

## POTENCIAL USO DA AGUA PRODUZIDA SINTÉTICA COMO DISPERSANTE EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO AQUOSOS: INFLUÊNCIA NOS PARÂMETROS REOLÓGICOS DE FILTRAÇÃO E CORROSIVIDADE

Jardel Dantas da Cunha<sup>1</sup>, Keila Regina Santana Fagundes<sup>2</sup>, Ana Karoline de Sousa Oliveira<sup>3</sup>,  
Victor Augusto Freire Costa<sup>4</sup>, Gecilio Pereira da Silva<sup>5</sup>

(1) Universidade Federal Rural do Semiárido, [jardel.dantas@ufersa.edu.br](mailto:jardel.dantas@ufersa.edu.br);

(2) Universidade Federal Rural do Semiárido, [keilaregina@ufersa.edu.br](mailto:keilaregina@ufersa.edu.br);

(3) Universidade Federal Rural do Semiárido, [aksodecaprio@gmail.com](mailto:aksodecaprio@gmail.com);

(4) Universidade Federal Rural do Semiárido, [victoragusto\\_costa@hotmail.com](mailto:victoragusto_costa@hotmail.com);

(5) Universidade Federal Rural do Semiárido, [gecilio@ufersa.edu.br](mailto:gecilio@ufersa.edu.br)

### Resumo:

Na atividade de perfuração de novos poços os fluidos de perfuração desempenham papel fundamental, decorrentes as propriedades que são desempenhadas entre elas são: resfriamento da broca, remoção dos cascalhos gerados e estabilidade do poço evitando assim invasão dos fluidos da formação. Inúmeras características são indesejáveis aos fluidos entre elas: toxicidade, agressividade ao meio ambiente e corrosividade aos equipamentos da coluna. O desenvolvimento de novas formulações de fluidos visa solucionar exploração em maiores profundidades dificuldades e/ou diversidade das camadas sedimentares. O trabalho tem como objetivo, determinar a influencia da água produzida sintética como agente dispersante de fluidos de perfuração base aquosa e sua influencia nas propriedades reológicas, viscosidade e propriedades corrosivas. Foi realizado um planejamento experimental<sup>2,3</sup>, onde as variáveis foram à salinidade e o teor de óleos e graxas. Os fluidos apresentaram características reológicas positivas onde se concluiu que é um fluido pseudoplástico e que não ocorreram grandes alterações reológicas, assim como também foram avaliadas a viscosidade aparente e volume de filtrado, relacionando-as em uma superfície de resposta para melhor visualização dos resultados. Análise do potencial de corrosividade indicaram que a presença dos óleos e graxas presente na composição promoveram um deslocamento do potencial corrosivo com redução da taxa corrosiva.

**Palavras-chave:** Corrosão, Aços, Agua Produzida, Fluidos de Perfuração.

## 1. INTRODUÇÃO

A estabilidade durante a perfuração de poços é algo necessário, tendo como método utilizado para mantê-la é a utilização de fluidos especialmente desenvolvidos para tal atividade. Estes fluidos são chamados de fluidos de perfuração e são circulados dentro do poço ao longo de todo o processo, com o intuito de garantir condições favoráveis e seguras para o sucesso da operação. Este fluido consiste em uma fase dispersante e em uma fase dispersa (aditivos químicos). Os processos de aditivação são empregados na composição do fluido para fornecer estas propriedades, que são essenciais, e proporcionar, ao mesmo, condições de garantir uma perfuração segura e de qualidade (ZHU, 2009). Na indústria de petróleo, em suas atividades de extração, transporte, processamento, distribuição e armazenamento de produtos, observam-se frequentes e graves problemas ocasionados pela ação corrosiva em componentes metálicos (MACHADO *et al*, 2005 e MACK, 2002). Tomando conhecimento disso se tem ideia do quão é importante a avaliação e estudo da corrosão nessa indústria, seja das tubulações e ferramentas, como dos fluidos utilizados para a perfuração. O trabalho tem como objetivo, determinar a influencia da água produzida sintética como agente dispersante de fluidos de perfuração base aquosa e sua influencia nas propriedades reológicas, viscosidade e propriedades corrosivas.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Preparação dos fluidos

Os fluidos de perfuração (Tabela 1) foram preparados em um agitador Hamilton Beach, adicionando sequencialmente todos os aditivos. Os aditivos foram incorporados ao fluido em intervalos de 10 minutos e, posteriormente submetidos a análise de suas propriedades reológicas e de filtração, onde foram avaliados os efeitos da concentração de água produzida.

**Tabela 1 - Formulação dos fluidos de perfuração**

Aditivo	Quantidade
Água produzida	1bbl-eq
Goma Xantana (lb/bbl)	1,5

CMC (lb/bbl)	3,0
NaCl (lb/bbl)	20,0
CaCO <sub>3</sub> (lb/bbl)	20,0

## 2.2. Preparação dos efluentes sintéticos

Os efluentes sintéticos foram formulados adotando um planejamento experimental 2<sup>3</sup> (dois níveis e três variáveis) resultando em nove experimentos as quais foram analisadas por diagrama de Pareto e superfície de resposta. Os valores mínimos, médios e máximos foram delimitados para cada parâmetro (Tabela 2).

**Tabela 2 – Experimento fatorial 2<sup>3</sup>.**

Fluidos	Salinidade	TOG
F1	1%	100 mg/L
F2	1%	300 mg/L
F3	1%	500 mg/L
F4	3%	100 mg/L
F5	3%	300 mg/L
F6	3%	500 mg/L
F7	5%	100 mg/L
F8	5%	300 mg/L
F9	5%	500 mg/L

## 2.3. Determinação dos parâmetros reológicos

As propriedades reológicas foram determinadas em um viscosímetro rotativo da FANN, modelo 35 A, combinação de R1-B1 e mola de torção F1. A análise reológica de cada fluido foi realizada em diferentes rotações (600, 300, 200, 100, 6 e 3 rpm) e, posteriormente, a viscosidade plástica (VP), viscosidade aparente (VA), limite de escoamento (LE) e a força gel (Gel inicial e final) foram determinadas, conforme a norma API 13B-1.

## 2.4. Determinação dos parâmetros de filtração

Os fluidos foram filtrados através de um filtro de papel Whatman N° 50, sob pressão de 100 PSI exercida com nitrogênio gasoso, por 30 minutos, em filtro prensa API Baixa Pressão, Baixa Temperatura (BPBT) da FANN. Este teste foi realizado conforme a norma API 13B-1.

## 2.5. Ensaios de Corrosividade

Os testes foram procedidos em célula de três eletrodos: o eletrodo de trabalho foi confeccionado a partir do aço API 5L A210 com composição: Fe, 98.88; C, 0.20; Mn, 0.91; P, 0.01; S, 0.006; Ni, 0.04; Cr, 0.05, Mo, 0.009; Cu, 0.04 e área de 1,2568 cm<sup>2</sup>. O contra eletrodo empregado foi de platina e o eletrodo de referencia de Prata/Cloreto de Prata (Ag/AgCl). As medidas foram feitas em cima de um potencial de circuito aberto em uma faixa de potencial de -300 mV a +300 mV e com uma varredura de 0,001 V/s.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Parâmetros reológicos

A Tabela 3 mostra os parâmetros reológicos dos fluidos poliméricos em função da variação da concentração de contaminantes da água produzida.

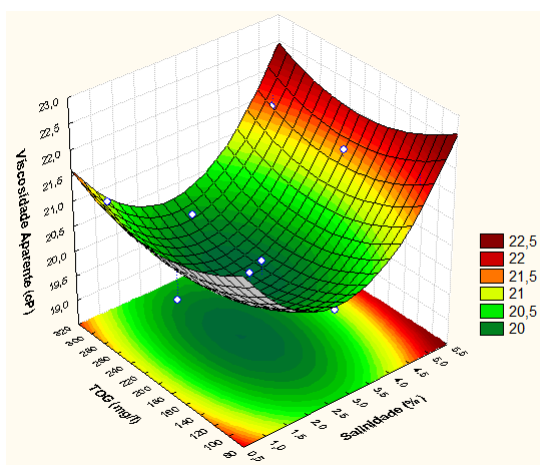
**Tabela 3 - Parâmetros reológicos dos fluidos aquosos**

Fluido	n	K (mPasn)	R <sup>2</sup>	μ <sub>a</sub> (cP)	μ <sub>p</sub> (cP)	LE (lbf/100ft <sup>2</sup> )
<b>F1</b>	0,3192	5,3238	0,9961	21,5	10	23
<b>F2</b>	0,3252	4,5793	0,9880	20	10	20
<b>F3</b>	0,3308	4,5509	0,9894	21	12	18
<b>F4</b>	0,3357	4,3693	0,9954	20	10	20
<b>F5</b>	0,3240	4,9172	0,9925	20	11	18
<b>F6</b>	0,3427	4,1272	0,9930	20	11	18
<b>F7</b>	0,3486	3,6524	0,9223	21,5	15	13
<b>F8</b>	0,3380	4,5260	0,9926	21,5	12	19
<b>F9</b>	0,3401	4,5111	0,9925	21,5	11	21

*n*: índice de fluxo, *K*: índice de consistência,  $\mu_a$ : viscosidade aparente,  $\mu_p$ : viscosidade plástica e *LE*: Limite de escoamento.

Observando-se o coeficiente de regressão ( $R^2$ ), percebe-se que houve um bom ajuste do modelo de potência aos dados reológicos de todos os fluidos. Além disso, o índice de comportamento (*n*) apresentou valores típicos de fluidos pseudoplásticos, variando de 0,31 a 0,34. De acordo com a Tabela 4 percebe-se que a utilização do efluente sintético nos fluidos não é responsável por governar a reologia dos fluidos de perfuração no poço, no entanto é indispensável que seu uso promova uma menor perda de carga no sistema e um menor torque na coluna. Sendo, portanto indispensável associar as propriedades reológicas com as de filtração dos fluidos. A Figura 3 mostra a superfície de resposta da viscosidade aparente com a interação entre o TOG e a Salinidade.

**Figura 1: Superfície de Resposta: Viscosidade aparente.**



De acordo com a Figura 1 percebe-se que a viscosidade é máxima, dentro dos intervalos de parâmetros avaliados, quando a salinidade atinge o seu ponto máximo de 5%, tendo com essa característica, também se observa que houve pouca influência do TOG na viscosidade aparente dos fluidos, esse aumento da viscosidade aparente com a salinidade pode ser explicado devido provavelmente a maior interação da cadeia lateral da cadeia principal da Goma Xantana.

### 3.2. Parâmetros de filtração

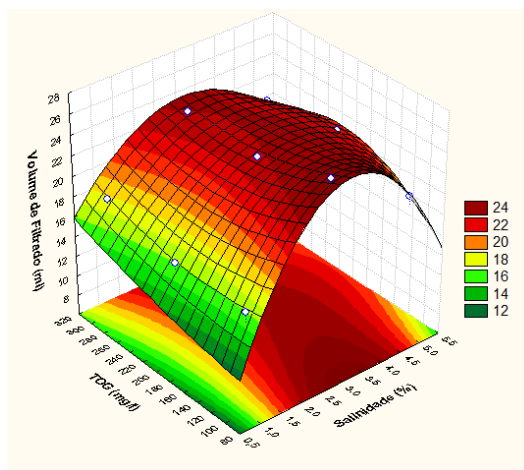
A Tabela 4 mostra a influência do volume de filtrado em função da variação de concentração de contaminantes da água produzida.

**Tabela 4 – Volume de filtrado dos fluidos aquosos**

<b>Fluido</b>	<b>Volume de Filtrado (ml)</b>
<b>F1</b>	16,00
<b>F2</b>	16,00
<b>F3</b>	17,80
<b>F4</b>	25,00
<b>F5</b>	22,80
<b>F6</b>	23,00
<b>F7</b>	19,80
<b>F8</b>	22,00
<b>F9</b>	20,80

De acordo com a Tabela 5 percebe-se que o volume de filtrado aumenta com a concentração de sal no fluido, isso pode ser explicado provavelmente em virtude dos mecanismos que controlam a adsorção dos polímeros na superfície do  $\text{CaCO}_3$  serem fortemente associados ao impedimento estérico e a interação eletrostática. Dessa forma, em virtude da goma xantana apresentar uma conformação estrutural fortemente dependente do sal, o aumento de cargas catiônicas ( $\text{NaCl}$ ) no meio é responsável por uma maior interação intermolecular, o que dificulta a adsorção na superfície do agente obturante, promovendo assim, o aumento da permeabilidade do reboco, com conseqüente elevação do volume de filtrado, como mostra a Superfície de Resposta da Figura 2.

**Figura 2- Superfície de Resposta: Volume de filtrado**



### 3.3. Curvas de Polarização

As curvas catódicas não apresentam mudanças significativas mediante a alteração nos teores de NaCl e óleos e graxas (TOG), porém observa-se uma mudança no potencial de corrosão de 90 mV para os fluidos F1 a F3, de 50 mV para os fluidos F4 a F6 e de 30 mV para os fluidos F6 a F9. Os fluidos com aumento no teor de NaCl observa-se uma região de ruptura da passividade dos filmes nos fluidos de F3 a F9 ocasionando a formação de processo corrosivo localizado (pites). Parâmetros associados as curvas de polarização de Tafel estão resumidas na Tabela 6, o potencial de formação de pits ( $E_{Pit}$ ) apresentou um aumento no potencial para os fluidos F4 a F6 e nos fluidos de F7 a F9 apresentaram uma redução no potencial, sendo esse comportamento ocasionado a mudança abrupta no teor de NaCl quem em contato com a goma xantana promove uma maior interação intermolecular promovendo assim uma maior adsorção do óleos na superfície reduzindo a taxa corrosiva. As taxas corrosivas (Tabela 5) apresentaram uma redução nos valores decorrentes com aumento do teor de óleos e graxas para os fluidos F1 a F3 e os fluidos F7 a F9. Os fluidos F4 a F6 apresentaram um aumento na taxa corrosiva decorrente ao deslocamento do potencial anódico.

**Tabela 5 – Resultados das curvas de Tafel**

Fluidos	$E_{Corr}$ (mV)	$E_{Pit}$ (mV)	Taxa <sub>Corr</sub> (mm/ano)
F1	- 632	-	0,16
F2	- 675	-	0,09
F3	- 726	-	0,06

<b>F4</b>	- 710	- 670	0,14
<b>F5</b>	- 682	- 640	0,16
<b>F6</b>	- 650	- 600	0,18
<b>F7</b>	- 668	- 630	0,36
<b>F8</b>	- 658	- 670	0,30
<b>F9</b>	- 696	- 685	0,22

---

#### 4. CONCLUSÕES

- Os resultados indicaram o aumento da viscosidade aparente dos fluidos com a concentração de sal, devido, provavelmente, a maior interação da cadeia lateral com a cadeia principal da goma xantana, promovendo assim, um aumento da viscosidade aparente.
- Quanto ao volume de filtrado, observou-se que este parâmetro aumenta com a concentração de sal no fluido, visto que os mecanismos que controlam a adsorção dos polímeros na superfície do  $\text{CaCO}_3$  estão fortemente associados ao impedimento estérico e a interação eletrostática.
- O teor de óleos e graxas promoveram uma redução nas taxas corrosivas e nos potenciais de corrosão e de pites dos fluidos com 1% e 3% de NaCl.

#### 5. REFERENCIAS

1. MACHADO, J. C. Fundamentos e Classificação de Fluidos Viscosos. Reologia e Escoamento de Fluidos– Ênfase na indústria do petróleo. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2002. pg 1-40.
2. MACK, R., WILLIAMS, C., LESTER, S., Stress Corrosion Cracking of a Cold Worked 22Cr Duplex Stainless Steel Production Tubing in a High Density Clear Brine  $\text{CaCl}_2$  Packer Fluid – Results of the Failure Analysis at Deep Alex and Associated Laboratory Experiments. Corrosion/2002, Houston TX: NACE Paper No. 02067:1-3.
3. Zhu Kuanliang, Feng Jinghai, Han Fei, Li Nan, Pilot test of horizontal drilling and completion techniques in Nanpu Oilfield, PETROL. EXPLOR. DEVELOP., 2009, 36 (5): 658–663.