidrofóbico das cadeias poliméricas. Este aumento do caráter hidrofóbico promove uma maior afinidade entre as cadeias, portanto, elas passam a interagir mais uma com as outras (BENTO, 2013).

Metodologia

Os experimentos foram realizados em três etapas, a fim de se observar o comportamento dos polímeros, goma xantana ($\overline{M}_v = 4,2 \times 10^5$ g/mol) e goma guar ($\overline{M}_v = 5,9 \times 10^5$ g/mol), tanto na ausência quanto na presença de diferentes sais, tais como cloreto de sódio (NaCl), acetato de sódio (CH_3COONa) e formiato de sódio (HCOONa) variando a concentração dos respectivos polímeros.

A primeira etapa consistiu na preparação dos fluidos em estudo, onde se utilizou um misturador Hamilton Beach. A segunda, consistiu na análise reológica dos fluidos em Viscosímetro *Fann* modelo 35-A, a 25 °C. E por fim, na terceira etapa, foi medido o volume de filtrado do fluido em um filtro prensa API Fann, modelo 300, a 100 psi e temperatura ambiente. Todos os procedimentos foram realizados de acordo com a norma API 13B (American Petroleum Institute, API Recommended Practice -13B-1 e 2).

Foram preparadas cinco formulações contendo goma xantana (GX) e goma guar (GG), na concentração total de 3 lb/bbl e em diferentes razões GX/GG (0/3; 1/2; 1,5/1,5; 2/1 e 3/0) e concentração de 10 lb/bbl dos diferentes sais utilizados. A composição dos fluidos em estudo encontra-se listada na Tabela 1.

Os polímeros utilizados foram gentilmente doados pela Petrobras.

Tabela 1: Composição dos fluidos avaliados

[illegible]

Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta as propriedades reológicas das cinco formulações avaliadas, tanto em água doce quanto em salmoura.

Tabela 2: Índice de consistência (K), índice de comportamento (n) e limite de escoamento (LE) das cinco formulações estudadas

	Água doce			NaCl			CH ₃ COONa			HCOONa		
	K(mPa.s ⁿ)	n	LE(mPa)	K(mPa.s ⁿ)	n	LE(mPa)	K(mPa.s ⁿ)	n	LE(mPa)	K(mPa.s ⁿ)	N	LE(mPa)
F1	1845	0,5	4080	1556	0,5	3315	1543	0,5	3060	1759	0,5	3315
F2	3235	0,4	5865	3038	0,4	5610	2700	0,4	5100	3146	0,4	5610
F3	4272	0,3	7140	3764	0,3	6630	3695	0,3	6375	3759	0,3	6630
F4	4560	0,3	7395	4116	0,3	7140	4067	0,3	6885	4335	0,3	7140
F5	8270	0,2	11220	6794	0,2	9945	6726	0,2	9690	6901	0,2	10200

Os resultados obtidos indicam que os fluidos contendo apenas goma xantana (F5) apresentaram maior pseudoplasticidade, tanto na ausência quanto na presença de sal, ou seja, quando a taxa de cisalhamento foi aumentada, a viscosidade foi diminuída de forma mais drástica. Este comportamento resulta da habilidade das moléculas de xantana formarem agregados e interações via ligações hidrogênio mais efetivas que a goma guar, que são gradualmente desfeitos com o cisalhamento, além da orientação molecular (OVIATT JUNIOR; BRANT, 1993).

Com o aumento da concentração de goma xantana, também foram observados aumentos no índice de consistência e no limite de escoamento, confirmando a grande contribuição da goma xantana na formação de estruturas tridimensionais que contribuem para uma maior resistência ao fluxo do fluido. Entretanto, em todos os casos, houve uma redução significativa nas propriedades reológicas com a presença de sal no meio, mesmo quando foi utilizada apenas a goma guar (F1), que não possui cargas em sua estrutura polimérica. Esse resultado foi atribuído à diminuição de solubilidade do polímero no meio aquoso.

A Figura 1 apresenta as curvas de viscosidade para os fluidos estudados. Pode-se observar que as maiores diferenças foram observadas na região de baixa taxa de cisalhamento, onde as interações intermoleculares são mais preservadas e sofrem menos interferências do cisalhamento aplicado.

A Tabela 3 mostra as variações observadas nas viscosidades dos fluidos medidas a 5 s⁻¹. O fluido contendo apenas goma guar sofreu diminuição em sua viscosidade (a maior dentre os fluidos estudados). Esse resultado foi atribuído ao efeito *salting out*, em decorrência de um considerável aumento da força iônica do meio, aumentando as interações polímero-polímero e reduzindo as interações polímero-solvente, resultando em queda na viscosidade. Apesar de a goma xantana ser um polieletrólito e, por isso, ser passível de blindagem das cargas e redução do volume hidrodinâmico com consequente diminuição da viscosidade, a sua menor sensibilidade à salinidade comparada à goma guar foi atribuída à transição conformacional de novelo à hélice dupla seguida de agregação. No caso das misturas, houve uma redução de viscosidade menos significativa, sugerindo interações entre a goma xantana e goma guar que tenham propiciado novas zonas de junção.

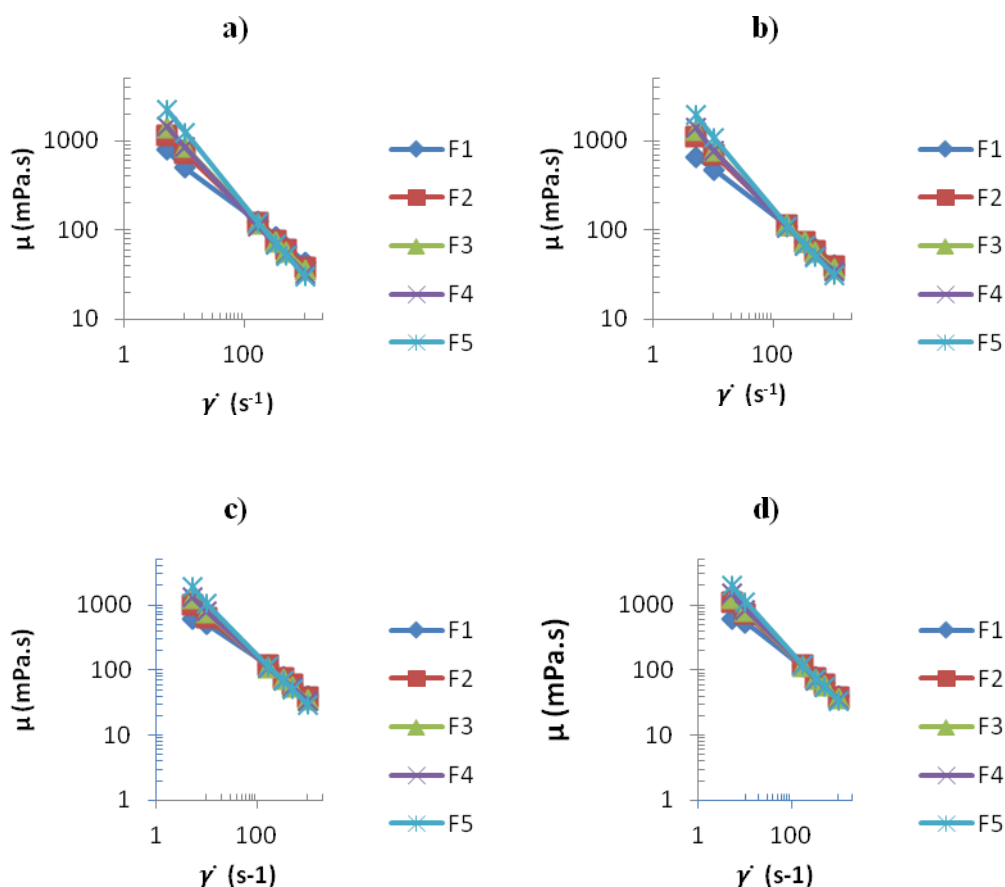


Figura 1: Curvas de viscosidade na ausência (a) e presença (b) de NaCl (c) de CH₃COONa (d) de HCOONa

Tabela 3: Mudança na viscosidade dos fluidos por adição de sal

Varição de viscosidade por Adição do sal à 5 s ⁻¹	F1	F2	F3	F4	F5
NaCl	-19%	-7%	-3%	-3%	-11%
CH ₃ COONa	-25%	-13%	-11%	-7%	-14%
HCOONa	-13%	-7%	-3%	-3%	-10%

A Figura 2 mostra o volume de filtrado obtido para as cinco formulações. O menor valor de filtrado foi obtido para o fluido de goma guar, independente da salinidade do meio, embora o fluido de goma xantana tenha apresentado maiores viscosidades e índice de consistência. Esse resultado indica que a goma guar contribui para a formação de um reboco de menor permeabilidade.

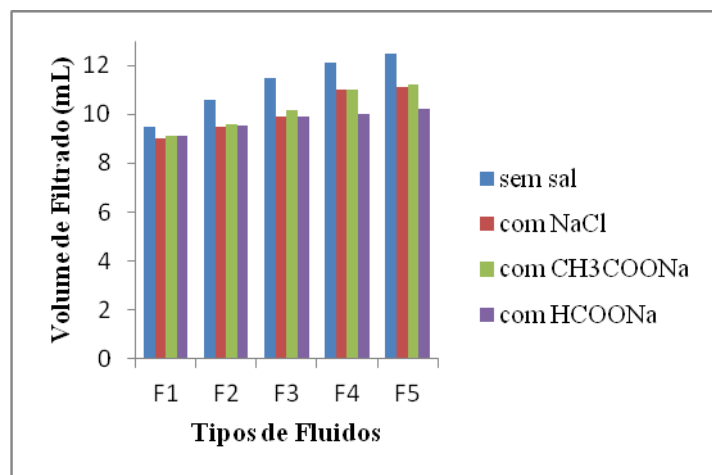


Figura 2: Volume de filtrado na ausência e presença de sal

Os sais inorgânicos fazem parte da composição básica dos fluidos de perfuração, pois, em elevadas concentrações, inibem a migração da água do poço para a formação rochosa, minimizando o colapso hidráulico das paredes do poço e, também, abstém a reação do fluido com a argila da formação rochosa. Por sua vez, a disposição desses sais, dissolvidos nos resíduos da perfuração, pode trazer consequências graves ao meio ambiente (SOUZA; LIMA, 2002).

A concentração excessiva desses sais solúveis no solo aumenta o potencial osmótico, que é a principal causa do dano e morte das plantas. O potencial osmótico é a força com que os constituintes dissolvidos tentam reter as moléculas de água, ou seja, o sal no solo compete com as plantas pelas moléculas de água. O excesso de sal no solo faz com que as plantas tenham prematuramente, stress por secura, mesmo que quantidades substanciais de água estejam disponíveis (GARCIA E VAQUEIRO, 2001).

Neste trabalho, com o intuito de se reduzir os impactos ambientais, utilizou-se sais orgânicos, tais como acetato de sódio (CH_3COONa) e formiato de sódio (HCOONa). Os resultados obtidos indicam uma semelhança entre as propriedades reológicas e volume de filtrado dos sais orgânicos com o sal inorgânico empregado (NaCl). Assim, sendo capazes de substituir o sal inorgânico de maneira eficaz a fim de diminuir os impactos ambientais.

Conclusões

Os fluidos aquosos analisados nesse trabalho, constituídos de goma xantana e goma guar, apresentaram comportamento pseudoplástico com valores crescentes de índice de consistência e limite de escoamento com o aumento da concentração de goma xantana, mesmo na presença de sal. A maior sensibilidade do fluido contendo apenas goma guar (polímero não iônico) à salinidade, comparada ao fluido contendo apenas goma xantana (polímero aniônico), foi atribuída ao efeito salting out nos fluidos de goma guar. Além disso, a transição conformacional de novelo para hélice dupla, seguida de agregação, pode ter contribuído para a menor sensibilidade dos fluidos contendo apenas goma xantana. Em todos os fluidos contendo goma guar e goma xantana, a variação em viscosidade foi menor que a observada para os polímeros puros na presença de sal, o que sugere interações específicas entre os dois polímeros. Apesar de a goma xantana proporcionar maior viscosidade aos fluidos, os menores volumes de filtrado foram obtidos com o aumento da concentração de goma guar, o que indica que a goma guar contribui de forma mais efetiva para a formação de um reboco de menor permeabilidade. Os fluidos contendo sais orgânicos apresentaram propriedades semelhantes a dos fluidos contendo NaCl , indicando uma possibilidade de redução dos impactos ambientais.

Agradecimentos

Ao LAPET – Laboratório de Pesquisa em Petróleo;

A UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte;

Ao PRH-PB222 – Programa Petrobras de Recursos Humanos.

Referências Bibliográficas

BENTO, Andrade dos Santos. **UTILIZAÇÃO DE GÉIS DERIVADOS DE GOMA GUAR (GG) NO TRATAMENTO DE ÁGUAS PRODUZIDAS VISANDO A REDUÇÃO DO TEOR DE ÓLEO E GRAXA (TOG)**. 2013. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Química do Petróleo, UFRN, Natal, 2013.

GAMA, Mariana Cardoso Garcia de Freitas. **AValiação de uma unidade embarcada de tratamento de fluidos de perfuração de base não aquosa contaminados com interface de deslocamento e águas residuárias oriundos da perfuração marítima**. 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica - Puc, Rio de Janeiro, 2014.

GARCIA, R. L. P.; VAQUEIRO, R. L. C. **VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS LANDTREATMENT, DILUTION BURIAL E ROADSPREADING PARA DISPOSIÇÃO/REMEDIÇÃO DE CASCALHO DE PERFURAÇÃO NA UN-BA**. Rio de Janeiro: Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello, 2001. Comunicação técnica CT BIO 88/2001.

LOPES, Léa Maria de Almeida. **CARACTERIZAÇÃO VISCOSIMÉTRICA DE MISTURAS DAS GOMAS XANTANA E GUAR**. 1989. 282 f. Tese (Doutorado) - UFRJ, Rio de Janeiro, 1989.

OVIATT JUNIOR, Henry W.; BRANT, David A.. Thermal treatment of semi-dilute aqueous xanthan solutions yields weak gels with properties resembling hyaluronic acid. **INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOLOGICAL MACROMOLECULES**. Irvine, Eua, p. 3-10. fev. 1993.

SOUZA, Paulo Juvêncio Berta de; LIMA, Valdir Luiz de. **AValiação das técnicas de disposição de rejeitos da perfuração terrestre de poços de petróleo**. 2002. 38 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002.