ESTUDO REOLÓGICO E SÍNTESE DE ARGILAS ORGANOFÍLICAS PARA FUTURA APLICAÇÃO EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO DE BASES ORGÂNICAS

Sophia Barbosa Silva [1] (sophia.barbosa@academico.ifpb.edu.br), Luis Gustavo Rodrigues da Silva [1] (rodrigues.luis@academico.ifpb.edu.br), Danielly Vieira de Lucena Rocha Souto [1] (danielly.lucena@ufpb.edu.br), Jean Pierre Veronese [2] (jpveronese@hotmail.com)

[1] Instituto Federal da Paraíba, Campus Campina Grande (IFPB)
[2] Universidade Federal da paraíba (UFPB)

RESUMO: *As bentonitas são utilizadas em fluidos base água, assim como também pode ser incorporado a fluidos base óleo (RATKIEVICIUS et al., 2017). As argilas bentoníticas naturalmente não são organofílicas. Argilas organofílicas são materiais de engenharia que são obtidos por meio da capacidade de troca de cátions inorgânicos por cátions orgânicos em suas superfícies internas e externas, através dessa troca um material com diferentes propriedades físicas e químicas é produzido (OYANEDEL-CRAVER e SMITH, 2006; KARAGÜZEL et al., 2010). A modificação superficial de argilas é uma área que tem recebido bastante atenção porque permite ampliar os horizontes de aplicação das argilas, gerando novos materiais e novas aplicações. O processo de organofilização pode ser realizado a partir do tratamento com tensoativos ou com a aplicação de sais quaternários de amônio. Neste trabalho o processo de organofilização da argila foi realizado a partir do segundo método citado anteriormente em três argilas distintas, uma comercial (AI-1) e duas naturais (AN-1 e AN-2) visando aumentar a afinidade das mesmas pela fase orgânica de fluidos de perfuração, e avaliar seus desempenhos reológico para futura caracterização delas. Concluiu-se que é possível obtenção de fluidos com entre propriedades reológicas e de filtração adequadas nas amostras estudadas.*

PALAVRAS-CHAVE: *ORGANOFILIZAÇÃO, BENTONITA, FLUIDOS DE PERFURAÇÃO, REOLOGIA.*

RHEOLOGICAL STUDY AND SYNTHESIS OF ORGANOPHILIC CLAYS FOR FUTURE APPLICATION IN ORGANIC-BASED DRILLING FLUIDS

ABSTRACT:
Bentonite clays are used in water-based fluids, as well as being incorporated into oil-based fluids (RATKIEVICIUS et al., 2017). Naturally, bentonite clays are not organophilic. Organophilic clays are engineered materials obtained through the exchange of inorganic cations with organic cations on their internal and external surfaces. This ion exchange process produces materials with altered physical and chemical properties (OYANEDEL-CRAVER and SMITH, 2006; KARAGÜZEL et al., 2010). Surface modification of clays has garnered significant attention because it broadens their application potential, leading to the development of new materials and innovative applications. The organophilization process can be performed via treatment with surfactants or by the application of quaternary ammonium salts. In this study, the organophilization of the clay was carried out using the latter method on three distinct clays: one commercial (AI-1) and two natural (AN-1 and AN-2), with the aim of increasing their affinity for the organic phase of drilling fluids and evaluating their rheological performance for future characterization. It was concluded that it is possible to obtain fluids with suitable rheological and filtration properties in the tested samples.

KEYWORDS: *ORGANOPHILIZATION, BENTONITE, DRILLING FLUIDS, RHEOLOGY.*

1. INTRODUÇÃO

Argilas bentoníticas têm sido usadas há muitos anos como agente disperso na composição de fluidos de perfuração de poços de petróleo base água, pode-se destacar que um dos principais segmentos consumidores de argila bentonítica é a indústria petrolífera na qual ela é usada como agente tixotrópico em fluidos de perfuração de poços de petróleo, atribuindo aos fluidos, características físicas e propriedades químicas e reológicas específicas (CARDOSO *et al.,* 2013; CAENN & CHILLINGAR, 1996).

Segundo Zhang *et al.* (2013) a função predominante da bentonita no fluido de perfuração é conferir densidade ao fluido e ao mesmo a propriedade de tixotropia, ou seja, tornar possível que os cascalhos sejam mantidos em suspensão quando se dá parada da operação de perfuração e que readquiram fluidez no retorno da circulação.

Os fluidos base água são os mais fortemente utilizados nos processos de explotação de poços de petróleo e gás, contudo, em situações específicas sua aplicabilidade fica limitada, como por exemplo, nas perfurações em regiões que apresentam alta sensibilidade a água, (folhelhos arenosos), assim como também na perfuração em águas ultra profundas, nas quais o fluido aquoso não apresenta desempenho satisfatório para garantir o sucesso da operação de perfuração (LEAL *et al*., 2017).

No desenvolvimento de fluidos para as situações anteriormente citadas pode-se utilizar como uma alternativa os fluidos de perfuração base óleo, nestes casos, no entanto, há a necessidade do uso da argila bentonítica como agente viscosificante, pois, a argila bentonítica perde suas propriedades tixotrópicas em meios orgânicos, não podendo ser aplicada na base óleo sem um prévio tratamento para tornar suas superfícies hidrofóbicas, uma vez que naturalmente seu estado é hidrofílico (SILVA e FERREIRA, 2008).

Após o tratamento, estas argilas se tornam argilas organofílicas, e passam a apresentar quando dispersas no meio oleofílico, a capacidade de gelificação do fluido de perfuração, em virtude da recuperação de suas propriedades (SILVA, 2014).

Nesse cenário, a modificação superficial de argilas é uma área que tem despertado grande interesse dos pesquisadores, pois, por meio dos diversos tipos de orgaofilização é possível a preparação de novos materiais e novas aplicações.

Deste modo, há uma grande demanda em pesquisas para desenvolvimento e aprimoramento de fluidos de perfuração base orgânica diante os desafios atuais enfrentados pela indústria petrolífera nacional, especialmente em águas ultra profundas como no Pré-Sal, possibilitando a redução na importação de argilas organofílicas em detrimento ao desenvolvimento de técnicas de organofilização para uso das argilas disponíveis no mercado brasileiro.

O êxito e o custo das operações de perfuração dependem fundamentalmente, da qualidade dos fluidos de perfuração que possibilitem um processo de produção do petróleo mais prático, rápido

e eficiente. O Brasil se destaca na exploração de petróleo em águas profundas, nas quais são geralmente aplicados fluidos de perfuração à base de óleo (SILVA, 2014). Devido aos grandes desafios encontrados na perfuração de poços, é importante se desenvolver fluidos com propriedades adequadas e capazes de atender todas as exigências desta operação. As propriedades físico-químicas e reológicas devem ser cuidadosamente controladas para que um fluido possa exercer todas suas funções (SILVA, 2016).

Poucas pesquisas nos últimos anos (Akkal *et al.,* 2013; Hermoso *et al.,* 2014) concentraram-se no estudo de fluidos de perfuração à base de óleo (água / óleo) contendo argilas organofílicas. No entanto, a procura por estudos que abordem as particularidades desta temática para o setor de extração de petróleo e gás são crescentes.

A partir disto, pode-se apontar que o estudo da modificação superficial de diferentes tipos de argilas bentoníticas, através da organofilização (fazendo uso de tensoativos e por sal quaternário de amônio) para torná-las dispersáveis em solventes orgânicos é justificável por possibilitar a amplificação da aplicação de diferentes argilas como componentes de fluidos de perfuração base óleo de bom desempenho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

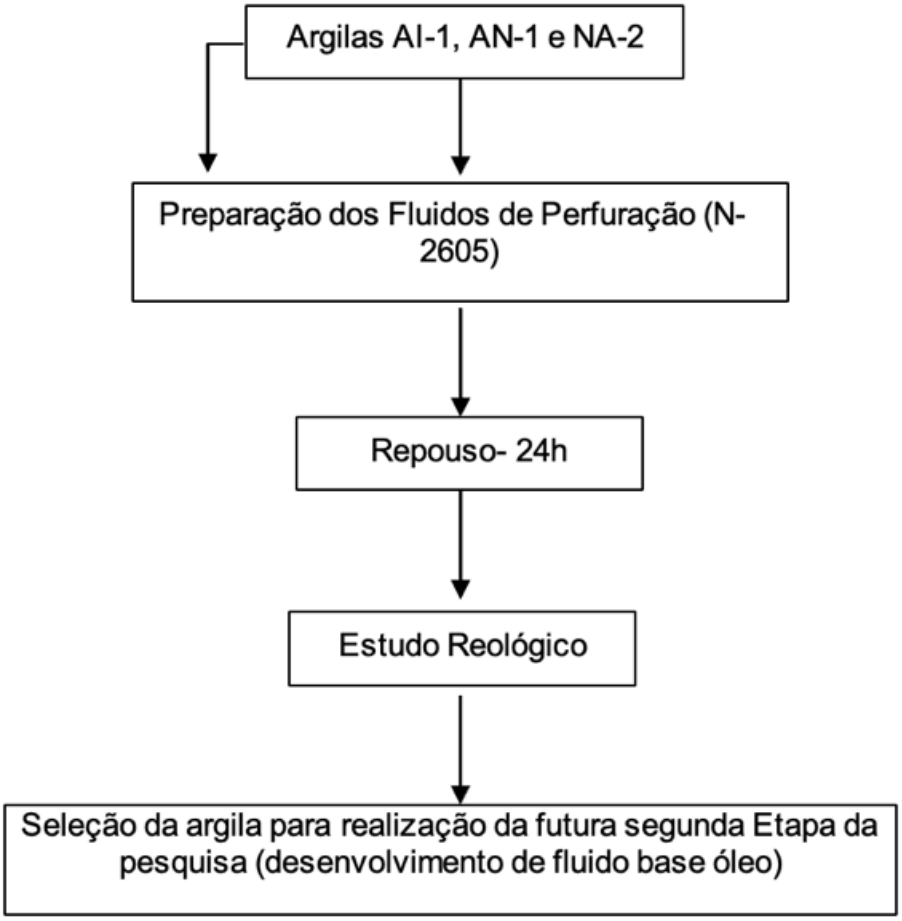
2.1. Materiais

Foram estudadas amostras de argilas bentoníticas sódicas utilizadas comercialmente (AI-1, NA-1 e NA-2) provenientes de jazidas da região de Boa Vista-PB. Foram estudados também duas amostras de viscosificantes poliméricos: uma amostra de alta viscosidade, denominada de AV e uma amostra de baixa viscosidade, denominada de BV. Para organofilização das argilas foi utilizado sal quaternário de amônio, o brometo de cetil trimetil amônio, $[C16H34N(CH3)3]^{+}Br^{-}$, mais conhecido como CETREMIDE, além destes materiais são utilizados também álcool etílico hidratado e querosene como meios líquidos orgânicos dispersantes para preparação dos fluidos à base de óleo.

2.2. Métodos

O preparo e estudo dos fluidos desenvolvidos foram realizados no Laboratório de Análise de Rochas e Fluidos e no Laboratório de Mineração do IFPB- Campus Campina Grande do IFPB- Campus Campina Grande. A Figura 1 mostra o organograma desenvolvido.

FIGURA 1: Fluxograma organizacional para desenvolvimento da primeira da primeira etapa do trabalho abordada neste artigo.



Fonte: Autoria própria (2025).

2.2.1. Preparação dos fluidos argilosos

Os fluidos de perfuração hidroargilosos foram preparados segundo a norma N-2605 (Petrobras, 1998), que consiste em adicionar o proporcional a 24,3 g de argila, correspondente a 4,86% em massa, em 500 mL de água e agitar durante 20 min a uma velocidade entre 13.000 rpm e 17.000 rpm, em agitador mecânico da marca Hamilton Beach, modelo 936 (Figura 2). A seguir, o fluido permanece em repouso durante 24 h.

FIGURA 2: Agitador de alta rotação Hamilton Beach modelo 936.



Fonte: Autoria própria (2025).

2.2.2. Estudo reológico

Para determinação das propriedades reológicas os fluidos desenvolvidos foram agitados durante 5 minutos em agitador mecânico Hamilton Beach, modelo 936, na velocidade de 17.000rpm. Após a agitação, o fluido será transferido para o recipiente do viscosímetro Fann modelo 35A. O viscosímetro foi acionado na velocidade de 600rpm durante 2 minutos e efetuada a leitura. Logo após, a velocidade foi mudada para 300rpm, efetuando a leitura após 15 segundos. Novamente, foi mudada a velocidade para 200 rpm. Após a estabilização do sistema, realizou-se a leitura. O mesmo procedimento foi utilizado para as velocidades de 100, 6 e 3 rpm, a partir desde dados será traçada a curva de fluxo dos fluidos desenvolvidos.

A viscosidade aparente (VA) é dada pelo valor obtido na leitura a 600rpm dividido por 2, dada em cP, e a viscosidade plástica (VP) é a diferença das leituras obtidas a 600 rpm e a 300rpm, dada também em cP. O limite de escoamento (LE) é a diferença entre a leitura obtida a 300 rpm e a viscosidade plástica (VP) de acordo com a norma 13 B-1 da API (2003).

2.2.3. Preparação das amostras

Para a realização dos ensaios de caracterização se fez necessário primeiramente à preparação das amostras para análise. Para isto, as amostras de argilas (antes e após a organofilização) foram moídas com auxílio de almofariz e pistilo e em seguida, passaram por peneiragem utilizando peneiras

de 200 mesh (0,074 mm), devendo ter a umidade do local de onde foi extraída conservada ao máximo.

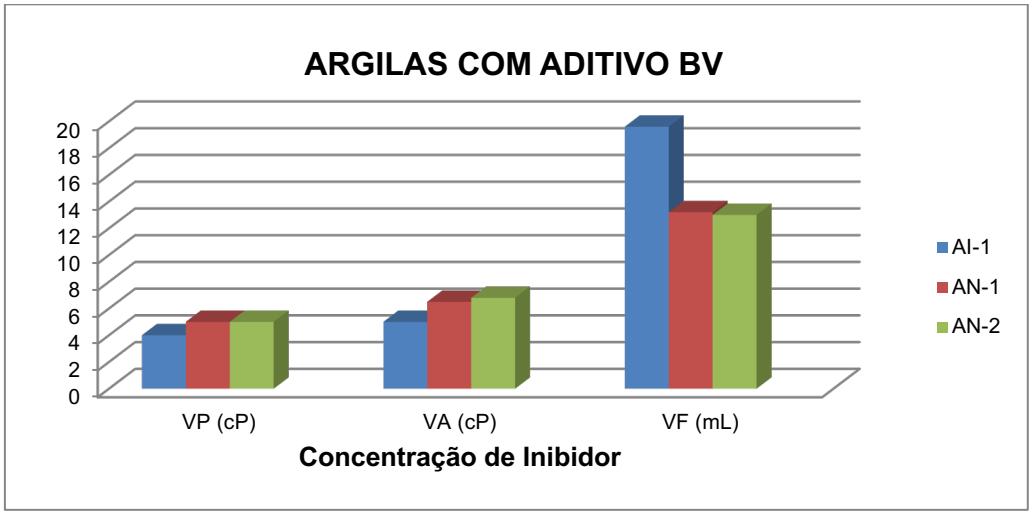
3. RESULTADOS

As Figuras 3 e 4 apresenta os valores das principais propriedades reológicas dos fluidos de perfuração desenvolvidos obtidas no ensaio reológico realizado no viscosímetro Fann 35ª e filtro prensa.

De acordo com os resultados representados nas Figuras 3 e 4 os fluidos analisados são classificados como plásticos, os quais em repouso pode formar uma rede estruturada interpartículas que limitam a mudança posicional de um elemento de volume e atribui ao sistema uma estrutura geleificada de alta viscosidade e que apresentam aumento de fluxo quando a taxa de cisalhamento é aumentada, ou seja, os fluidos tendem a ter um comportamento mais fluido quando a vazão aumenta, podendo se manifestar reversivelmente, voltando a sua forma original quando o cisalhamento é interrompido.

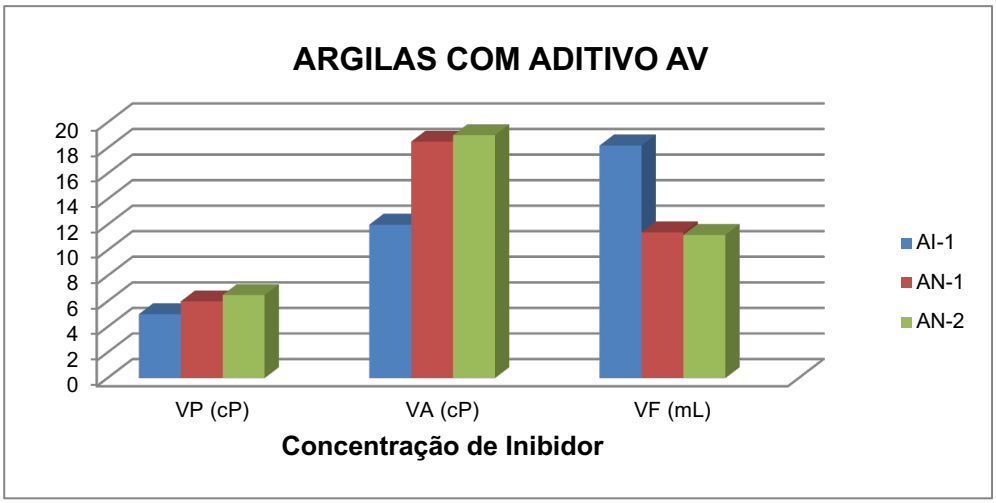
De acordo com as normas da Petrobras (1998), os fluidos argilosos devem apresentar viscosidade aparente (VA) igual ou superior a 15 cP, viscosidade plástica (VP) maior ou igual a 4,0 cP e o volume de filtrado inferior a 18mL. A partir disto, e da análise da Figura 3 observa-se que em relação à propriedade de VA e VP os fluidos AN-1 e AN-2 e apresentaram valores compatíveis com o estabelecido por norma. Em relação a análise da Figura 4 todas as amostras apresentam VA e VP dentro dos valores exigidos por norma.

FIGURA 3: Propriedades reológicas e de filtração dos fluidos de perfuração preparados com as argilas aditivadas com viscosificante de baixa viscosidade (BV).



Fonte: Autoria própria (2025).

FIGURA 4: Propriedades reológicas e de filtração dos fluidos de perfuração preparados com as argilas aditivadas com viscosificante de alta viscosidade (AV).



Fonte: Autoria própria (2025).

Analisando os dados de VF, observa-se que o aditivo de baixa viscosidade promove redução do volume de filtrado de modo menos eficiente que o AV que se trata de um polímero de cadeia mais longa.

Este comportamento em relação à inserção de aditivos é esperado e decorrente, neste caso, da ação do viscosificante de alta viscosidade, que é um aditivo que tem como principal função conferir viscosidade ao fluido de forma mais incisiva do que o viscosificante de baixa.

Analisando conjuntamente os resultados dos fluidos preparados com a argilas AI-1, AN-1 e AN-2 PA, observa-se que a aditivação polimérica resulta em melhoria nas propriedades reológicas e de filtração, tendo como resultados mais significativos para cada argila e que atendem as exigências da norma 13 B-1 da API (2003).

Segundo HELLER & KEREN (2002), a presença de estrutura tridimensionais em polímeros de alto peso molecular (> 2 x 10^5), nos quais polímeros de igual tamanho de cadeia são grandes o bastante para proporcionar a formação de pontes entre partículas, isto é, o polímero é adsorvido por mais de uma partícula de argila. A adsorção do polímero ocorre sobre a superfície das partículas de argila e este fenômeno ocorre devido à forma irregular do polímero.

Com isso, podemos observar que apenas os fluidos desenvolvidos com as argilas AN-1 e AN-2 estão dentro dos parâmetros de acordo com o normatizado pela Petrobras para todos os parâmetros e para o uso dos dois tipos de viscosificantes, deste modo, apenas estas amostras de argilas foram selecionadas para realização da etapa de organofilização das amostras para uma futura inserção em fluidos de base orgânica.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos na primeira etapa da pesquisa no estudo reológico dos fluidos preparados com as argilas AI-1, NA-1 e NA-2, concluiu-se que:

• será indicado obter argilas organofílicas a partir das amostras de argilas NA-1 e NA-2;

• os fluidos de perfuração preparados com a argila AN-1 e NA-2, sem aditivação, apresentam melhores comportamento reológico, com valores de VA, VP e LE que satisfazem as especificações da Norma 13 B-1 da API (2003), para uso na perfuração de poços em relação ao fluido preparado com. A argila AI-1, amplamente utilizada para esta finalidade;

• a aditivação polimérica oferece uma melhoria nas propriedades reológicas e de filtração dos fluidos de perfuração preparados com as argilas AI-1, NA-1 e NA-2, sendo os melhores resultados obtidos com a incorporação dos polímeros AV e,

• é possível o desenvolvimento de fluidos de perfuração argilosos de acordo com a norma a partir de argilas bentoníticas da região de Boa Vista-PB de menor uso para esse fim;

REFERÊNCIAS

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE - API, Recommended Practice Standard Procedure for Field Testing Water-based Drilling Fluids, 5ª Edição, 2011.

AKKAL, R. et al, Rheo-SAXS investigation of organoclay water in oil emulsions. *Colloids* and *Surfaces A: Physicochemical* and *Engineering* Aspects, v. 436, p. 751–762, 2013.

CARDOSO, M. A. F., SILVA, I. A., NEVES, G.A., FERREIRA, H.C., DANTAS, M. M., CHAVES, A. C., PEREIRA, I. D. S. GRANULOMETRIC ANALYSIS OF SMECTITE CLAYS IN THE CITY. PEDRA LAVRADA-PB. Materials Science Forum (Online), 2013.

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

HELLER, H.; KEREN, R. Anionic Polyacrylamide Polymers Effect on Rheological Behavior of Sodium-Montmorillonite Suspensions. Soil Science Society of America Journal, Madison, v 66, n 1, p. 19-25, 2002.

HERMOSO, J., MARTINEZ-BOZA, F., GALLEGOS, C., Influence of viscosity modifier nature and concentration on the viscous flow behaviour of oil-based drilling fluids at high pressure. Applied Clay Science, v. 87, p. 14–21, 2014.

KARAGÜZEL, C., ÇETINEL, T., BOYLU, F., ÇINKU, H., CELIK, M. S., Activation of (Na, Ca) bentonites with soda and MgO and their utilization as drilling mud. Applied Clay Science, 48, 398-404, 2010.

LEAL, C. A.; SOUZA, R. C. R.; BALABAN, R. C.; AMORIM, L. V., Avaliação de emulsificante baseado na borra de óleo de soja para fluidos de perfuração sintéticos. Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração; São Paulo Vol. 14, Iss. 2, (Apr-Jun 2017): 100-106.

OYANEDEL-CRAVER, V. A., SMITH, J. A., Effect of quaternary ammonium cation loading and pH on heavy metal sorption to Ca bentonite and two organobentoites, Journal of Hazardous Materials, Volume 137, Issue 2, 21, p. 1102-1114, 2006.

PETROBRAS, Argila ativada para fluido de perfuração à base de água na exploração e produção de petróleo, Método, N-2605, 1998.

RATKIEVICIUS, L. A.; CUNHA FILHO, F. J. V.; BARROS NETO, E. L.; SANTANNA, V.C. Modification of bentonite clay by a cationic surfactant to be used as a viscosity enhancer in vegetable-oil-based drilling fluid, Applied Clay Science, v.135, p. 307–312, 2017.

SILVA, M. M.; PATRÍCIO, A. C. L.; LIMA, W. S.; LABORDE, H. M.; RODRIGUES, M. G. F.; Preparação e avaliação da argila verde organofílica usando diferentes concentrações de surfactante catiônico visando seu uso na separação óleo/água. scientia plena, v. 7, n. 9, (2011).

SILVA, R. P., Estudo de tensoativos na organofilização de argila bentonítica para uso em fluido de perfuração à base de óleo, Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Petróleo – PPGCEP- UFRN, Natal- RN, 2016.

SILVA, A. R. V.; FERREIRA, H. C. Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, síntese, usos industriais e produtores/fornecedores nacionais e internacionais. Revista Eletrônica de Materiais e Processos (REMAP), 26-35, v. 3, n. 2, 2008.

ZHANG, M.; LI, L.; XU, J., SUN, D. Effect of polyisobutylenesuccinimide on low temperature rheology and dispersibility of clay particles in mineral oil. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Pequim, v. 431, p. 133–141, 2013.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.