

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de **P&D** em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Utilização da casca de arroz no controle dos parâmetros de filtração de fluidos de perfuração em poços de petróleo

AUTORES:

Viviane de Oliveira Chaves¹, Fabio Pereira Fagundes², Keila Regina Santana Fagundes¹

INSTITUIÇÃO:

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido, ²Universidade Potiguar

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. 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 9º PDPETRO.

UTILIZAÇÃO DA CASCA DE ARROZ NO CONTROLE DOS PARÂMETROS DE FILTRAÇÃO DE FLUIDOS DE PERFURAÇÃO EM POÇOS DE PETRÓLEO

Abstract

One of the main characteristics of drilling fluids is to exert hydrostatic pressure on the formation due to need to keep the hydrostatic pressure higher than the formation pore pressure to prevent the influx of fluids from the formation into the well. Another important point refers to bridge agents used to control the fluid invasion to formation. Therefore, it is a key-challenge to find out new alternative materials capable to control the filtration and rheological properties of drilling fluids, which are required for optimum performance of oil well drilling. Therefore, the objective of this study was to evaluate the potential application of rice husk as bridge agent in replacement of calcium carbonate (commonly used in drilling fluids) and in parallel, to evaluate its influence on rheological properties, where granulometry and concentration were evaluated. According to results obtained, bridge agent concentration of 4 lb/bbl associated to lower granulometry (100 mesh) were responsible to present the lower volume of filtrate compared to others systems. Therefore, this result suggests an optimum concentration associated to granulometry capable to control the filtration and rheological properties during the filtration operation.

Keywords: Aqueous drilling fluids. Alternative materials. Rice husk. Filtration and rheological properties

Introdução

A perfuração é um processo de custos elevados e por isso deve ser feita de maneira rápida e segura. Para a perfuração de um poço de Petróleo, é indispensável a utilização de um fluido, visto que desempenham cerca de 10 a 20 funções durante a perfuração (CAENN; CHILLINGAR, 1996). Para a melhoria dessas funções, são introduzidos um ou mais aditivos, entre eles, o Redutor de Filtrado.

O entendimento das propriedades de filtração é de grande importância na formulação de fluidos de perfuração. Durante a perfuração de um poço de petróleo em condições nas quais a pressão hidrostática formada pela coluna de fluido de perfuração é superior à pressão de poros da formação, o contato do fluido com as paredes do poço promove uma deposição de partículas sólidas, com o objetivo de selar as formações permeáveis expostas pela broca, denominada reboco. Este deve apresentar fina espessura e baixa permeabilidade, para garantir o sucesso e a segurança das operações de perfuração e completação. A necessidade de reduzir essa perda de filtrado do fluido de perfuração pode ser solucionada através da adição de polímeros com alta massa molar.

Neste trabalho, pretende-se avaliar um fluido desenvolvido de maneira sustentável e minimizar os resíduos industriais no meio ambiente, a partir da adição da casca do arroz a fluidos, tendo em vista que essa casca, além de ser uma matéria-prima de baixo custo e de baixas propriedades nutritivas, trata-se de uma dura capa lenhosa e é formada por lignina, por materiais inorgânicos e por celulose, a qual apresenta alta massa molar e é um polímero linear cristalino. Além disso, será analisado como esse novo fluido se comportará na formação do reboco, e o volume de filtrado durante a perfuração do poço. Ressalta-se que o Brasil é um dos dez maiores produtores de arroz em escala mundial, produzindo cerca de 11,5 milhões de toneladas de arroz em casca anualmente (FERNANDES *et al*, 2015).

Metodologia

Materiais

Os materiais utilizados na preparação dos fluidos de perfuração em foram: goma xantana (GX), carboximetilcelulose (CMC), Cloreto de Sódio (NaCl) e Carbonato de Cálcio (CaCO₃) todos doados pela PETROBRAS.

Purificação da casca do arroz

A purificação da casca de arroz foi realizada com hidróxido de sódio (NaOH) por 24 horas. Sequencialmente, foi realizado uma lavagem com água destilada para retirada do hidróxido de sódio e das impurezas presentes, e por fim levados à estufa para secar num período de 24 horas. Após a purificação, as amostras da casca do arroz foram submetidas ao processo de separação de grãos em peneiras de 50 mesh, 100 mesh e 200 mesh.

Composição química da casca do arroz

A composição química da casca de arroz *in natura* foi obtida através de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDX) em um equipamento Shimadzu modelo EDX-820.

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 (1 bbl equivalente - 350,5mL) em intervalos de 10 minutos e, posteriormente, submetidos a análise de suas propriedades reológicas e de filtração a fim de avaliar o efeito da concentração de bagaço da casca de arroz nas propriedades reológicas e de filtração de fluidos aquosos.

Tabela 1 – Formulação dos fluidos de perfuração

Aditivo	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
NaCl (lb/bbl)	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Goma Xantana (lb/bbl)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
CMC (lb/bbl)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
CaCO ₃ (lb/bbl)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Bagaço da casca do arroz 50 mesh (lb/bbl)	2	----	----	4	----	----	6	----	----
Bagaço da casca do arroz 100 mesh (lb/bbl)	----	2	----	---	4	----	----	6	----
Bagaço da casca do arroz 200 mesh (lb/bbl)	-----		2	---	----	4	----	----	6

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), a viscosidade aparente (VA), o limite de escoamento (LE) e a força gel (Gel inicial e final) foram determinados, conforme a norma API (Tabela 2).

Tabela 2 – Determinação dos parâmetros Reológicos.

Propriedades reológicas	Fórmula	Unidade
VA	$L_{600}/2$	cP
VP	$L_{600} - L_{300}$	cP
LE	$L_{300} - VP$	lbf/100ft ²
Gel inicial	L_3 após 10 s	lbf/100ft ²
Gel final	L_3 após 10 min	lbf/100ft ²

Determinação dos parâmetros de filtração

O fluido foi filtrado 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 de acordo com a norma API 13B-1 2003.

Resultados e Discussão

Composição química da casca do arroz

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos da análise por Fluorescência de raios X. Neste método, a presença dos elementos se manifestam em um espectro através de suas radiações características, esta foi realizada pelo método semi-quantitativo.

Tabela 3: Análise química da casca do arroz *in natura*.

Componente	Concentração (%)
SiO ₂	44,147
SnO ₂	21,676
CaO	11,093
Fe ₂ O ₃	7,427
MnO	6,934
K ₂ O	4,262
CuO	3,577
ZnO	0,875
Σ (Somatório)	100,00

De acordo com a Tabela 3, fica constatado que a sílica representa o maior percentual dos elementos presentes na casca do arroz. A presença dos grupamentos silanóis é responsável por conferir uma maior interação com os grupos funcionais dos polímeros, tendo em vista a presença dos íons carboxilato (Goma xantana) e hidroxilas (Carboximetilcelulose).

Influência da casca do arroz nas propriedades reológicas dos fluidos aquosos

A Tabela 4 apresenta a influência da concentração e da granulometria da casca de arroz nos parâmetros reológicos dos fluidos aquosos.

Tabela 4 - Efeito da concentração e da granulometria da casa de arroz nos parâmetros reológicos dos fluidos aquosos

Fluido	Índice de fluxo (n)	Índice de consistência (K) (mPas ⁿ)	R ²	Viscosidade Aparente (cP)	Viscosidade Plástica (cP)	Gel inicial	Gel Final
F1	0,3044	4,7534	0,993	18	9	7	10
F2	0,3441	3,2876	0,9956	16	9	7	7
F3	0,3468	3,8849	0,9958	19	10	9	11
F4	0,3292	4,2176	0,993	19	11	8	10
F5	0,3255	3,9644	0,9893	17,5	9	7	8
F6	0,3260	4,8635	0,9946	21	11	9	12
F7	0,3090	4,6996	0,9835	19,5	14	8	10
F8	0,3468	3,8849	0,9958	19	10	9	11
F9	0,3304	4,5696	0,9920	20,5	11	8	12

Observando-se o coeficiente de regressão (R²), percebe-se que houve um bom ajuste do modelo de potência (Equação 1) aos dados reológicos de todos os fluidos. Além disso, o índice de comportamento (n) apresentou valores típicos de fluidos pseudoplásticos, variando de 0,30 a 0,34.

$$\tau = K \left(\dot{\gamma} \right)^n \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

τ = tensão de cisalhamento (Pa)

$\dot{\gamma}$ = taxa de cisalhamento (s⁻¹)

K = índice de consistência (Pa.sⁿ)

n = índice de comportamento ou de fluxo

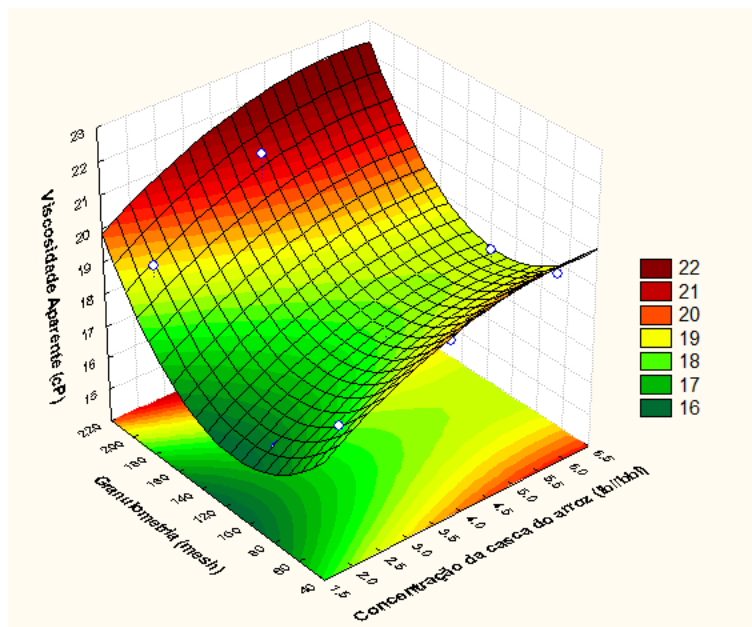
De acordo com os dados reológicos mostrados na Tabela 4, fica evidenciado que o aumento de granulometria na faixa estudada não apresentou um forte incremento nos parâmetros reológicos em termos de viscosidade plástica e aparente para o obturante estudado (casca de arroz). Esse efeito pode ser justificado em virtude de uma menor interação físico-química dos grupos funcionais presentes na superfície do obturante com os polissacarídeos (Goma xantana e CMC) presentes no fluido de perfuração. Por outro lado, em termos de gelificação, é observado uma tendência a formação de um gel progressivo com o aumento da concentração e redução do tamanho de partícula do obturante (Ver fluidos F3, F6 e F9). Ao passar do tempo, sistemas utilizando uma maior concentração e menor tamanho de partícula da casca de arroz foi responsável por favorecer a tixotropia do fluido. Esse efeito pode ser justificado devido ao aumento do volume hidrodinâmico do sistema partícula-polímero causado pelas forças de van der Waals no meio ao longo do tempo, o que certamente, após uma aplicação de cisalhamento, esses entrelaçamentos poliméricos em associação com o obturante serão facilmente desfeitos em virtude da labilidade das forças de van der Waals.

Portanto, fica claro que o aumento da concentração do bagaço da casca de arroz no meio não será responsável por governar a reologia do fluido 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 e para isso,

menores concentrações precisam ser utilizadas, sendo indispensável, portanto, associar o sinergismo das propriedades reológicas com as de filtração dos fluidos.

A Figura 3 mostra a superfície de resposta do efeito da interação da concentração com a granulometria da casca o arroz na viscosidade aparente dos fluidos.

Figura 3: Superfície de resposta – Viscosidade Aparente.



De acordo com a Figura 3 percebe-se que os maiores valores de viscosidade aparente são obtidos quando a menor granulometria da casca do arroz é utilizada (200 mesh) e para a maior concentração (6 lb/bbl). Esse efeito pode ser explicado devido a casca de arroz de menor granulometria possuir maior área de contato disponível para adsorção dos polímeros (CMC e GX), aumentando o volume aparente da partícula e contribuindo para a formação de uma estrutura gel mais estável.

Influência da casca do arroz nos parâmetros de filtração dos fluidos aquosos

A Tabela 5 apresenta a influência da concentração e da granulometria da casca do arroz no volume de filtrado dos fluidos aquosos.

Tabela 5 - Efeito da concentração e da granulometria da casa de arroz no volume de filtrado dos fluidos aquosos

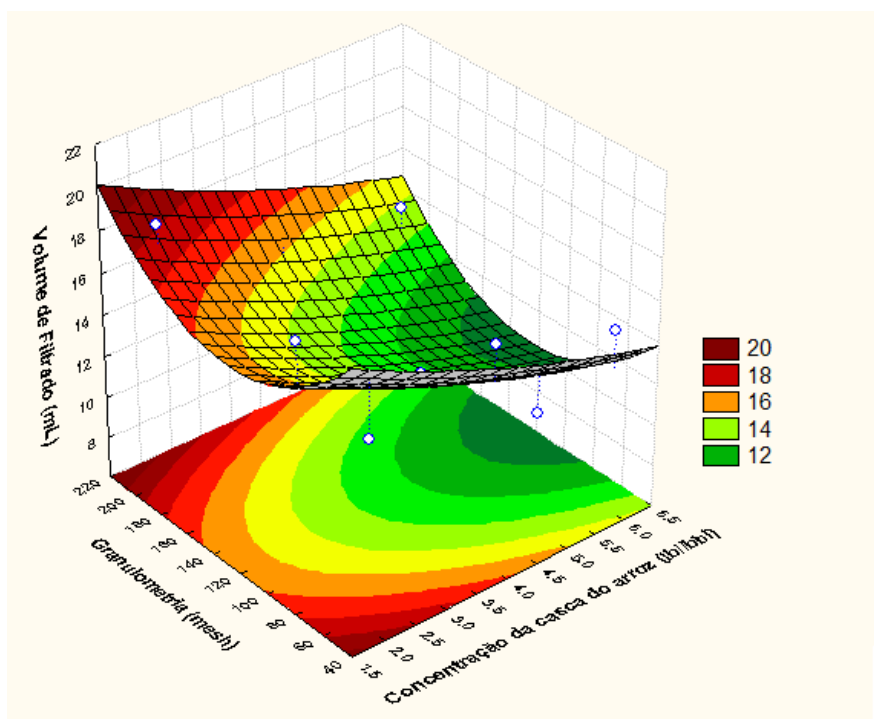
Fluido	Volume de Filtrado (ml)
F1	15,1
F2	17,4
F3	18,5
F4	16,8
F5	13,2
F6	13,4
F7	14,8
F8	14,2
F9	14,4

De acordo com a Tabela 5 percebe-se que os sistemas F5 (concentração de casca de arroz de 4lb/bbl e tamanho de partícula de 100 mesh) e F6 (concentração de casca de arroz de 4lb/bbl e tamanho de partícula de 200 mesh) apresentaram os menores volumes de filtrado (13,2ml e 13,4ml,

respectivamente). Esse comportamento pode ser explicado, possivelmente, em virtude dos menores tamanhos de partícula serem responsáveis por promover uma interação casca-casca e/ou polímero/casca, fato esse responsável por diferentes regimes de dispersão e, conseqüentemente, apresentando um menor volume de filtrado. Além disso, de acordo com os sistemas utilizados, a granulometria de partícula inerente a 200 mesh com concentração de casca de arroz de 2lb/bbl (F3) apresentou a menor performance (18,5ml) comparada aos demais sistemas, esse resultado pode ser justificado pela concentração de 2lb/bbl não ter sido suficiente para reduzir a permeabilidade do reboco, favorecendo a formação de caminhos preferenciais na formação da estrutura deste com o conseqüente aumento do volume de filtrado.

A Figura 4 mostra a superfície de resposta do efeito da interação da concentração com a granulometria da casca o arroz no volume de filtrado dos fluidos aquosos estudados.

Figura 4: Superfície de resposta – Volume de Filtrado.



De acordo com a Figura 4, percebe-se que os maiores valores de filtrado foram obtidos para a menor concentração de casca do arroz utilizada (2 lb/bbl) em todos os tamanhos de partícula avaliados. Esse comportamento pode ser explicado em virtude da interação dos grupos hidroxila de cada polímero (goma xantana e CMC) com os grupamentos presentes na sílica na casca do arroz, de forma a inferir que existe uma relação concentração de casca de arroz/tamanho de partícula ótima a ser utilizado a fim de reduzir o volume de filtrado, além disso percebe-se que a concentração de 2lb/bbl foi insuficiente para formar um reboco de baixa permeabilidade, portanto com um alto volume de filtrado.

Conclusões

- Após a análise química da casca do arroz, ficou constatado que a sílica representa o maior percentual dos elementos presentes na casca do arroz.
- A maior concentração e menor tamanho da partícula da casca do arroz foi responsável por favorecer a tixotropia do fluido (6 lb/bbl; 200 mesh)

- Os fluidos com menor concentração (2 lb/bbl) apresentaram maiores volumes de filtrado, pois não foi possível, a essa concentração, a formação de um reboco de baixa permeabilidade. Enquanto os fluidos com concentração 4 lb/bbl e de granulometria 100 mesh e 200 mesh, mostraram maior eficiência em controlar o volume de filtrado.
- É possível e viável utilizar a casca do arroz como um agente obturante em fluidos aquosos, pois obteve-se uma relação da concentração e granulometria da casca do arroz ótima durante os experimentos e estudos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a PETROBRÁS pela doação dos produtos e a UFERSA pelo suporte na realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

AMORIM, L. V. *et al.* **Desenvolvimento de formulações de fluidos base água para perfurações de poços de petróleo—estudo preliminar.** In: IV Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás, 2007, Campinas, 2007.

CAENN, Ryan; CHILLINGAR, George V. **Drilling Fluids: State of the Art.** *Journal of Petroleum Science and Engineering*. Vol. 14, p. 221-230. Houston: Elsevier, 1995.

CHUNGSANGUNSIT, T., GHEEWALA S. H., PATUMSAWAD S. **Environmental Profile of Power Generation from Rice Husk in Thailand.** In: International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE)”, 2004, Hua Hin.

DARDIR, M. M., *et al.* Preparation and evaluation of cationic bola form surfactants for water-based drilling fluids. *Egyptian Journal of Petroleum*. Elsevier, 2016.

FERRAN, M.F. *et al.* Flour rice husk as filler in block copolymer polypropylene: Effect of different coupling agents. *Journal Applied Polymer Science*, vol 99, p. 1823-1831, 2006.

GRAY, G. R.; DARLEY, H.C.H. **Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids**, Fifth Edition, Gulf Publishing Company, 1988.

GRAY, G. R.; DARLEY, H.C.H. (1980). **Composition and Properties of Oil Well Drilling Fluids**. Elsevier.

LUMMUS, J.L; AZAR, J.J. **Drillings Fluids Optimization A Pratical Field Approach**, Penn Well Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1986.

STEFFE, J.F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. Freeman Press, 412p., 1996. THOMAS, J. E. *et al.* **Perfuração. Fundamentos de Engenharia do Petróleo.** Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2002. p. 81-87.