

ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE PARTÍCULAS DE BENTONITA: USO DE ADITIVOS DISPERSANTES

R. S. Leite^{1*}, R.C.A.M. Nascimento², L. V. Amorim³,

^{1*}Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais/UFCG,
Bolsista IBP/PRH- 25/ANP,

²Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais/UFCG,

³Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica/Curso de Engenharia de
Petróleo/UFCG

Av. Aprígio Veloso, 882, Campina Grande, PB 58429-900
raquelleite_@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho avaliou a influência de aditivos dispersantes na interação entre partículas de argila bentonítica sódica em dispersão aquosa. Foram realizadas medidas de viscosidades aparente (VA) e plástica (VP) em viscosímetro Fann 35A com as dispersões antes e após aditivação, à temperatura ambiente e após envelhecimento térmico (366K durante 57600 segundos em Roller Oven Fann). As dispersões foram preparadas com concentrações de argila de 0,04 e 0,08 Kg/10⁻³m³ de água e os dispersantes (poliacrilato de sódio e polifosfato de sódio) com 0,02 e 0,04 Kg/10⁻³m³ de água. Observou-se que as dispersões preparadas com argila e dispersante a temperatura ambiente apresentaram, muito provavelmente, associações entre partículas do tipo face-a-face, caracterizado pelos baixos valores de viscosidade quando comparados aos das dispersões contendo apenas argila. Comparando as dispersões a temperatura ambiente com as envelhecidas, observou-se aumento de VA e VP estando, portanto, a dispersão no estado floculado, com associações do tipo face-a-aresta e/ou aresta-a-aresta.

Palavras-chave: associação entre partículas, dispersões, envelhecimento, viscosidade.

INTRODUÇÃO

Os sistemas coloidais podem consistir de sólidos dispersos em líquidos, gotículas de líquido dispersas em líquidos ou sólidos dispersos em gases. Uma característica de sistemas aquosos coloidais é que as partículas são tão pequenas que são mantidos em suspensão por tempo indeterminado pelo bombardeio de moléculas de água, fenômeno conhecido como movimento Browniano ^[1]. As dispersões coloidais são constituídas por partículas entre 0,1 µm e 0,001 µm. As argilas bentoníticas sódicas, dentre as demais, possuem fundamental importância industrial uma vez que, além de suas inúmeras aplicações, destaca-se o seu uso como agente tixotrópico para fluidos de perfuração de poços ^[2].

Dispersões coloidais diluídas de bentonitas sódicas com certo grau de deflocação apresentam o fenômeno da tixotropia. A suspensão torna-se menos viscosa pela agitação e mais espessa pelo repouso. Essa propriedade é de extrema importância para a aplicação dessas barbotinas como fluidos de perfuração de poços de petróleo ^[2].

As partículas de argila, na forma dispersa, podem associar-se de três formas diferentes: face-a-face, face-a-aresta e aresta-a-aresta. A associação do tipo face-a-face conduz a microflocos de partículas, enquanto que as associações face-a-aresta e aresta-a-aresta conduzem a volumosas estruturas de “castelo-de-cartas” tridimensionais ^[3].

A aglomeração é melhor descrita pela associação face-a-face e refere-se ao colapso da dupla camada difusa e à formação de agregados de folhas paralelas distantes umas das outras (20,0 Å ou menos). Este tipo de associação provoca queda na resistência do gel, pois reduz tanto o número de unidades disponíveis para formar uma estrutura de gel quanto a superfície disponível para a interação de partículas. O inverso da aglomeração é conhecido como dispersão ^[4].

A flocação de dispersões argilosas tem sido referenciada como consequência das associações face-a-aresta e aresta-a-aresta, responsáveis pela estrutura de gel nas dispersões de argilas montmoriloníticas ^[5]. A associação de partículas determina o comportamento reológico de dispersões de bentonita, sendo de grande importância aos fluidos de perfuração ^[3].

A bentonita é a argila comercial mais utilizada em fluidos à base de água doce, sendo adicionada para desempenhar uma ou várias das seguintes funções:

aumentar a capacidade de limpeza do poço pelo aumento da viscosidade do fluido e reduzir as infiltrações nas formações permeáveis pela formação de uma membrana de baixa permeabilidade (reboco) [1].

Os dispersantes são substâncias que têm como principal função reduzir a atração entre as partículas de argila tornando-as dispersas no meio líquido, com conseqüente redução na viscosidade e no limite de escoamento do fluido hidroargiloso. Estão incluídos os lignosulfonatos, os lignitos, os taninos e vários fosfatos [6]. Estes são adicionados às dispersões para impedirem ou retardarem o efeito de floculação.

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência de aditivos dispersantes na interação entre partículas de argila bentonítica sódica em dispersão aquosa.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Para a preparação das dispersões foi estudada uma amostra de argila bentonítica sódica, de alto grau de inchamento, amplamente utilizada na indústria do petróleo como agente viscosificante, redutor de filtrado e formador de gel. Essa argila é conhecida comercialmente por Brasgel PA e foi fornecida pela Empresa Bentonit União Nordeste Indústria e Comércio Ltda.. Foram também estudadas duas amostras de dispersantes, denominados de A e B, um a base de poliacrilato de sódio e outro a base de polifosfato de sódio, respectivamente. Ambos fornecidos pela Empresa System Mud Indústria e Comércio Ltda..

Métodos

Preparação das dispersões aquosas

Foram preparadas três tipos de dispersões aquosas. No primeiro tipo de dispersão, foi adicionada a $3,5 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ de água deionizada à argila bentonítica, a mesma permaneceu 1200 segundos sob agitação constante em agitador Hamilton Beach modelo 936 na velocidade de 17.000 rpm. O segundo tipo de dispersão foi preparada da mesma maneira da primeira, no entanto após o repouso de 86400 segundos foi adicionada o dispersante, o mesmo ficou 300 segundos sob agitação. Já a terceira dispersão, foi preparada seguindo o mesmo procedimento da primeira,

em seguida foi submetida ao envelhecimento térmico. Após o envelhecimento, foi adicionada a dispersão o aditivo dispersante que foi agitado durante 300 segundos. Para as dispersões envelhecidas foi acrescentada a letra “E” em sua denominação e para as dispersões sem dispersantes foi adicionada a letra “s” em sua denominação. Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentadas as formulações das dispersões aquosas.

Tabela 1 – Formulação das dispersões aquosas submetidas à temperatura ambiente.

Dispersões	Concentração de argila (Kg/10 ⁻³ m ³)	Tipo de dispersante	Concentração de dispersante (Kg/10 ⁻³ m ³)
D1 _s	0,04	-	0,00
D2 _s	0,08	-	0,00
D1	0,04	A	0,02
D2	0,08	A	0,02
D3	0,04	B	0,02
D4	0,08	B	0,02
D5	0,04	A	0,04
D6	0,08	A	0,04
D7	0,04	B	0,04
D8	0,08	B	0,04

Tabela 2 - Formulação das dispersões aquosas submetidas ao envelhecimento térmico.

Dispersões	Concentração de argila (Kg/10 ⁻³ m ³)	Tipo de dispersante	Concentração de dispersante (Kg/10 ⁻³ m ³)
D1 _E	0,04	A	0,02
D2 _E	0,08	A	0,02
D3 _E	0,04	B	0,02
D4 _E	0,08	B	0,02
D5 _E	0,04	A	0,04
D6 _E	0,08	A	0,04
D7 _E	0,04	B	0,04
D8 _E	0,08	B	0,04

Envelhecimento das dispersões aquosas

Após a preparação das dispersões apresentadas na Tabela 2, as mesmas foram submetidas ao envelhecimento em forno rotativo *Roller Over* modelo 705 ES da marca Fann a 366K por 57600 segundos. Em seguida, foi adicionado às dispersões o aditivo dispersante, no qual, o mesmo passou 300 segundos sob agitação.

Estudo Reológico

Para o estudo reológico, as dispersões aquosas foram agitadas durante 300 segundos em agitador mecânico *Hamilton Beach* modelo 936 na velocidade de 17.000 rpm. Em seguida, a dispersão foi transferida para o recipiente do viscosímetro *Fann* modelo 35A. O equipamento foi acionado na velocidade de 600 rpm durante 120 segundos e efetuado a leitura. Em seguida, a velocidade foi mudada para 300 rpm e efetuada a leitura após 15 segundos.

As viscosidades aparente e plástica foram obtidas segundo a norma N-2605 [7]. A viscosidade aparente (VA) é o valor obtido na leitura a 600 rpm dividido por 2, dada em cP. A viscosidade plástica (VP) é a diferença das leituras realizadas a 600 rpm e a 300 rpm, dada também em cP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das propriedades reológicas (viscosidade aparente e plástica) das dispersões aquosas estão apresentados na Tabela 3 e na Figura 1.

Tabela 3 – Propriedades reológicas das dispersões aquosas.

Dispersões	VA (cP)	VP (cP)
D1_s	11,00	6,50
D2_s	40,86	10,75
D1	4,50	3,25
D1_E	9,38	7,75
D2	9,25	7,75
D2_E	18,13	14,75
D3	6,13	5,00
D3_E	11,50	9,00
D4	10,88	9,50
D4_E	20,00	13,75
D5	4,38	3,50
D5_E	12,38	10,25
D6	12,13	9,50
D6_E	18,25	13,00
D7	10,50	8,25
D7_E	17,13	11,25
D8	18,13	9,50
D8_E	23,13	13,25

O teor de argila tem bastante influência nas propriedades reológicas das dispersões argilosas, estas dispersões são comumente utilizadas como fluidos de perfuração nas primeiras fases de uma perfuração de poço [8].

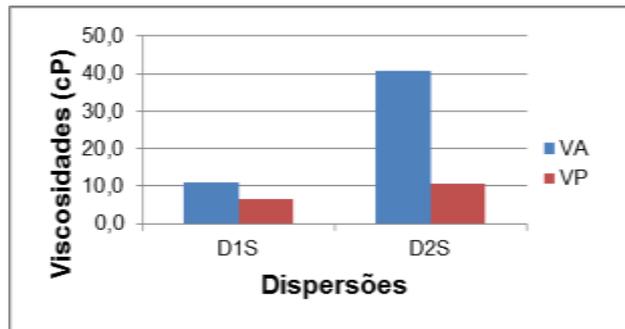
Pôde-se observar, por meio dos resultados expostos na Tabela 3 e na Figura 1, que as dispersões com maiores concentrações de argila apresentaram maiores valores de viscosidade aparente e plástica. O aumento nos valores de VA decorre da maior intensidade das interações eletrostáticas e de massa entre as partículas sólidas, que se tornam predominantes com o aumento da concentração de argila [3].

Também foi possível observar que o envelhecimento térmico ocasionou aumento nos valores de VA e VP. A dispersão D4_E apresentou maior aumento de VA quando comparada com D4. E D2_E apresentou maior aumento de VP quando comparada com D2. Os altos valores de VA, obtidos para as dispersões submetidas ao envelhecimento com maiores concentrações de argila, caracterizam o estado de gelificação da dispersão.

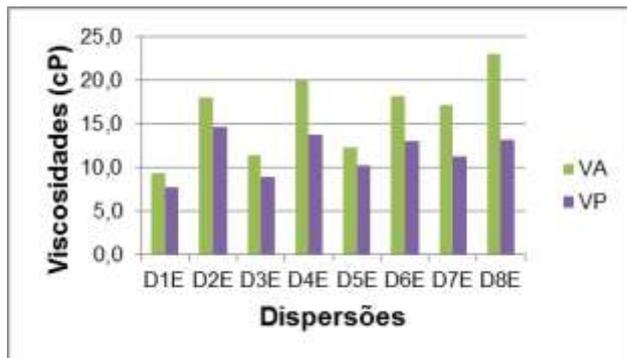
Comparando as dispersões aquosas sem dispersantes (D1_S e D2_S), com as dispersões aditivadas com dispersantes (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 e D8) pôde-se observar que ocorreu redução nos valores de VA e VP. Os dispersantes têm como principal função reduzir a atração entre as partículas de argila tornando-as dispersas no meio líquido, com conseqüente redução na viscosidade, assim, os dispersantes atuaram de forma efetiva em sua função.

A VP é definida como uma variável dependente da interação dos sólidos presentes e/ou uma medida da fricção resultante do choque de uma partícula com outra [9], as dispersões submetidas ao envelhecimento térmico apresentaram valores elevados de VP quando comparadas com as dispersões a temperatura ambiente.

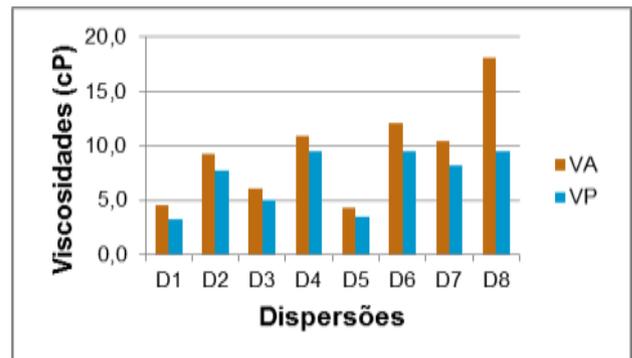
Como já mencionado, o envelhecimento promoveu o aumento das viscosidades das dispersões, mesmo com a adição de dispersante, os valores de VA e VP foram mantidos ou elevados. Este comportamento está evidenciado quando da comparação dos resultados obtidos com D1_S (0,04 Kg/10⁻³m³) e D1_E (0,04 Kg/10⁻³m³, A, 0,02 Kg/10⁻³m³); D2_S (0,08 Kg/10⁻³m³) e D2_E (0,08 Kg/10⁻³m³, A, 0,02 Kg/10⁻³m³); D1_S (0,04 Kg/10⁻³m³) e D3_E(0,04 Kg/10⁻³m³, B, 0,02 Kg/10⁻³m³); D2_S (0,08 Kg/10⁻³m³) e D4_E (0,08 Kg/10⁻³m³, B, 0,02 Kg/10⁻³m³); D1_S (0,04 Kg/10⁻³m³) e D5_E (0,04 Kg/10⁻³m³, A, 0,04 Kg/10⁻³m³); D2_S (0,08 Kg/10⁻³m³) e D6_E (0,08 Kg/10⁻³m³, A, 0,04 Kg/10⁻³m³); D1_S (0,04 Kg/10⁻³m³) e D7_E (0,04 Kg/10⁻³m³, B, 0,04 Kg/10⁻³m³); D2_S (0,08 Kg/10⁻³m³) e D8_E (0,08 Kg/10⁻³m³, B, 0,04 Kg/10⁻³m³).



(a)



(b)



(c)

Figura 1 – Propriedades reológicas das dispersões (a) sem dispersantes, (b) com dispersantes e envelhecidas e (c) com dispersantes submetidas a temperatura ambiente.

De acordo com as especificações da PETROBRAS [16] para qualificação de argila, a viscosidade aparente deve apresentar valores superiores a 15,0 cP e a viscosidade plástica, valores superiores a 4,0 cP.

Assim, de acordo com a Figura 1 (a) apenas a dispersão D2_S encontra-se dentro das especificações da PETROBRAS, a mesma foi preparada com 0,08 Kg/10³m³ de argila. Analisando a Figura 1 (b), as dispersões D2_E, D4_E, D6_E, D7_E e D8_E encontram-se de acordo com as especificações da PETROBRAS para os parâmetros de VA e VP. Em relação à Figura 1 (c), apenas a dispersão D8 preparada com teores mais elevados de argila e dispersante está de acordo com as especificações da PETROBRAS para VA e VP.

Analisando a Tabela 3, pode-se perceber que a dispersão D2_S apresenta-se em um sistema denominado floculado-gel, caracterizado pelo elevado valor de VA e baixo valor de VP. Neste estado, as partículas de argila permanecem unidas através de interações elétricas e de massa, com associações do tipo face-a-aresta e aresta-a-aresta, gerando uma estrutura do tipo castelo-de-cartas, na qual, todo o volume do líquido é ocupado pelas partículas de argila [2].

Se a concentração de argila for suficientemente alta (para montmorilonitas sódicas essa concentração é de 3,0 %), a floculação promoverá a formação de uma estrutura de gel (castelo-de-cartas) em vez da formação de flocos individuais. Essa estrutura de gel é construída vagarosamente com o tempo, com as partículas orientadas nas posições de mínimo de energia sob a influência do movimento browniano [5].

Comparando as dispersões contendo argila e dispersantes submetidas a temperatura ambiente com as dispersões contendo apenas argila, observou-se que ocorreu redução de VA e VP, assim, as dispersões com água e argila apresentam-se em sistemas floculados com interações do tipo face-a-face. Os dispersantes promoveram a defloculação do sistema, uma vez que o mesmo reduziu a VA.

As dispersões submetidas ao envelhecimento térmico comparadas com as dispersões submetidas à temperatura ambiente apresentam-se no estado floculado, com interações tipo face-a-aresta e/ou aresta-aresta, caracterizado pelo aumento nas viscosidades aparente e plástica. Mesmo com a adição do dispersante, não foi possível ocorrer redução nas viscosidades aparente e plástica dos fluidos envelhecidos, isso deve-se, provavelmente, ao envelhecimento térmico que gelifica as dispersões.

CONCLUSÕES

Com o objetivo de avaliar a influência de aditivos dispersantes na interação entre partículas de argila bentonítica sódica em dispersão aquosa, pode-se concluir que:

- dispersões com maiores concentrações de argila apresentaram maiores valores de VA e VP;
- o envelhecimento térmico promoveu aumento nos valores de VA e VP;
- ocorreu redução nos valores de VA e VP das dispersões aditivadas com dispersantes submetidas a temperatura ambiente;
- a dispersão D2_s apresenta-se em um sistema de floculado-gel;
- as dispersões com água e argila apresentam-se em sistemas floculados com interações do tipo face-a-face;
- as dispersões submetidas ao envelhecimento apresentam-se no estado floculado, com interações tipo face-a-aresta e/ou aresta-aresta;

- mesmo com a adição do dispersante, não foi possível ocorrer redução nas viscosidades aparente e plástica dos fluidos envelhecidos.

AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional do Petróleo – ANP e ao CNPq pelo apoio financeiro (Processos N^{os} 553206/2009-5 e 479214/2007-7), ao PRH-25, à Empresa System Mud Indústria e Comércio Ltda. pelo fornecimento dos aditivos dispersantes, à Empresa Bentonit União Nordeste Indústria e Comércio Ltda. – BUN pelo fornecimento da argila bentonítica e ao LABDES pelo uso de suas instalações físicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] DARLEY, H.C.H.; GRAY, G.R. Composition and properties of drilling and completion fluids, Fifth Edition, Gulf Publishing Company. Houston. Texas. 1988.

[2] SOUZA SANTOS, P., Ciência e tecnologia das argilas, vol-1, editora Edgard Blucher, São Paulo, 1989.

[3] AMORIM, L.V.; Melhoria, Proteção e Recuperação da Reologia de Fluidos Hidroargilosos para Uso na Perfuração de Poços de Petróleo, Tese de Doutorado em Engenharia de Processos, CCT/UFCG, Campina Grande, Dezembro de 2003.

[4] LUMMUS, J.L.; AZAR, J.J., Drilling Fluids Optimization A Practical Field Approach, PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma, 1986.

[5] LUCKHAM, P. F. and ROSSI, S., 1999, The colloidal and rheological properties of bentonite suspensions, Adv. In Colloid and Interf. Sci., 82, 43 – 92.

[6] FARIAS, K. V., Influência de umectante aniônico na reologia e espessura do reboco de fluidos hidroargilosos. Dissertação de Mestrado, CCT/UFCG. Campina Grande, 2005.

[7] PETROBRAS, Ensaio de viscosificante para fluido de perfuração base de água na exploração e produção de petróleo, Método, N-2605, 1998.

[8] THOMAS, J.E., Fundamentos de engenharia de petróleo, Editora Interciência, Rio de Janeiro. 2001.

[9] KNECHTEL, M.M.; PATTERSON, S.H.; Bentonite Deposits in Marine Cretaceous Formations, Hardin District, Montana and Wyoming, U.S. Geol. Survey Bull. 1023 (1956). Drilling Fluids Components 605.

STUDY OF THE INTERACTION BETWEEN PARTICLES OF BENTONITE: USE OF DISPERSANTS ADDITIVES

ABSTRACT

This study evaluated the influence of dispersants additives on the interaction between particles the sodium bentonite clay in aqueous dispersion. Were measured for apparent viscosity (AV), plastic (PV) in Fann viscometer 35A with the dispersion additive before and after at room temperature and after heat aging (366k for 57600 seconds in roller Oven Fann). The dispersions were prepared at concentrations of clay 0,04 and 0,08 Kg/10⁻³m³ water and dispersant (sodium polyacrylate and sodium polyphosphate) and with 0,02 and 0,04 Kg/10⁻³m³ water. It was observed that the dispersions prepared from clay and dispersant to room temperature showed very likely associations between particles of the type face to face, characterized by low viscosity values compared to those containing only clay dispersions. Comparing the dispersions with the aging temperature, there was an increase of AV and PV being therefore the dispersion flocculated state, the type of combined face-to-edge and / or edge-to-edge.

Keywords: association between particles, dispersions, aging, viscosity.