

# DESENVOLVIMENTO DE COMPOSTOS POLIMÉRICOS PARA ADITIVAÇÃO DE BENTONITAS

Maria Ingrid Rocha Barbosa<sup>1</sup>; Luciana Viana Amorim<sup>2</sup>; Klevson Ranniet de Almeida Barboza<sup>3</sup>;  
Eugênio Pereira<sup>4</sup>; Heber Carlos Ferreira<sup>5</sup>

**Resumo** – Este trabalho objetiva desenvolver compostos poliméricos para aditivação de bentonitas a serem utilizadas para preparação de fluidos de perfuração base água. Foi estudada uma amostra de argila bentonítica sódica industrializada, denominada C, e três amostras de aditivos poliméricos, sendo duas amostras de carboximetilcelulose (CMC) de diferentes graus de viscosidade e uma amostra de poliacrilamida parcialmente hidrolisada (PAM). Os polímeros foram misturados às argilas na forma de pó e em seguida os fluidos de perfuração foram preparados de acordo com as normas da Petrobras. Foram determinadas as viscosidades aparente e plástica, em viscosímetro Fann 35A, e o volume de filtrado em filtro prensa Fann. Os resultados evidenciaram o benefício de se fazer uso de misturas de polímeros para obtenção de um composto com propriedades adequadas para aditivação de bentonitas, melhorando o comportamento reológico dos fluidos de perfuração base água, com propriedades de acordo com as especificações da Petrobras.

**Abstract** – The aim of this work is to develop polymeric compounds for treatment of bentonite clays used in water based drilling fluids. One industrialized sodic bentonite clay sample, called C, and three polymer additives samples, being two samples of carboxymethylcellulose (CMC) with different viscosities degrees and one sample of partially-hydrolyzed polyacrylamide (PAM) were studied. The polymers had been mixed to clays in the powder form and after that the drilling fluids had been prepared in accordance with the Petrobras standards. The apparent and plastic viscosities and water loss were measured by using viscosimeter Fann 35A and filter press Fann, respectively. The results show that by using mix of polymers it is possible to achieve compounds with adequate properties for treatment of bentonite clays. The treated bentonite clays have improved rheological behavior of water based drilling fluid. Besides, the drillings fluids are in a accordance with the standard Petrobras.

---

<sup>1</sup> Aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Eng. de Materiais (Bolsista ANP/PRH-25): Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, 58109-970 Campina Grande, PB, (83) 3310-1180, ingrid@labdes.ufcg.edu.br.

<sup>2</sup> Pesquisadora Visitante ANP/PRH-25/UFCG – luciana@labdes.ufcg.edu.br

<sup>3</sup> Aluno de Graduação em Engenharia de Materiais/ Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais/Centro de Ciências e Tecnologia/Universidade Federal de Campina Grande – ranniet@gmail.com

<sup>4</sup> Diretor técnico da System Mud Indústria e Comércio Ltda.: Rua Otávio Muller, 204, 88307-610, Itajaí, SC, (47) 3346-5510 - eugenio@systemmud.com.br

<sup>5</sup> Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais/Centro de Ciências e Tecnologia/Universidade Federal de Campina Grande – heber@dema.ufcg.edu.br

**Palavras-Chave** – Bentonitas, compostos poliméricos, fluidos de perfuração.

## **INTRODUÇÃO**

Os depósitos de bentonitas localizados na Paraíba, Município de Boa Vista, durante as últimas décadas foram considerados os maiores do Brasil. Segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, as reservas (medida+indicada) de bentonita em 2004 no Brasil totalizaram aproximadamente 47 milhões de toneladas, das quais 25,3% das reservas medidas encontra-se no Estado da Paraíba. Com esse novo levantamento a Paraíba ocupa a posição atual de terceiro maior jazimento do país [1]. Estas argilas vêm sendo exploradas há cerca de 40 anos e, hoje, muitas das variedades, principalmente as consideradas de melhor qualidade, não são mais encontradas. Como consequência desse processo de mineração predatório, os produtos industrializados apresentam queda nas suas propriedades e a maioria não atende as especificações da Petrobras para uso em fluidos de perfuração base água. Para tentar melhorar a qualidade dos fluidos de perfuração preparados com essas argilas bentoníticas é freqüente a prática de aditivação do fluido, sendo comumente utilizados aditivos poliméricos. A aditivação melhora as propriedades reológicas e de filtração dos fluidos, garantindo, assim, o sucesso da perfuração [2].

A etapa de aditivação do fluido ocorre durante a sua preparação nos tanques de lama ou mesmo durante a operação de perfuração quando é detectada a necessidade de adequação das suas propriedades. Dentre os inúmeros aditivos utilizados, destacam-se os aditivos orgânicos celulósicos e sintéticos, comercialmente conhecidos por carboximetilcelulose (CMC) e poliácridamida parcialmente hidrolisada de alto peso molecular (PAM) que atuam, dependendo das suas características, como viscosificante e/ou redutor de filtrado, lubrificante, inibidor e encapsulador de argilas hidratáveis. O CMC pode agir aumentando a viscosidade e reduzindo o filtrado. A PAM, por sua vez, é um excelente viscosificante, inibidor e encapsulador de argilas hidratáveis, mas não forma reboco, podendo facilitar a invasão de sólidos na formação permeável se o fluido perder a homogeneidade e flocular. Dificilmente, a incorporação de um único tipo de aditivo atende às necessidades corretivas do fluido, o que torna necessário o uso de mais de um tipo de aditivo. Essa prática de aditivação demanda tempo, pois os aditivos são incorporados ao fluido um a um, e poderia ser otimizada pela adição de um composto polimérico constituído pela mistura de dois ou mais polímeros. A principal razão para utilização de compostos poliméricos (composições binárias e ternárias de polímeros), deve-se a possibilidade de combinar as propriedades de duas ou mais matérias-primas com características diferentes, visando obter um produto com propriedades adequadas, ou seja, usufruir dos benefícios da mistura de polímeros obtendo um composto que

possibilite, por exemplo, o aumento das viscosidades aparente e plástica e a diminuição do volume de filtrado.

Outro ponto de grande importância é a possibilidade de melhorar, por meio da aditivação polimérica, as propriedades das argilas bentoníticas da Paraíba consideradas de qualidade inferior e que, por este motivo, ainda são encontradas em grande quantidade e empregadas em aplicações menos nobres [2].

Desta forma, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de compostos poliméricos para aditivação de bentonitas a serem utilizadas para preparação de fluidos de perfuração base água.

## **MATERIAIS**

### **Argilas Bentoníticas**

Foi estudada uma amostra de argila bentonítica sódica, composta pela mistura de argilas provenientes das jazidas de Boa Vista, PB, denominada por argila C, industrializada e fornecida pela Empresa Bentonit União Nordeste Ltda – BUN, situada na Avenida Assis Chateaubriand, 3877, Campina Grande, PB.

### **Composto Polimérico**

Para a composição do composto polimérico foram selecionadas três (03) amostras de aditivos poliméricos: duas (02) amostras de carboximetilcelulose (CMC) de diferentes graus de viscosidade, sendo uma amostra de alta viscosidade, denominada de CMC AV-108, e uma amostra de baixa viscosidade, denominada CMC BV-111 e uma amostra de poliacrilamida parcialmente hidrolisada de alto peso molecular (PAM), escolhidos a partir de estudos preliminares [2]. As amostras de CMC foram fornecidas pela Empresa Denver-Cotia Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda., localizada na Estrada Fernando Nobre, 600-A, Rio Cotia, Cotia, SP, e a amostra de PAM foi fornecida pela Empresa System Mud Indústria e Comércio Ltda, localizada na Rua Otávio Muller, 204, Carvalho, Itajaí, SC.

## **METODOLOGIA**

### **Dimensionamento de Composições do Composto Polimérico**

O dimensionamento das misturas de polímeros foi elaborado de forma a explorar composições binárias e ternárias, além de polímeros isolados, como apresentado na Tabela 1.

No texto, as composições serão citadas por C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9 e C10.

Tabela 1 – Dimensionamento das composições do composto polimérico.

Composições	PAM (P <sub>1</sub> ) (%)	CMC BV-111 (P <sub>2</sub> ) (%)	CMC AV-108 (P <sub>3</sub> ) (%)
C1	100	0	0
C2	0	100	0
C3	0	0	100
C4	50	50	0
C5	50	0	50
C6	0	50	50
C7	33,33	33,33	33,33
C8	66,66	16,66	16,66
C9	16,66	66,66	16,66
C10	16,66	16,66	66,66

### Preparação dos Fluidos de Perfuração

A preparação dos fluidos de perfuração seguiu as seguintes etapas: i) inicialmente, foi feita a mistura da argila bentonítica com o composto polimérico, nas composições estudadas (Tabela 1), em pó manualmente; ii) essa mistura foi adicionada à água sob agitação a velocidade de 10.000 rpm e iii) após a adição da bentonita aditivada com o composto polimérico, nas composições estudadas (Tabela 1), o fluido permaneceu sob agitação a 17.000 rpm durante 20 minutos. Foi utilizado um agitador de alta rotação da marca Hamilton Beach, modelo 936. Após preparação, os fluidos permaneceram em repouso durante 24 h.

Os fluidos foram preparados com concentração de 4,86 % em massa de argila, ou seja, 24,3 g de argila em 500 mL de água deionizada, de acordo com a norma N-2605 [3]. As velocidades de agitação, o tempo de agitação e o agitador são os recomendados pela norma N-2605 [3].

A mesma metodologia foi seguida para os fluidos preparados com argila bentonítica sem aditivação.

Os polímeros e o composto polimérico, nas composições estudadas, foram adicionados à argila bentonítica nas concentrações de 0,05g, 0,1g e 0,15g/24,3g de argila seca. No texto estas concentrações serão tratadas por 0,05, 0,1 e 0,15 g.

## Estudo Reológico dos Fluidos de Perfuração

O estudo reológico dos fluidos, antes e após aditivação polimérica, foi realizado segundo a norma N-2605 [3], que consiste nas seguintes etapas: agitar a dispersão durante 5 minutos em agitador mecânico na velocidade entre 16.000 rpm e 19.000 rpm, em seguida transferir a suspensão para o recipiente do viscosímetro Fann modelo 35A, acioná-lo na velocidade de 600 rpm durante 2 minutos e efetuar a leitura, logo após mudar para 300 rpm, fazendo a leitura após 15 segundos. A viscosidade aparente (VA) é o valor obtido na leitura a 600 rpm dividido por 2, dada em cP, e a viscosidade plástica (VP) é a diferença das leituras realizadas a 600 rpm e a 300 rpm, dada também em cP. O volume do filtrado (VF) foi determinado em filtro prensa da marca Fann, com aplicação de uma pressão da ordem de  $7,0 \text{ kgf/cm}^2$  (100 psi) durante 30 minutos. Os resultados são expressos em mL.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 e nas Figuras 1, 2 e 3, estão apresentados os valores de VA, VP e VF para as diferentes composições estabelecidas e apresentadas na Tabela 1.

Os resultados apresentados na Tabela 2 e nas Figuras 1, 2 e 3 mostram que a aditivação polimérica da argila bentonítica melhora as propriedades reológicas e de filtração dos fluidos de perfuração comparada ao resultado do fluido preparado com a argila sem aditivação, cujos valores das propriedades reológicas e de filtração são: VA = 11,0cP, VP = 4,5cP e VF = 17,4mL.

Uma análise mais detalhada mostra que as composições C1, C4, C5, C7, C8 e C10 apresentam os melhores resultados. Dentre elas, as composições C4, C7 e C10 evidenciam a interação entre os polímeros que compõem a mistura, com resultados satisfatórios que atendem as especificações da Petrobras para uso em fluidos de perfuração base água [4], enquanto que as composições C1, C5 e C8, embora apresentem resultados de acordo com as especificações da Petrobras [4], conduzem o sistema a um estado de maior floculação (elevados valores de VA), por apresentarem uma maior quantidade de PAM.

A composição C1 conduz o sistema argila-água a um estado de floculação elevado, isto porque a PAM é um polímero aniônico de cadeia muito longa, ou seja, de alto peso molecular, que tem como principal função a doação de viscosidade aos fluidos [5]. O mesmo comportamento pode ser observado para as composições C5 e C8, nas quais se tem a presença de polímeros de cadeia longa, principalmente nas concentrações mais elevadas (0,10 e 0,15 g). Esse tipo de comportamento indica que polímeros de cadeia muito longa formam estruturas tridimensionais com as partículas de argila, evidenciado pelo forte efeito exercido sobre a VA das suspensões argilosas [6].

Tabela 2 – Propriedades reológicas e de filtração para os fluidos de perfuração preparados com a argila C aditivadas com as composições do composto polimérico.

Composições	PAM (%)	CMC BV-111 (%)	CMC AV-108 (%)	Concentração do Composto Polimérico (g / 24,3g de argila)	VA (cP)	VP (cP)	VF (mL)
C1	100	0	0	0,05	25,3	9,0	16,6
				0,10	34,5	9,0	17,4
				0,15	38,8	10,5	16,5
C2	0	100	0	0,05	9,0	3,5	16,0
				0,10	9,5	5,0	14,6
				0,15	10,0	5,0	13,6
C3	0	0	100	0,05	13,0	5,5	16,6
				0,10	14,0	5,0	14,0
				0,15	14,3	4,5	14,0
C4	50	50	0	0,05	15,5	7,0	16,6
				0,10	23,8	9,0	16,1
				0,15	31,0	9,5	13,5
C5	50	0	50	0,05	19,3	6,5	15,4
				0,10	27,0	9,0	14,4
				0,15	34,0	11,5	15,2
C6	0	50	50	0,05	10,5	4,0	15,2
				0,10	11,5	4,5	14,0
				0,15	11,5	5,0	13,2
C7	33,33	33,33	33,33	0,05	14,5	6,0	15,5
				0,10	21,3	8,5	15,4
				0,15	23,8	9,0	14,6
C8	66,66	16,66	16,66	0,05	19,5	7,5	15,8
				0,10	27,0	9,0	14,4
				0,15	36,5	11,5	16,0
C9	16,66	66,66	16,66	0,05	10,5	5,0	15,6
				0,10	12,8	5,8	14,5
				0,15	14,5	7,0	12,7
C10	16,66	16,66	66,66	0,05	12,8	5,5	16,4
				0,10	18,5	5,5	15,2
				0,15	17,3	7,5	12,7
Fluido preparado com argila bentonítica sem aditivação polimérica					11,0	4,5	17,4
Especificações [5]					≥15,0	≥4,0	≤18,0

Os polímeros aniônicos podem flocular suspensões de argila pela formação de pontes entre as partículas, porém essa floculação depende das propriedades dos polímeros tais como peso molecular (PM) e densidade de carga. Quanto maior o PM e a densidade de carga, maior a probabilidade de formação de pontes entre partículas [6], [7].

Comparando os resultados dos fluidos preparados com a argila bentonítica aditivada com os polímeros isolados (composições C1, C2 e C3) com os obtidos com os fluidos preparados com a argila bentonítica aditivada com as composições C4, C7 e C10 é possível observar a influencia de

cada tipo de aditivo polimérico sobre o comportamento reológico dos fluidos de perfuração, ou seja, que o CMC BV-111 atua diminuindo o VF enquanto o CMC AV-108 e a PAM atuam na viscosificação dos fluidos, sendo estes comportamentos definidos de acordo com o tamanho de cadeia dos polímeros.

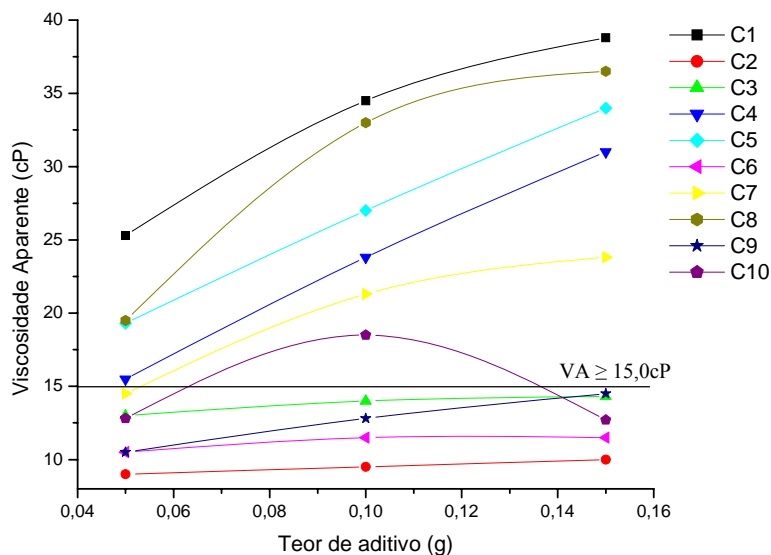


Figura 1 – Viscosidade aparente dos fluidos preparados com a bentonita aditivada com o composto polimérico nas composições estudadas.

Com a concentração de 0,05 g da composição C4, consegue-se obter um fluido que atende às especificações da Petrobras [4]. Nesse caso, tem-se a propriedade viscosificante da PAM aliada com a propriedade redutora de filtrado do CMC BV. O aumento em sua concentração leva a uma elevação na viscosidade, conduzindo a um estado de floculação quando da adição de 0,15 g da composição, indesejável na perfuração de poços.

As composições C7 e C10 apresentam valores de VA, VP e VF de acordo com os especificados pela Petrobras [4]. O comportamento observado pelos fluidos preparados com a argila bentonítica aditivada com estas composições evidencia a interação entre os três aditivos que compõem a mistura, confirmando as funções para as quais cada tipo de aditivo é indicado.

A análise conjunta dos resultados mostra que a aditivação da argila bentonítica com as composições C4, C5, C7 e C10 apresenta melhor desempenho na correção/melhoria das propriedades reológicas e de filtração evidenciando o benefício de se fazer uso de misturas de polímeros para obtenção de um composto com propriedades adequadas para aditivação de bentonitas a serem empregadas na preparação de fluidos base água para perfuração de poços.

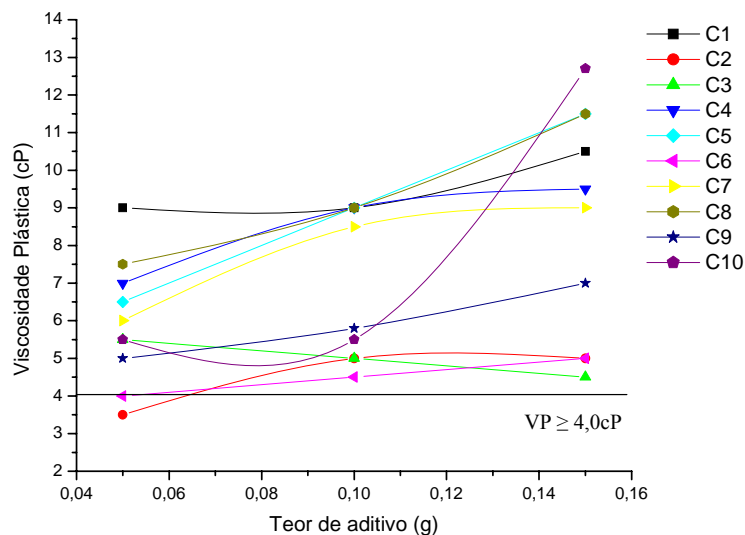


Figura 2 – Viscosidade plástica dos fluidos preparados com a bentonita aditivada com o composto polimérico nas composições estudadas.

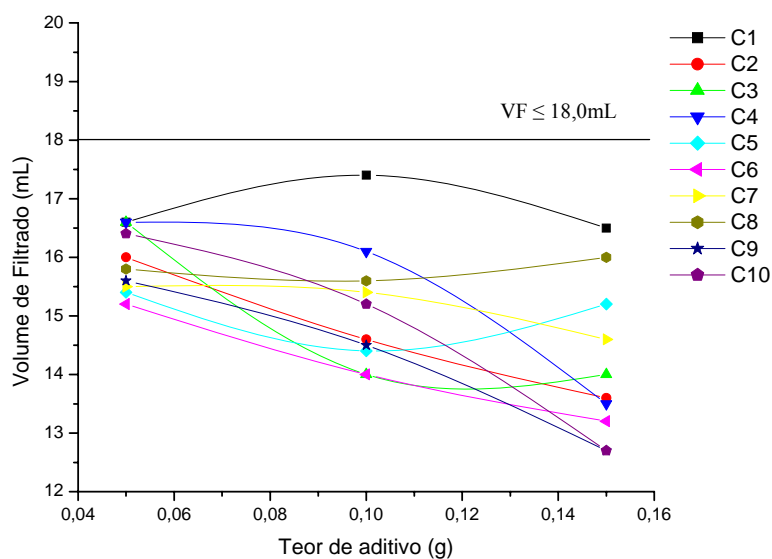


Figura 3 – Volume de filtrado dos fluidos preparados com a bentonita aditivada com o composto polimérico nas composições estudadas.

## CONCLUSÕES

Com o objetivo de desenvolver compostos poliméricos para aditivação de bentonitas para uso em fluido de perfuração base água, concluiu-se que:

- a aditivação com compostos poliméricos melhora/otimiza as propriedades reológicas e de filtração dos fluidos preparados com a argila C;



- as composições C1, C4, C5, C7, C8 e C10 apresentam valores de VA, VP e VF de acordo com as especificações, porém as composições C1 e C8 conduzem os fluidos a um estado de floculação elevado, devido a presença de uma maior porcentagem de PAM na composição;
- os melhores resultados são obtidos com as composições C4, C5, C7 e C10 com propriedades reológicas e de filtração que atendem às especificações da Petrobras para uso no preparo de fluidos base água;
- em relação aos tipos de aditivos poliméricos estudados, o CMC BV, tradicionalmente utilizado para redução de filtrado, proporciona uma redução de filtrado semelhante a do CMC AV (vide Tabela 2 – C3 e C10), aditivo que também contribui na elevação da reologia do fluido, ao contrário do CMC BV que é defloculante (vide Tabela 2 – C4). Desta forma, recomenda-se um estudo detalhado do custo-benefício de substituir o CMC BV pelo CMC AV em formulações onde o primeiro é utilizado para o controle de filtrado, podendo-se conseguir uma redução no custo final do fluido pela diminuição do uso de outros viscosificantes e
- outro recurso impactante na redução do custo final do fluido a ser estudado seria o uso em pequenas dosagens de PAM associado ao CMC que resultou em C7 e C10 da Tabela 2 em baixos valores de filtrados e excelentes de VA.

Em resumo, a combinação de matérias-primas poliméricas de características diferentes possibilita a obtenção de um composto polimérico com propriedades adequadas para a aditivação de bentonitas, melhorando o comportamento reológico dos fluidos de perfuração base água, com propriedades de acordo com as especificações da Petrobras.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Oliveira, M. L., Bentonita, Disponível em: [www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br), Acesso em: outubro, 2005.
- [2] Barbosa, M.I.R., Desenvolvimento de Aditivos Poliméricos para Formulação de Compósitos com Bentonita, Seminário submetido ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, UAEMA/CCT/UFCG, novembro de 2005.
- [3] Petrobras, Argila Ativada para Fluido de Perfuração à Base de Água na Exploração e Produção de Petróleo, Método, N-2605, 1998.
- [4] Petrobras, Argila Ativada para Fluido de Perfuração à Base de Água na Exploração e Produção de Petróleo, Especificação, N-2604, 1998.
- [5] Pereira, E., Química dos Polímeros e Aplicações – Partes I, II, III e IV, Disponível em: [www.systemmud.com.br](http://www.systemmud.com.br), Acesso em: julho, 2002.

- [6] Heller, H. & Keren, R. Anionic Polyacrylamide Polymers Effect on Rheological Behavior of Sodium-Montmorillonite Suspensions . Soil Science . Soc. Am. J., v. 66, 2002.
- [7] Somasundaran, P., Healy, T.W. & Fuerstenau, D.W., The Aggregation of Colloidal Alumina Dispersion by Adsorbed Surfactant Ions, Journal of Colloid and Interface Science n. 22, v. 6, p. 599-605, 1996.