

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Análise comparativa de diferentes metodologias para medição e controle do inchamento de argilas expansíveis

AUTORES:

Danielly Vieira de Lucena¹, Carlos Magno Rocha Almeida Souto², Clarice Oliveira da Rocha¹

INSTITUIÇÃO:

1- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba- *Campus* Campina Grande, 2- Universidade Federal de Campina Grande

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 7º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás- 7º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás-ABPG, no período de 27 a 30 de outubro de 2013, em Aracaju-SE. 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 7ºPDPETRO.

ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFERENTES METODOLOGIAS PARA MEDIÇÃO E CONTROLE DO INCHAMENTO DE ARGILAS

Abstract

The wells stability problem relates to the increased number of drilling scenarios involving shells where the presence of geological formations of difficult drilling is common; like swelling clays, are configured as one of the main difficulties encountered in oil well drilling operations. These problems are caused by the expandable clay comes in contact with water and undergoes hydration, resulting in increased basal interplanar distance. This phenomenon is known by the swelling or expansion. Currently, there are several techniques applied for the analysis of the degree of swelling of reactive formations. This work aims to analyze the inhibitory properties of expandable clay formations (clays Brasgel PA and Cloisite) against two different methodologies of swelling degree analysis (Foster swelling and swelling test by the standard ASTM D 5890- 2011). The results obtained showed that there is a close correlation between the techniques used, that is, both assays showed close values of swelling to formulations of the solutions analyzed. It was also observed for both techniques that the use of the expansion inhibitor leads to a drastic decrease in the swelling value of the analyzed volume. In general, it is indicated that both techniques are representative in assessing the inhibitory property of swelling degree of reactive formations.

Introdução

Os fluidos de perfuração, também chamados de lamas, são indispensáveis à indústria de perfuração de poços de petróleo. Seu uso remonta da antiguidade, quando eram utilizados como material para auxiliar as ferramentas de corte na perfuração de poços com outras finalidades. Os fluidos de perfuração são de vital importância em um sistema de exploração de óleo e gás, onde sua eficiência é imensa, tendo como principais funções a de limpar o fundo do poço dos cascalhos gerados pela broca e transportá-los até a superfície, exercer pressão hidrostática sobre as formações, de modo a evitar o influxo de fluidos indesejáveis (*kick*) e estabilizar as paredes do poço, resfriar e lubrificar a coluna de perfuração e a broca (TRENERY, 2007).

As lamas devem ainda apresentar características especiais que garantam uma perfuração eficiente, segura e rápida. Devem também garantir que o fluido seja quimicamente estável, ter capacidade de estabilizar as paredes do poço, permitir uma fácil separação dos cascalhos da superfície e manter os sólidos em suspensão quando estiver em repouso (TRENERY, 2007). Quando a perfuração atravessa formações geológicas contendo folhelhos hidratáveis e é viável a utilização de fluidos à base de água, há a necessidade do uso de produtos químicos com o objetivo de evitar a incorporação dos sólidos perfurados ao fluido de perfuração, o inchamento e o desmoronamento das paredes do poço (SERRA, 2003).

Aproximadamente 75% das formações geológicas perfuradas em poços de petróleo contêm folhelhos ativos e, em geral, o teor de argilas hidratáveis no folhelho é superior a 50%. Além disso, mais de 90% dos problemas relativos à falta de estabilidade das paredes do poço estão relacionados à inabilidade do fluido de perfuração em controlar a hidratação e, conseqüentemente, o inchamento desses folhelhos (PEREIRA, 2009). A sensibilidade à hidratação que tais formações possuem pode ocasionar drásticos danos, tais como: prisão de ferramentas, encerramento de brocas, desmoronamento das paredes do poço, baixa eficiência na remoção de sólidos, obstrução do espaço anular, bem como alteração e comprometimento das propriedades físicas, reológicas, de filtração e lubricidade do fluido de perfuração.

Esses problemas podem ser evitados com a escolha adequada do tipo de fluido, assim como o seu melhor dimensionamento. Durante muitos anos foram utilizados fluidos à base de óleo, contudo, em virtude dos impactos ambientais sua utilização tem se tornado cada vez mais restrita. Atualmente,

têm sido empregados fluidos sintéticos, cuja desvantagem é o alto custo. Assim, os fluidos de base aquosa, considerados menos agressivos ao meio ambiente e de menor custo, surgem como alternativa e, neste caso, os fluidos devem conter aditivos conhecidos como inibidores. Os inibidores são produtos químicos destinados a prevenir ou minimizar, de forma eficaz, o processo de hidratação e conseqüente inchamento das argilas e folhelhos.

O mecanismo de atuação desses inibidores consiste na fixação, por adsorção ou ligação química efetiva, da fração catiônica na superfície negativa da argila, liberando “equimolarmente” o cátion original presente no argilomineral. Os cloretos de sódio (NaCl) e de potássio (KCl) são os inibidores químicos mais comuns em fluidos de perfuração (VIDAL, 2007). Hoje, em virtude das regulamentações propostas pelas agências de proteção ambiental, a aplicação destes inibidores tem sido amplamente discutida e novos produtos, isentos de cloro, vêm sendo desenvolvidos.

Metodologia

Materiais

Foram estudadas duas amostras de argilas bentoníticas, uma amostra de argila industrializada, conhecida comercialmente por Brasgel PA (a argila foi fornecida pela empresa Bentonit União Nordeste Ltda – BUN, situada na Avenida Assis Chateaubriand, 3877, Campina Grande, PB), assim como também, uma amostra de argila bentonítica industrializada importada, naturalmente sódica, proveniente da empresa "Southern Clay", Texas, Estados Unidos, conhecida por Cloisite, ambas de alto grau de inchamento. Foram também selecionados um inibidor de inchamento de argilas isento de cloro (citrato de potássio) e um inibidor comercial, utilizado na pesquisa como inibidor para fins comparativos de desempenho (inibidor padrão), sendo ele o KCl. Os aditivos foram estudados isoladamente e submetidos a testes de inchamento de Foster e teste de inchamento de acordo com a norma ASTM D 5890- 2011 descritos a seguir.

Métodos

Inchamento de Foster

Com o objetivo de selecionar as concentrações dos inibidores que apresentem os melhores resultados em relação ao seu desempenho e de avaliar o grau de inibição de argilas expansivas dos inibidores químicos, foram realizados ensaios baseados na metodologia de inchamento de Foster (1953).

Para tanto, em uma proveta de 100mL de capacidade contendo 50mL de água e inibidores nas concentrações definidas (12, 16 e 20g de inibidor/350mL de água) foi adicionado lentamente 1g de argila bentonítica ativada. Os sistemas foram deixados em repouso e após 24h foram efetuadas as leituras do inchamento. Esta etapa foi desenvolvida no Laboratório de Pesquisa em Fluidos de Perfuração do LABDES/ UFCG.

A Figura 1 apresenta o fluxograma com as etapas para a realização dos ensaios de Inchamento de Foster.



Figura 1: Fluxograma das etapas realizadas para a obtenção do grau de inibição de argilas expansivas dos inibidores químicos utilizando método de Inchamento de Foster.

Teste de inchamento (Norma ASTM D 5890- 2011)

Com o objetivo de selecionar as concentrações dos inibidores que apresentem os melhores resultados em relação ao seu desempenho e de avaliar o grau de inibição de argilas expansivas dos inibidores químicos, foi realizado o teste de inchamento. O teste é baseado no *Standard Test Method for Swell Index of Clay Mineral Component of Geosynthetic Clay Liners* (ASTM D 5890-11).

Para isto, em uma proveta de 100mL de capacidade contendo 90mL de água e de soluções de água com inibidores (sulfato de potássio, acetato de potássio, citrato de potássio e cloreto de potássio) nas concentrações definidas (12, 16 e 20g de inibidor/ 350mL de água) foram adicionados lentamente 1g de argila bentonítica seca passada em peneira ABNT n° 200 (0,074mm). A solução foi deixada em repouso por 10 minutos. Em seguida, foram realizados incrementos de 0,1g de massa de argila na solução a cada 10 minutos até atingir-se uma massa total de 2g de argila na solução. Após a adição de toda a massa de argila as laterais da proveta foram cuidadosamente lavadas de modo a retirar qualquer partícula que tenha aderido ao recipiente. Esta lavagem foi realizada até atingir-se 100mL de volume da proveta. As soluções foram deixadas em repouso durante 16h e após este intervalo de tempo foi lido o inchamento registrado para cada amostra. O procedimento foi realizado para as argilas Brasgel PA e Cloisite. Esta etapa foi desenvolvida no Laboratório de Pesquisa de Fluidos de Perfuração - PEFLAB do LABDES/ UFCG.

Resultados e Discussão

Nas Figuras de 2 a 5 estão apresentados os resultados dos ensaios de inchamento de Foster e para o teste de inchamento (Norma ASTM D 5890- 2011) dos inibidores citrato de potássio e cloreto de potássio isoladamente, para diferentes concentrações na presença das argilas Brasgel PA e Cloisite, respectivamente.

As classificações consideradas para o inchamento foram: valores iguais ou inferiores a 2mL/ g foram considerados como não inchamento ou inchamento nulo, valores maiores que 2 e menores ou iguais a 5mL/ g como inchamento baixo, valores maiores que 5 e menores ou iguais a 8mL/ g como inchamento médio e valores acima de 8mL/ g como inchamento alto (FERREIRA, 2009).

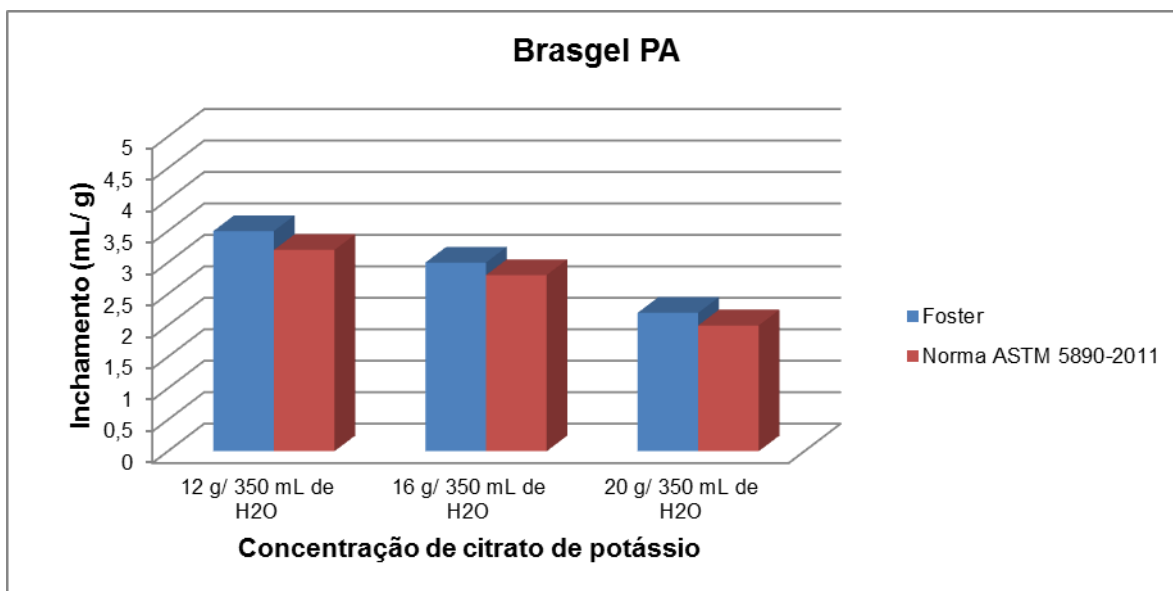


Figura 2: Resultados de inchamento para as metodologias de inchamento de Foster e para o teste de inchamento (Norma ASTM 5890- 2011) da argila Brasgel PA para o inibidor citrato de potássio.

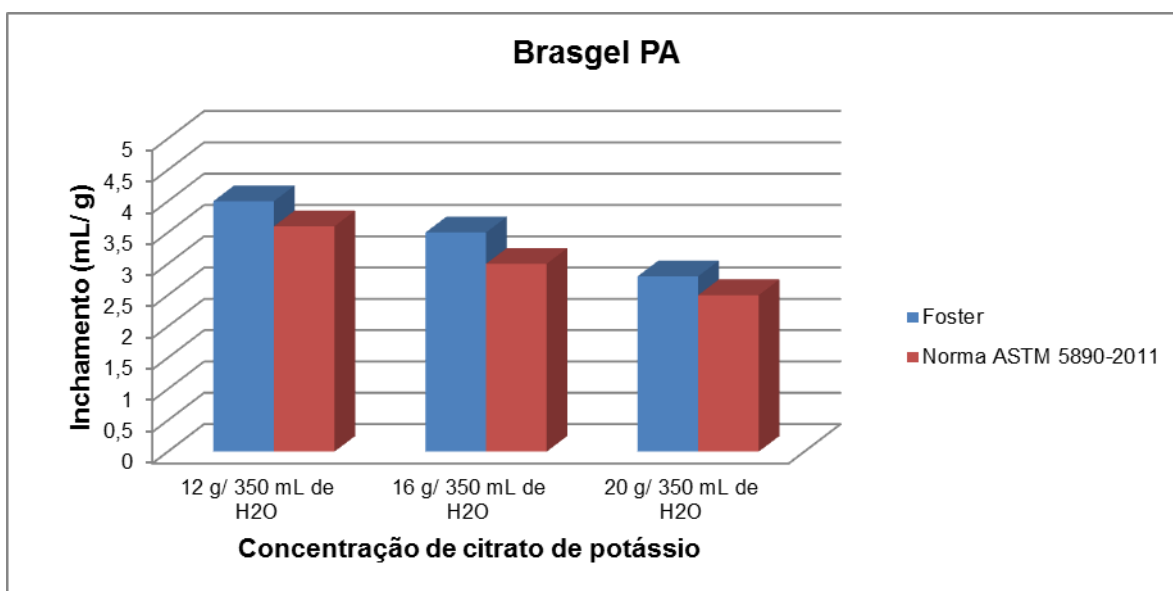


Figura 3: Resultados de inchamento para as metodologias de inchamento de Foster e para o teste de inchamento (Norma ASTM 5890- 2011) da argila Brasgel PA para o inibidor cloreto de potássio.

Com a análise da Figura 2, pode-se constatar que para concentração de 20 g/ 350 mL de água que a argila em solução contendo citrato de potássio apresentou valor nulo de inchamento, para ambas as técnicas de análise de inchamento comprovando a efetiva inibição a partir desta concentração. Observa-se também que para o ensaio de inchamento de acordo com a norma ASTM 5890 20011 que o valor de inchamento observado foi levemente menor que o apresentado pela técnica de inchamento de Foster. Para o ensaio em água (sem presença de inibidor) a Brasgel PA apresentou um inchamento de 18 mL.

Na Figura 2 percebe-se ainda que as duas técnicas de inchamento indicam inchamento baixo da argila Brasgel PA para a concentração de 12g de citrato de potássio/ 350mL de água, o mesmo ocorre para a concentração de 16g de citrato de potássio/ 350mL de água, ou seja, ambas técnicas de inchamento apontaram inchamento baixo de argila Brasgel PA. Ambos os ensaios de análise de

inchamento foi indicado inchamento nulo para concentração de 20g de citrato de potássio/ 350mL de água.

Pode-se analisar por meio do gráfico contido na Figura 3 que à medida que a concentração do inibidor aumenta houve uma redução significativa do valor do inchamento, contudo nenhuma das soluções contendo cloreto de potássio atingiu a nulidade do inchamento da argila Brasgel PA. Deste modo, ao fazer-se um comparativo com o apresentado na Figura 1 pode-se indicar que o inibidor citrato de potássio apresenta melhor desempenho no controle de expansão que o inibidor cloreto de potássio que é amplamente utilizado na formulação de fluidos de perfuração. Indica-se também que assim como na análise da Figura 2, a classificação do grau de inchamento para as concentrações expostas na Figura 3 permaneceram inalteradas, pois, baixo grau inchamento foi observado para todas concentrações ensaiadas em relação as duas técnicas aplicadas.

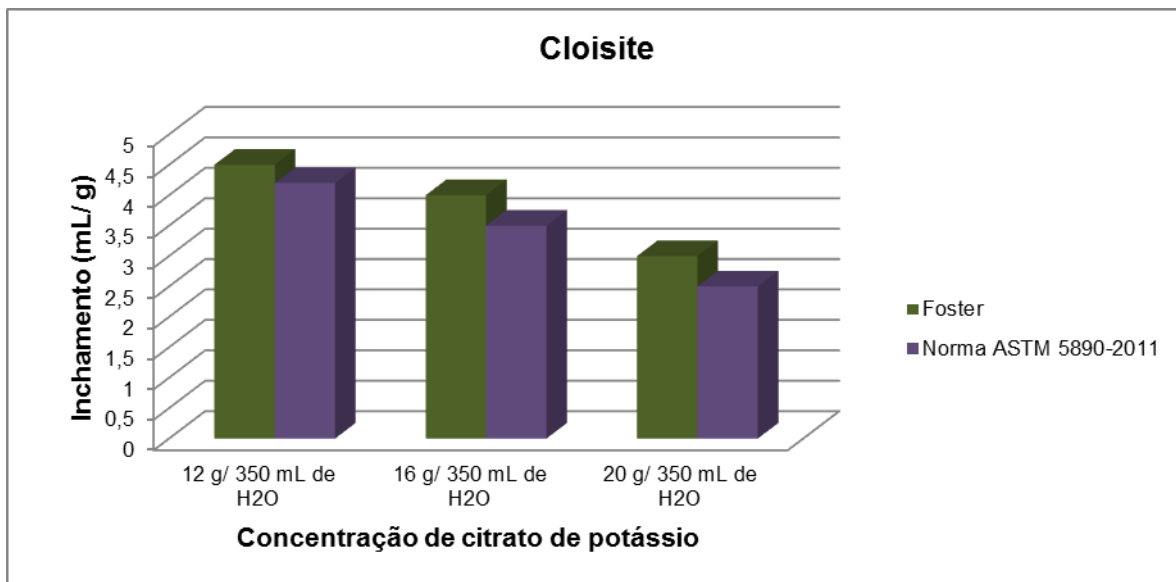


Figura 4: Resultados de inchamento para as metodologias de inchamento de Foster e para o teste de inchamento (Norma ASTM 5890- 2011) da argila Cloisite para o inibidor citrato de potássio.

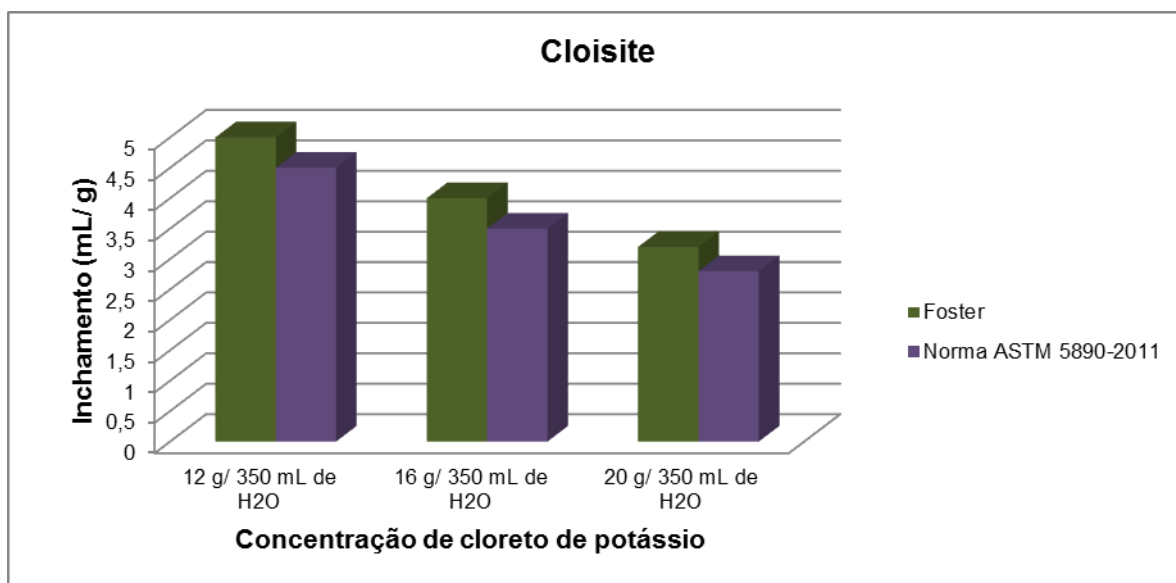


Figura 5: Resultados de inchamento para as metodologias de inchamento de Foster e para o teste de inchamento (Norma ASTM 5890- 2011) da argila Cloisite para o inibidor cloreto de potássio.

A partir da Figura 4 observa-se a mesma tendência constatada anteriormente, ou seja, o aumento no teor do inibidor promoveu redução dos valores de inchamento. Comparando-se as técnicas de inchamento de Foster e de inchamento de acordo com a norma ASTM 5890 2011, que a última apresentou valores inferiores em relação à primeira, tal fato pode estar relacionado com as diferentes metodologias que ambos ensaios apresentam. Pode-se também observar que os valores de inchamento para a argila Cloisite foram superiores aos observados para argila Brasgel PA para todas as concentrações analisadas. Tal fato pode ser explicado pela grande capacidade de expansão que a argila Cloisite apresenta o que dificulta o controle da hidratação da mesma, refletindo assim, em maiores valores de expansão. O inchamento de Foster obtido para o ensaio da Cloisite em água foi de 22 mL.

Na Figura 5, pode-se constatar o desempenho menos eficiente no controle de inchamento em comparativo com as Figuras 2,3 e 4. Isto se deve primeiramente ao fato relatado por Lucena (2014) que aponta que a argila Cloisite apresenta maior reatividade frente a argila Brasgel PA, além disto, o inibidor cloreto de potássio mostra-se menos eficiente do que o cloreto de potássio.

O melhor desempenho do citrato de potássio na capacidade de controle de hidratação do citrato de potássio pode ser proveniente da inibição física do inibidor que é promovida pelo contra-íon que apresenta três sítios ativos aniônicos, que promove um aumento da inibição física (a partir da união das arestas da argila) com o aumento da concentração.

De modo geral, o aumento da concentração do inibidor apresentou maior capacidade de controle de hidratação com, deste modo, pode-se indicar que o incremento da concentração do inibidor acarreta na capacidade bastante acentuada na redução da expansão. Além disso, de modo geral, ambos os inibidores foram efetivos no controle do inchamento quando comparados aos ensaios realizados sem a presença destes aditivos.

Pode-se ainda observar que os valores de grau de expansão apresentados pelo teste de inchamento baseado na norma 5890 2011 foram ligeiramente inferiores aos exibidos pelo inchamento de Foster (por exemplo, na Figura 2 o valor do grau de inchamento foi de 4mL para primeira e 3,6mL para segunda), tal fato pode ser advindo da maior precisão do teste baseado na norma, pois, o mesmo permite que o inibidor tenha maior contato com as lamelas da argila já que a adição da mesma foi realizada em pequenas porções ao longo do tempo, enquanto que no inchamento de Foster a porção de argila foi adicionada de uma só vez na sua totalidade na solução contendo água e inibidor.

Na análise comparativa dos ensaios de inchamento pode-se observar que ambos podem ser considerados efetivos, pois, para as duas técnicas, a classificação do grau de inchamento manteve-se inalterada. Esta conclusão baseia-se nos na observação dos resultados obtidos nas Figuras 2, 3, 4 e 5, pois, mesmo com a pequena variação de valores de grau de inchamento observado em todas as concentrações analisadas, para os dois inibidores nas duas argilas estudadas a classificação final relativa ao grau de inchamento apresentou-se a mesma tanto para o inchamento de Foster quanto para o teste de inchamento baseado na norma ASTM 5890 2011 o que indicou que o uso de ambas as técnicas tendem a indicar o mesmo resultado.

Conclusões

Tendo como objetivo analisar as propriedades inibitivas de formações argilosas expansíveis (argilas Brasgel PA e Cloisite) frente a duas diferentes metodologias de análise do grau de inchamento conclui-se que:

- pode-se observar que o aumento da concentração do inibidor promoveu uma redução do valor do inchamento tanto da argila Brasgel PA, quanto da argila Cloisite nas duas técnicas analisadas, indicando assim, que a presença do inibidor realmente é efetiva no controle do inchamento de formações reativas;

-para ambas as técnicas observa-se valor nulo de inchamento da argila Brasgel PA para concentração de 20 g de inibidor para 350 mL de água, comprovando a efetiva inibição a partir desta concentração;

-a argila Cloisite apresentou valores de inchamento baixo a partir da concentração e 12 g de inibidor para 350 mL;

-observa-se que os valores de inchamento para a argila Cloisite foram superiores aos observados para argila Brasgel PA para todas as concentrações analisadas, fato advindo da grande capacidade de expansão apresentada pela argila Cloisite e,

- a classificação do grau de inchamento apresentada pelas duas técnicas indicou que ambas apresentam inalteração de resultados de expansão, ou seja, as duas técnicas exibem semelhante eficácia na classificação do grau de inchamento de argilas reativas.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com apoio do Programa de Apoio Institucional à Pesquisa – Bolsa de Pesquisador do IFPB, à System Mud Indústria e Comércio Ltda. pelo fornecimento dos aditivos estudados, ao Laboratório de Pesquisa de Fluidos de Perfuração - PEFLAB do LABDES/ UFCG pelo uso de suas instalações físicas e ao Prof. Gelmires pelo fornecimento da amostra de argila Cloisite.

Referências Bibliográficas

-FERREIRA, H. S. **Otimização do Processo de Organofilização de Bentonitas Visando seu Uso em Fluidos de Perfuração não Aquosos**, Tese de Doutorado apresentada ao Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande, Novembro de 2009.

-FOSTER, M.D., **Geochemical studies of clay minerals. (ii) relation between ionic substitution and swelling in montmorillonite**, American Mineralogy 38, 1953, p. 994.

- PEREIRA, E., **Uso de Inibidores de Argilas como Solução de Problemas em Sondagem**, Disponível em: www.systemmud.com.br, Acesso em: novembro, 2009.

-SERRA, A.C.S., **A Influência de Aditivos de Lama de Perfuração Sobre as Propriedades Geoquímicas de Óleos**. Rio de Janeiro: Tese de doutorado-UFRJ. 2003. 163p.

-**Standard Test Method for Swell Index of Clay Mineral Component of Geosynthetic Clay Liners**- ASTM D 5890-11.

-TRENER, J.; MULLEN, G., **Water-based fluid performs like oil-based mud**, Disponível em <http://www.eandpnet.com/area/exp/744.htm>. Acesso em fevereiro de 2009.

-VIDAL, E.L.F., **Relatório de estágio**. Documento interno da PETROBRAS. Natal, RN, 2007, 27p.