

## UTILIZAÇÃO DA CINZA DA CASCA DO ARROZ EM SUBSTITUIÇÃO AO $\text{CaCO}_3$ EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO AQUOSOS

*Jardel Hugo Gonçalves Paiva<sup>1</sup>; Beatriz Ferraz Martins<sup>1</sup>; Fabio Pereira Fagundes<sup>2</sup>; Keila Regina Santana Fagundes<sup>1</sup>*

*1- Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA, 2- Universidade Potiguar - UnP  
E-mail para contato: jardelpaiva17@gmail.com*

**Resumo:** Recentes pesquisas têm mostrado uma forte tendência de perfuração de poços de petróleo em lâminas d'água cada vez mais profundas. Em consequência disso, problemas associados às altas temperaturas e aos diferenciais de pressão são responsáveis por afetar diretamente a estabilidade dos poços de petróleo, especialmente, os relacionados às propriedades reológicas e ao controle de filtração dos fluidos. Nesse contexto, o objetivo principal desse trabalho consiste em avaliar a influência da granulometria e da concentração de cinza da casca do arroz nos parâmetros reológicos e de filtração de fluidos de perfuração aquosos. Os resultados obtidos mostraram que o aumento de granulometria e da concentração da cinza da casca do arroz na faixa estudada não apresentou um forte incremento nos parâmetros reológicos, entretanto os fluidos apresentaram uma redução do volume de filtrado devido a cinza apresentar menor área superficial. Logo, a substituição e utilização da cinza da casca do arroz como aditivo foi relevante e satisfatório, uma vez que quando comparado com os resultados obtidos com o  $\text{CaCO}_3$ , os mesmos apresentaram valores próximos.

**Palavras-chave:** Fluido de perfuração, cinza da casca de arroz, parâmetros reológicos, parâmetros de filtração.

### 1. INTRODUÇÃO

Segundo API, American Petroleum Institute (1991) fluido de perfuração é um fluido circulante usado para tornar viável uma operação de perfuração. Em termos conceituais temos que são misturas complexas de sólidos, líquidos, produtos químicos, e por vezes até gases. Do ponto de vista químico, eles podem assumir aspectos de suspensão, dispersão coloidal ou emulsão, dependendo do estado físico dos componentes. Nesse contexto é de extrema importante salientar que a característica de cada fluido depende da utilização de aditivos que os caracterizam, no presente trabalho o principal aditivo utilizado e substituído para avaliação de parâmetros foi a cinza de casca do arroz, já conhecida por suas diversas aplicações.

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 completção. A necessidade de reduzir essa perda de filtrado do fluido de perfuração pode ser solucionada através da adição de polímeros com alta massa molar.

Nos dias atuais a cinza da casca do arroz deixou por muitos motivos de ser rejeito industrial, para tornar-se relevante em vários segmentos econômicos (Loredo, 2017). Dessa maneira, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência da concentração e do tamanho de partícula da cinza da casca do arroz (CCA) em fluidos de perfuração base água, em substituição ao carbonato de cálcio, comumente utilizado como agente obturante. A relevância científica e social do trabalho está na busca por novas observações e evidências que mostrem com o menor erro possível a relação de possível substituição do aditivo apresentado.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Materiais**

Os materiais utilizados na preparação dos fluidos de perfuração foram: goma xantana (GX), carboximetilcelulose (CMC), Cloreto de Sódio (NaCl) e Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) todos doados pela PETROBRAS.

### **2.2. Composição Química da cinza da casca do arroz**

A composição química da cinza da casca de arroz foi obtida através de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDX) em um equipamento Shimadzu modelo EDX-820, a fim de se verificar o teor de sílica presente na cinza da casca do arroz utilizada.

### **2.3. Separação granulométrica**

Foi realizada a separação granulométrica da amostra, sendo a mesma separada em 3 diâmetros diferentes com o auxílio de uma peneira granulométrica SOLOTEST. As meshes escolhidas para esse procedimento foram a de 50, 100, 200.

### **2.4. 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 à análise de suas propriedades reológicas e de filtração a fim de avaliar o efeito do tamanho de partícula e da concentração da cinza da casca de arroz nas propriedades reológicas e de filtração de fluidos aquosos.

Tabela 1: Formulação dos fluidos de perfuração

Aditivo	F <sub>p1</sub>	F <sub>p 2</sub>	F <sub>p 3</sub>	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
CaCO <sub>3</sub> (lb/bbl)	10	20	30	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CCA mesh 50(lb/bbl)	--	--	--	10	--	--	20	--	--	30	--	--
CCA mesh 100(lb/bbl)	--	--	--	--	10	--	--	20	--	--	30	--
CCA mesh 200(lb/bbl)	--	--	--	--	--	10	--	--	20	--	--	30

## 2.5. 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 as forças geis (Gel inicial e final) foram determinadas, conforme a norma API.

## 2.6. Determinação dos parâmetros de filtração

O fluido foi filtrado através de um filtro de papel Whatman No 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.

## 2.7. Mapeamento do processo de adsorção por superfície de resposta

Superfícies de respostas foram utilizadas para examinar o efeito da interação entre a granulometria e a concentração de obturante (cinza da casca do arroz). O planejamento fatorial de 3<sup>2</sup> foi utilizado: três níveis com dois efeitos principais, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Intervalo de análise dos parâmetros avaliados

Parâmetro	Valor Mínimo (-1)	Valor Intermediário (0)	Valor Máximo (+1)
Concentração de CCA (bl/bbl)	10	20	30
Granulometria (mesh)	50	100	200

Os níveis dos fatores foram codificados como -1 (mínimo), 0 (médio) e 1 (máximo). Para tratamento dos dados, o programa estatístico *Statistica* versão 7.0 foi empregado para obtenção das superfícies de resposta.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise química da cinza da casca do arroz

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

Tabela 3 - Análise química da cinza da casca do arroz

Componente	Concentração (%)
SiO <sub>2</sub>	90,973
K <sub>2</sub> O	6,955
CaO	0,735
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,473
MnO	0,437
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,233
SO <sub>3</sub>	0,099
Tb <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	0,072
ZnO	0,010
CuO	0,008
Rb <sub>2</sub> O	0,006
$\Sigma$ (Somatório)	100

De acordo com a Tabela 3 percebe-se que a cinza da casca do arroz possui, como elemento majoritário o SiO<sub>2</sub>, que representa mais de 90% de amostra. O elevado teor de sílica desta, a torna valorizada, mas este resíduo só terá um grande potencial de uso se tiver uma alta qualidade, caracterizada pela elevada superfície específica, tamanho e pureza de partícula, podendo ser usado em diversas aplicações (Tashima et al., 2004).

De acordo com Chandrasekar e colaboradores (2003), a cinza da casca de arroz é um produto de resíduos sólidos da indústria de geração de energia, que é adequado para a reciclagem. Devido ao alto teor de sílica presente na cinza, o resíduo passa a ser valorizado, possuindo um vasto campo de aplicação deste material.

Cordeiro e colaboradores (2009) afirmam que na cinza amorfa, fatores como temperatura de queima, taxa de aquecimento, tempo de residência e ambiente de queima (disponibilidade de oxigênio), são responsáveis pela reatividade desta, pois influenciam na forma estrutural da sílica, na superfície específica das partículas e no teor de carbono remanescente. É importante que a CCA possua uma estrutura amorfa visto que esta estrutura favorece o processo de adsorção mais que uma estrutura cristalina. Desta forma, através de alguns procedimentos, é possível transformar resíduos normalmente descartados em produtos úteis e, assim, evitar danos ao meio ambiente.

### 3.2 Parâmetros Reológicos

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

Tabela 4: Parâmetros reológicos dos fluidos aquosos

Fluido	Índice de fluxo (n)	Índice de consistência (K) (mPas <sup>n</sup> )	R <sup>2</sup>	Viscosidade Aparente (cP)	Viscosidade Plástica (cP)	Gel inicial	Gel final
F <sub>1</sub> Padrão	0,3235	4,2901	0,9975	17,5	8	9	11
F <sub>2</sub> Padrão	0,3058	5,3966	0,9935	20,5	10	10	13
F <sub>3</sub> Padrão	0,2972	5,7274	0,995	20,5	10	11	13
F1	0,2993	4,8022	0,9944	17,5	9	8	11
F2	0,3247	4,9108	0,9981	20,5	10	9	12
F3	0,3149	4,6939	0,9942	19	10	8	9
F4	0,331	5,28	0,996	22,5	10	9	13
F5	0,3179	4,7086	0,9966	19	10	9	11
F6	0,3313	5,2257	0,9959	23	12	9	12
F7	0,3008	5,0539	0,995	18,5	9	9	12
F8	0,2961	5,4598	0,9924	19,5	9	9	11
F9	0,2874	6,1888	0,9919	21	10	9	11

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 0,28 a 0,33.

De acordo com os dados reológicos mostrados na Tabela 4, fica evidenciado que o aumento de granulometria e da concentração da cinza da casca do arroz na faixa estudada não apresentou um forte incremento nos parâmetros reológicos em termos de viscosidade plástica e aparente. 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. Ao passar do tempo, sistemas utilizando uma maior concentração e menor tamanho de partícula da CCA 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 da cinza 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.

### 3.3 Parâmetros de Filtração

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

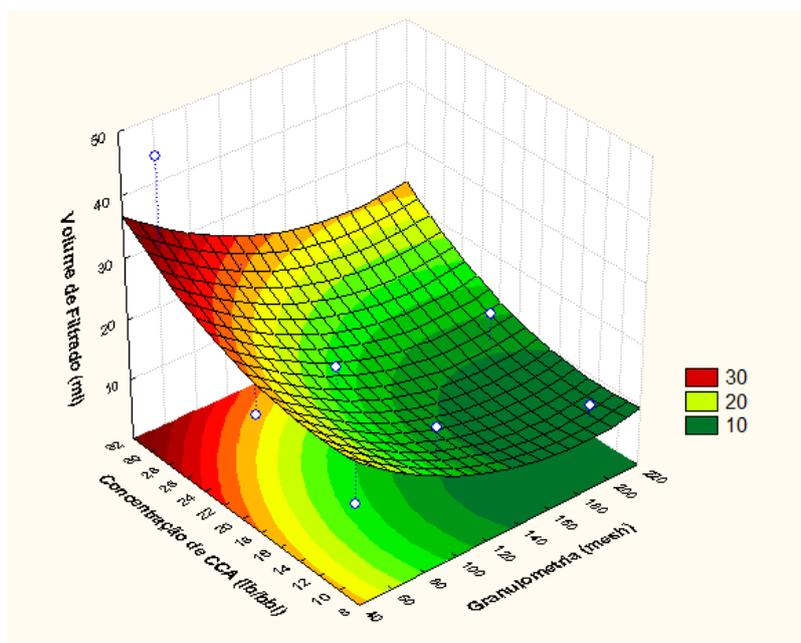
Tabela 5 - Efeito da concentração e da granulometria da CCA no volume de filtrado dos fluidos aquosos

<b>Fluido</b>	<b>Filtrado (mL)</b>
<b>F1Padrão</b>	13,8
<b>F2Padrão</b>	17,0
<b>F3Padrão</b>	32,0
<b>F1</b>	12,8
<b>F2</b>	19,0
<b>F3</b>	10,2
<b>F4</b>	16,0
<b>F5</b>	17,9
<b>F6</b>	15,1
<b>F7</b>	47,0
<b>F8</b>	15,8
<b>F9</b>	13,7

A literatura reporta que o mecanismo de filtração dos fluidos é governado pelo processo de adsorção dos polímeros (Goma xantana e CMC) nos sítios ativos dos agentes de pontes, de acordo com os resultados mostrados na Tabela 5 percebe-se que os fluidos contendo carbonato de cálcio (F1padrão-F3padrão) apresentaram um aumento do volume de filtrado com o aumento da concentração, devido o carbonato de cálcio apresentar maior área superficial (comparado com a CCA), ou seja, uma menor área de contato para adsorção dos polímeros, o mesmo também pode ser observado para o fluido F7, onde foi utilizado a maior concentração de CCA e o maior tamanho de partícula. Já os demais fluidos contendo a cinza da casca do arroz apresentaram uma redução do volume de filtrado, já que a CCA apresenta uma menor área superficial, com conseqüente maior área de contato, esse efeito pode ser explicado devido a adsorção dos polieletrólitos nos silanóis através de ligações de hidrogênio e forças de van der Waals (Chaves, 2008), resultando na redução da permeabilidade do reboco e conseqüentemente um menor volume de filtrado.

A Figura 1 mostra a superfície de resposta do efeito da interação da concentração com a granulometria da cinza da casca o arroz no volume de filtrado dos fluidos aquosos estudados.

Figura 1: Superfície de resposta – Volume de Filtrado.



De acordo com a Figura 1, percebe-se que os maiores valores de filtrado foram obtidos para a maior concentração de cinza de casca do arroz utilizada (30 lb/bbl) para o maior tamanho de partícula avaliado (50 mesh). 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, de acordo com os sistemas utilizados, a granulometria de partícula inerente a 50 mesh apresentou a menor performance comparada aos demais sistemas, resultado esse, justificado pelo maior tamanho de partícula e conseqüentemente, formação de caminhos preferenciais na formação da estrutura do reboco.

#### 4. CONCLUSÃO

- Após a análise química da casca do arroz, ficou constatado que a sílica representa o maior percentual dos elementos presentes na casca do arroz.
- O aumento de granulometria e da concentração da cinza da casca do arroz na faixa estudada não apresentou um forte incremento nos parâmetros reológicos em termos de viscosidade plástica e aparente.
- 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.

- Os fluidos contendo carbonato de cálcio apresentaram um aumento do volume de filtrado com o aumento da concentração, devido o carbonato de cálcio apresentar maior área superficial, comparado com a CCA.
- Os fluidos contendo a cinza da casca do arroz apresentaram uma redução do volume de filtrado, já que a CCA apresenta uma menor área superficial, com conseqüente maior área de contato.
- É possível e viável utilizar a cinza da 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.

## 5. REFERÊNCIAS

- ANNIS R. M.; SMITH V. M. *Drilling Fluids Technology*, Revised Edition Exxon Company U.S.A, 1996.
- API (American Petroleum Institute). (1988). *Specification for Oil-Well Drilling Fluid Materials*, Dallas, TX.
- CHANDRASEKAR,S.; SATYANARAYANA,K.; PRAMADA,P.M.; RAGHAVAN,P.; GUPTA, T.N.; Processing, Properties and Applications of Reactive Silica from Rice Husk — an Overview. **Journal of Materials Science**, India, v.38, p. 3159-3168, abr. 2003.
- CORDEIRO, Guilherme Chagas; FILHO, Romildo Dias Toledo; FAIRBAIRN, Eduardo de Moraes Rego. Caracterização de Cinza do Bagaço de Cana-de-açúcar para Emprego como Pozolana em Materiais Cimentícios. **Revista Química Nova**, Rio de Janeiro, Vol. 32, p. 82-86, jan. 2009.
- COSTA DE MELO, K. Avaliação e modelagem reológica de fluidos de perfuração base água. Setembro de 2008. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal- Rio Grande do Norte.
- FARIAS, K. V. Influencia de umectante aniônico na reologia e espessura do reboco de fluidos hidroargilosos. Novembro de 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande – Paraíba.
- LOREDO, C. Valorização da cinza da casca de arroz com aplicação no concreto. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Universidade Federal de Santa Catarina. Araranguá- Santa Catarina.
- STEFFEN, A.C. *et al*; Caracterização, tratamento e aproveitamento das cinzas da casca de arroz em processos produtivos do ramo industrial. IV Congresso Internacional de Educação Científica e Tecnológica. Santo Ângelo- Rio Grande do Sul. Outubro de 2017.
- TASHIMA, M. M.; SILVA, C. A. R. L.; AKASAKI, J. L.; In: Jornadas Sud-Americanas de Ingeniería Estructural, 31. 2004. **Concreto com adição de cinza de casca de arroz (CCA) obtida através de um processo de combustão não controlada**. Mendonza, 2004.