

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de P&D em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

CARACTERIZAÇÃO X AVALIAÇÃO DO INCHAMENTO: CORRELAÇÃO DAS PROPRIEDADES PARA EXPLICAR O FENÔMENO DE EXPANSÃO EM ARGILAS

AUTORES:

Danielly Vieira de Lucena, Carlos Magno Rocha Almeida Souto, Clarice Oliveira da Rocha

INSTITUIÇÃO:

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, Universidade Federal de Campina Grande-UFCG

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 9º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 09 a 11 de novembro de 2017, em Maceió/AL. 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 9º PDPETRO.

CARACTERIZAÇÃO X AVALIAÇÃO DO INCHAMENTO: CORRELAÇÃO DAS PROPRIEDADES PARA EXPLICAR O FENÔMENO DE EXPANSÃO EM ARGILAS

Abstract

The expansion of clay in the presence of water is a rather complex phenomenon. Studies of water adsorption by the bentonite layers indicate that the hydration capacity depends strongly on the exchangeable cations present, as well as on the water / clay content ratio. It is known that the content of smectite present in the shales is often the only property of the shale studied to define the type of drilling fluid chosen, due to the high potential of expansion of these clay minerals with their reactivity potential. Thus, the knowledge of the properties presented by smectites is of great importance to explain the phenomenon related to the hydration of formations that contain them in great proportion. In this way, this work aims to correlate the characterization of clays with their expansion potential. For this, two samples of high swelling bentonite clay were studied the Cloisite and Bragel PA and a clay sample of low reactivity (green mud). Cation exchange capacity (CTC), thermogravimetric analysis (ATD), X-ray diffraction (XRD) and swelling test (EI) and capillary suction time (CST) were analyzed. The results indicated that the clays that showed a high degree of expansion in the tests that evaluated the swelling of the formations (EI and CST) were the ones with the highest CEC values, the presence of smectite in the XRD and that the ATG test was shown to be An important tool that can be used to understand the hydration of the swelling process of clay minerals by revealing the distribution of water in a clay at several specific sites of the mineral structure. Thus, the work concluded that from the characterization can be described the sensitivity of certain geological formation to hydration, and can be used as effective tools for this purpose.

Introdução

Durante a perfuração de um poço de petróleo, utiliza-se um fluido de perfuração. Thomas (2001) definiu um fluido como 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.

A composição desses fluidos depende dos requisitos de cada operação de perfuração em particular. Na medida em que os furos atravessam diversos tipos de formações, surge a necessidade de se recorrer a este ou àquele dos diversos tipos de fluidos de perfuração. Economia, contaminação, disponibilidade de água de compensação, pressão, temperatura e muitos outros fatores são todos significativos na escolha do fluido.

Além disso, o mesmo desempenha várias funções destinadas a auxiliar o processo de perfuração de poços de petróleo. Sendo responsável pelo transporte dos cascalhos perfurados até a superfície, pela sustentação mecânica das paredes do poço, contenção da produção indesejável de fluidos presentes na formação, resfriar e lubrificar a broca e a coluna de perfuração.

Aproximadamente, 75% das formações perfuradas em poços de petróleo contêm folhelhos ativos e mais de 90% dos problemas de estabilidade das paredes do poço estão relacionados à inabilidade do fluido de perfuração em controlar esses folhelhos. Essa inabilidade pode conduzir a problemas como: encrascamento de brocas, prisão da coluna de perfuração, baixa eficiência na remoção de sólidos, falta de controle do filtrado e das propriedades reológicas do fluido (Trenery e Mullen, 2008).

De acordo com Serra (2003), na perfuração de formações contendo folhelhos hidratáveis, quando é viável a utilização de fluidos à base de água, há a necessidade do uso de inibidores de argilas com o objetivo de evitar a incorporação dos sólidos perfurados ao fluido de perfuração, o inchamento e o desmoronamento das paredes do poço. Os inibidores de argila são compostos químicos capazes de reduzir, de forma eficaz, o inchamento de argilas.

Os sais de sódio (NaCl) e de potássio (KCl) são os inibidores químicos mais comuns em fluidos de perfuração. Contudo, inibidores catiônicos são, muitas vezes, adicionados para aumentar o

poder de inibição dos fluidos. Esses por apresentarem custo elevado são utilizados em associação aos sais de sódio e potássio, que possuem menor custo (Vidal, 2007).

Segundo Trenery e Mullen (2008), uma empresa multinacional vem desenvolvendo um novo fluido à base de água que apresenta alta eficiência operacional. O fluido inibe as formações ativas encontradas em perfurações *onshore* e poços artesianos, pois possui em sua composição um polímero micro deformável selante que mecanicamente forma pontes nos micro poros e micro fraturas dos folhelhos. A natureza deformável do polímero permite que o mesmo se molde ao longo das fraturas e dos poros, construindo uma ponte na matriz do folhelho ou outras formações de baixa porosidade. Este efeito selante reduz a invasão da fase líquida do fluido, mantendo assim a integridade do poço.

Metodologia

Materiais

Foram estudadas duas amostras de argilas bentoníticas: uma amostra de argila industrializada, conhecida comercialmente por Brasgel PA e uma amostra de argila verde lodo (as argilas foram fornecidas pela empresa Bentonit União Nordeste Ltda – BUN, situada na Avenida Assis Chateaubriand, 3877, Campina Grande, PB), e 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.

Métodos

Capacidade de troca de cátions pelo método de adsorção de azul de metileno

A capacidade de troca de cátions (CTC) é uma propriedade que deriva das características estruturais de um argilomineral e a determinação deste parâmetro é indispensável para uma avaliação mais exata das amostras, já que cada argilomineral possui uma faixa de valores característica.

A capacidade de troca de cátions (CTC) da argila foi determinada a partir do método de adsorção de azul de metileno (Ferreira *et al.*, 1972). O princípio do ensaio consiste em introduzir quantidades crescentes de solução de azul de metileno, por doses sucessivas, até que a superfície das partículas, que têm capacidade de adsorção, esteja coberta. Nesse momento passa a existir um excesso de azul de metileno na preparação, correspondendo ao ponto de viragem que marca o fim do ensaio, e que pode ser detectado pelo teste da mancha.

Análise térmica diferencial

A análise térmica diferencial (ATD) determina a diferença da temperatura de uma amostra em relação a uma referência inerte, nesse caso, óxido de alumínio (Al_2O_3). As transformações endotérmicas e exotérmicas aparecem como deflexões em sentidos opostos na curva termodiferencial. As análises das amostras foram realizadas no sistema de Análise Térmica modelo RB-3000-20, operando a 12,5°C/min. A temperatura máxima utilizada na análise térmica diferencial foi de 1000°C e o padrão utilizado nos ensaios de ATD foi o óxido de alumínio (Al_2O_3) calcinado, como já citado anteriormente.

Difração de raios X

As análises de difração de raios X (DRX) das amostras, na forma seca e tratadas com etileno glicol, foram realizadas em equipamento difratômetro de raios X da SHIMADZU, modelo XRD-6000 operando com radiação k-alfa de cobre, com voltagem de 40kV e 30mA de corrente e comprimento de onda $\lambda = 1,5406\text{\AA}$. As amostras foram analisadas com varredura entre 2θ (3°) e 2θ (70°), a velocidade do goniômetro foi 2°/minuto.

Teste de inchamento

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* (ASTMD 5890-11).

Para tanto, 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 (16, 18 e 20g de inibidor/ 350mL de água) foram adicionados lentamente 1g de argila bentonítica seca passada em peneira ABNT nº200 (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.

Determinação de água livre por sucção capilar

O *Capillary Suction Timer*, modelo 44.000 da FANN, é um equipamento que mede o tempo que uma determinada quantidade de água livre leva para percorrer uma placa de celulose utilizando eletrodos de detecção. A medida é feita colocando-se 5mL de uma dispersão (a dispersão contém água, inibidor e argila) dentro de um cilindro em contato com o papel de filtro de espessura especificada. Os eletrodos são posicionados a 0,5 e 1cm da borda do cilindro e conectados a um timer, permitindo a medição do tempo requerido para o filtrado fluir rapidamente por 0,5cm de raio. As dispersões utilizadas foram preparadas 24 horas antes do ensaio.

Resultados e Discussão

As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, os valores típicos de CTC de alguns argilominerais e os valores da CTC obtidos para as amostras listadas anteriormente na Tabela 1.

Tabela 1- Valores característicos da CTC de argilominerais importantes (Sousa Santos,1992).

Argilomineral	CTC (meq/ 100g)
Caulinita	3-15
Ilita	10-40
Vermiculita	100-150
Esmectita	80-150

Tabela 2- Capacidade de troca de cátions (CTC) para as amostras estudadas.

Nome da amostra	CTC (meq/ 100g)
Brasgel PA	84
Verde lodo	36
Cloisite	92

De acordo com Sousa Santos (1992), o teor de esmectita de uma formação reativa a ser perfurada se apresenta em muitas ocasiões como o único parâmetro para escolha adequada de um fluido de perfuração, devido ao alto potencial de expansibilidade que este argilomineral apresenta (que pode ser constatado pela faixa de CTC apresentada). Deste modo, é possível fazer uma correlação entre a CTC das amostras estudadas com o potencial de reatividade.

Rabe (2003) classifica folhelhos com CTC entre 47 - 49 meq/ 100g como folhelhos que apresentam elevados valores de capacidade de troca catiônica. Assim, comparando com os resultados apresentados na Tabela 4, pode-se observar que cerca de metade das amostras analisadas apresentam certo grau de reatividade.

A partir dos dados apresentados na Tabela 2 observa-se que as amostras Brasgel PA e Cloisite (84 e 92 meq/ 100g, respectivamente) possuem maiores capacidades de troca de cátions, ou seja, apresentam maior probabilidade de absorver água e consequentemente maiores taxas de expansão. Fazendo um comparativo entre esses resultados e a Tabela 3 pode-se afirmar que as amostras Brasgel PA e Cloisite apresentam valores de CTC dentro da faixa estabelecida para a esmectita (80 – 100 meq/ 100g), indicando assim que provavelmente as amostras citadas apresentem sua composição essencialmente desse tipo de argilomineral, o que provavelmente explica a tendência que essas amostras possuem em relação à hidratação.

Observou-se valor de moderado a baixo para a CTC na argila verde lodo estudada. Esta por consequência apresenta pouca ou nenhuma reatividade, o que acarreta em uma nula ou baixa hidratação.

A partir dos ensaios de inchamento realizados para as amostras de folhelhos na presença de água essa tendência foi confirmada, ou seja, a argila verde lodo na qual foi constatado o menor valor de CTC, também foi observada a nulidade do valor de inchamento, tornando possível a correlação entre a baixa capacidade de troca de cátions e baixa tendência à hidratação.

Nas Figuras 1, 2 e 3 observam-se respectivamente as curvas das análises termodiferenciais das amostras de argilas reativas Brasgel PA, verde lodo e Cloisite.

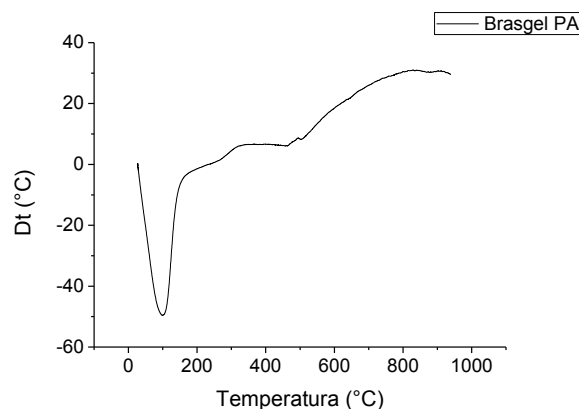


Figura 1 - Curvas de análise térmica diferencial e para a amostra Brasgel PA.

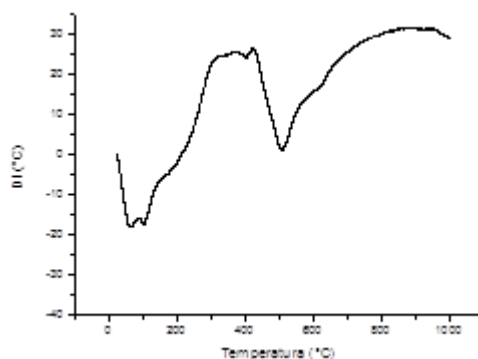


Figura 2 - Curvas de análise térmica diferencial para a amostra de argila verde lodo.

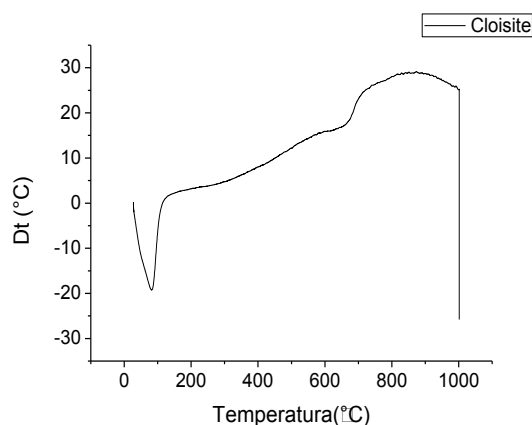


Figura 3- Curvas de análise térmica diferencial e para a amostra de Cloisite.

Para a curva apresentada na Figura 1, observa-se inflexão endotérmica relativa à presença de água por volta de 100°C, e em seguida inflexão endotérmica a cerca de 700°C que provavelmente esta ligada a presença de hidroxila.

Para a curva de ATD contida na Figura 2 observa-se pico endotérmico relativo à presença de água adsorvida, uma banda exotérmica entre cerca de 280°C e 430°C, que pode estar relacionada à combustão de matéria orgânica e uma nova inflexão exotérmica provavelmente relacionada à

combustão de sulfeto, já que a amostra de acordo com os resultados de FRX apresenta um alto teor de SO_3 (9,87%). A cerca de 520°C observa-se um pico endotérmico e este pode estar relacionado à presença de hidroxila.

Pode-se observar uma grande semelhança entre as curvas de ATD das amostras apresentadas nas Figuras 1 e 3, tal fato decorre da proximidade de composição química e características apresentadas por ambas as amostras Brasgel PA e Cloisite, sugerindo assim que ambas apresentam comportamentos bastante semelhantes.

Os difratogramas das amostras estudadas podem ser observados nas Figuras 4, 5 e 6. Os ensaios de difração de raios-X foram realizados com as amostras sem a presença e com a presença de etileno glicol. Para este último, as amostras apresentam a sigla EG após sua nomenclatura normal.

A simbologia existente nos gráficos é referente aos seguintes minerais: E - Grupo da Esmeclita; I - Ilita; C - Caulinita; Q - Quartzo; D - Dolomita.

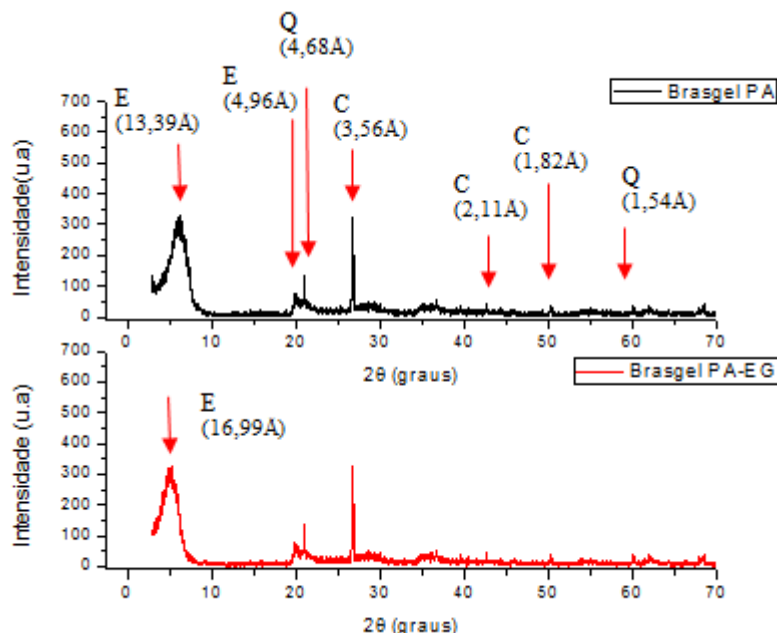


Figura 4: Difratoograma de raios X para a amostra de argila Brasgel PA com e sem etileno glicol.

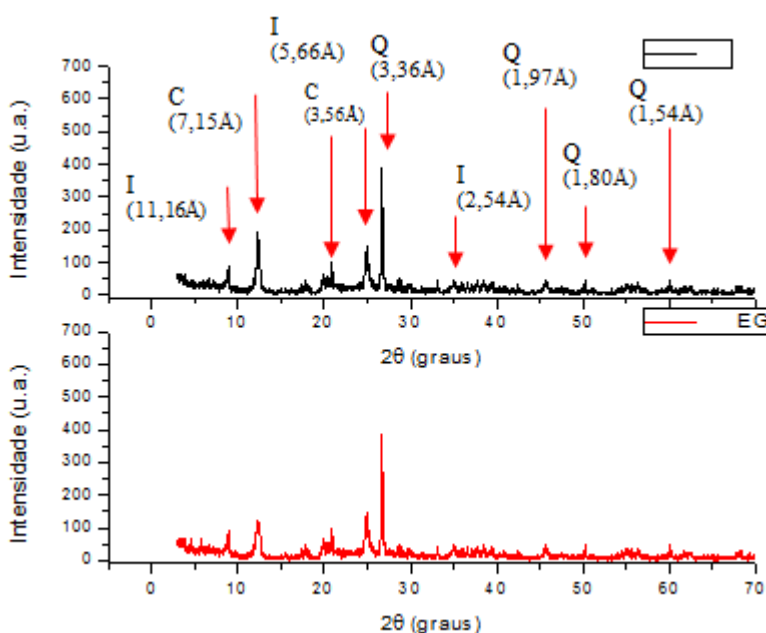


Figura 5: Difratoograma de raios X para a amostra de argila verde lodo com e sem etileno glicol.

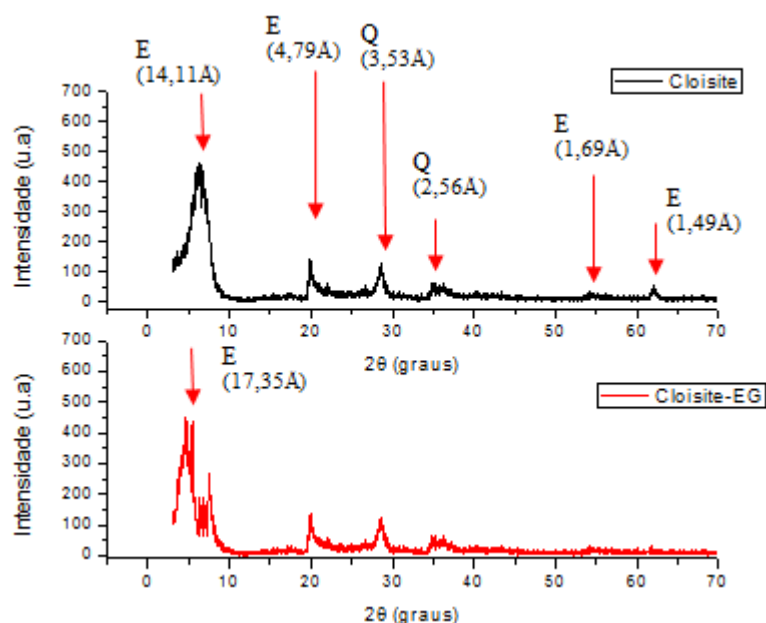


Figura 6: Difratoograma de raios X para a amostra de argila Cloisite com e sem etileno glicol.

A partir do difratograma da Figura 4 referente à análise da amostra de argila Brasgel PA, observa-se o deslocamento do pico de 13,39Å para 16,99Å, caracterizando a presença de argilomineral do grupo da esmectita, tal fato também fica evidenciado por meio do pico a 4,96Å, também característico do grupo das esmectitas, são observados também os picos de 4,68Å, 1,80Å e 1,54Å referentes a presença do quartzo. Estudos realizados por Menezes *et. al.*, (2009) e Batista *et. al.*, (2009) identificaram fases mineralógicas (esmectita, caulinita e quartzo) compatíveis com as observadas no difratograma da amostra de argila Brasgel PA mostrado na Figura 48, indicando assim, que a amostra de Brasgel PA apresentou difratograma típico de uma argila bentonítica.

No difratograma representado na Figura 5 observa-se a ausência de deslocamento de pico para a amostra com etileno glicol, o que indica a ausência de argilominerais do grupo esmectita na amostra, picos a 11,16Å, 5,66Å e a 2,54Å, referentes à illita, picos a 7,37Å e a 3,56Å indicando existência de caulinita, além disso, a partir dos picos a 3,69Å, 1,97Å, 1,80Å e 1,54Å confirma-se a presença do quartzo. A partir do difratograma contido na Figura 43 observa-se a presença de illita na amostra caracterizada pelos picos a 10,91Å e 2,54Å, se detecta presença de caulinita devido aos picos 7,39Å e 3,53Å, a presença de quartzo também fica evidenciada através dos picos 4,06Å, 1,92Å, 1,80Å e 1,54Å.

A análise do difratograma da argila reativa Cloisite presente na Figura 6 evidencia claramente picos característicos da esmectita (deslocamento de 14,41Å para 17,35Å e pico a 4,79Å). A presença da caulinita fica evidenciada pelos picos a 2,11Å e 1,82Å e são observados também picos a 3,53Å, 2,56Å e 1,54Å relativos ao quartzo.

O DRX da amostra Cloisite presente na Figura 6 indica, assim como o DRX da amostra de Brasgel PA, a presença de argila do tipo esmectita e quartzo, tal fato evidencia a característica de ambas se tratarem de argilas reativas com alto grau de expansão, e este potencial de hidratação se deve muito provavelmente a presença da fração de esmectita em suas composições. Por meio de estudos realizados por Sousa Santos (1992) e Menezes *et al.*, (2009) indica-se que os difratogramas das Figuras 48 e 49 apresentam, de modo global, difratogramas típicos de argilas bentoníticas.

Fazendo-se uma análise conjunta dos resultados obtidos por meio dos ensaios de caracterização dos folhelhos pode-se concluir que as argilas reativas Brasgel PA e Cloisite apresentam indicativos de reatividade, já que as mesmas apresentaram presença de argilominerais esmectíticos em suas composições. Deste modo, tais amostras se configuram como as que provavelmente irão apresentar uma maior reatividade frente à hidratação.

Pode-se concluir também que a amostra de argila verde lodo apresenta indicativo de baixa reatividade à expansão, já que foi observado que a mesma apresenta baixo valor de CTC, além de apresentar resultados de ATD e DRX que não indicam a presença de argilominerais do grupo das esmectitas, deste modo, como a reatividade de folhelhos está basicamente atrelada ao seu conteúdo de

argilominerais reativos, pode-se assim, apontar que tais amostras não apresentam alto grau de hidratação de acordo com os ensaios de caracterização realizados.

Em relação aos resultados mediante o ensaio de inchamento pode-se indicar que 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).

Para o ensaio realizado para argila Brasgel PA observou-se que a mesma apresentou um inchamento de 16,5mL/ g de argila, tal comportamento está associado a alta atividade química da água que gera um fluxo osmótico que promove migração de água da solução aquosa para a argila em estudo.

Para a análise de inchamento para argila verde lodo observou-se inchamento de 4mL/ g classificando a mesma como de baixo inchamento. O inchamento obtido para o ensaio da Cloisite em água foi de 24mL/ g de argila. Tal fato pode ser explicado pela grande capacidade de expansão da argila Cloisite observada em ensaios anteriores como maior valor de CTC mediante as demais argilas estudadas.

A partir do exposto e da análise do resultado do ensaio, pode-se indicar que a argila Cloisite é a que apresenta maior expansão, seguida da argila Brasgel PA, já a argila Verde Lodo pode ser classificada como não reativa.

A partir do ensaio de tempo de sucção capilar é possível indicar qual argila apresenta a maior potencial expansivo em relação a este parâmetro, isto porque, quanto maior o tempo de sucção, menor a quantidade de água livre, e, conseqüentemente, maior a interação água-argila e potencial de inchamento. Neste ensaio foram obtidos que os valores de tempo de sucção foram de 121 segundos para a argila Brasgel PA, 15 segundos para a argila verde lodo e 154 segundos para a argila Cloisite.

O elevado tempo de sucção capilar apresentado para as amostras Brasgel PA e Cloisite indica que há interação bastante acentuada entre a água e a argila. Este fenômeno de expansão ocorre, segundo Ewy e Stankovich (2002) pela fácil entrada de água nas camadas de argila promovendo a delaminação das mesmas e conseqüente afastamento de suas camadas.

De forma geral, foi observado que o tempo de sucção capilar da argila Cloisite foi superior aos obtidos em relação à Brasgel PA e argila verde lodo. Esta ocorrência provavelmente está relacionada à maior reatividade que a argila Cloisite apresenta, promovendo uma maior interação água-argila. O citrato de potássio novamente se apresentou como o inibidor que promoveu um maior declínio nos tempos de sucção obtidos com o aumento da concentração da solução.

Conclusões

Com o objetivo de correlacionar a caracterização de argilas com seu potencial de expansão. Para isto, foram estudadas duas amostras de argila bentonítica de alto grau de inchamento a Cloisite e a Brasgel PA e uma amostra de argila de baixa reatividade (verde lodo), conclui-se que:

- de acordo com a caracterização das amostras estudadas, os folhelhos que indicam presença esmectita em sua composição, de acordo com os ensaios de ATD e DRX, apresentaram reatividade de a alta de acordo com o ensaio de capacidade de troca de cátions;
- para os ensaios de caracterização dos folhelhos pode-se constatar que a argila verde lodo apresentou baixa reatividade, e as argilas Brasgel PA e Cloisite apresentam características que indicam a reatividade das amostras e,
- a caracterização das amostras permitiu determinação do potencial reativo das amostras estudadas e atuou como ferramenta indispensável na avaliação do comportamento das amostras frente à hidratação, correlacionando-se perfeitamente com os ensaios de inchamento e CST realizados, conclui-se assim, que a caracterização das amostras se comporta como indicador da susceptibilidade ao inchamento das mesmas, esse indicador é confirmado pela relação estabelecida com a propriedade inibitiva, pois, as amostras que apresentaram caracterização com indícios de presença de argilomineral reativo foram as que apresentaram maior sensibilidade à presença de água.

Agradecimentos

Ao Programa de Apoio Institucional à Pesquisa – Bolsa de Pesquisador do IFPB pelo incentivo financeiro.

Referências Bibliográficas

- American Society for Testing and Materials – ASTM. **ASTM D 5890-11: standard test method for swell index of clay mineral component of geosynthetic clay liners**. West Conshohocken: ASTM; 2011.
- BATISTA, A. P. S.; MENEZES, R. R.; MARQUES, L. N.; CAMPOS, L. A.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. **Caracterização de argilas bentoníticas de Cubati - PB**, Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.4.3 (2009) 64-71.
- EWY, R. T.; STANKOVICH, R. J., **Shale-Fluid Interactions Measured Under Simulated Downhole Conditions**. SPE/ISRM Rock Mechanics Conference, SPE 78160, Irving, 10 p, 2002.
- FERREIRA, H.S., MENEZES, H. S., FERREIRA, H. S., MARTINS, A. B., NEVES, G. A., FERREIRA, H. C., **Análise da influência do tratamento de purificação no comportamento de inchamento de argilas organofílicas em meios não aquosos**, Cerâmica, v. 54, p. 77-85, 2008.
- FERREIRA, H.C., CHEN, T., ZANDONADI, A.R. & SOUZA SANTOS, P., **Correlações Lineares entre Áreas Específicas de Caulins Determinadas por Diversos Métodos - Aplicação a Alguns Caulins do Nordeste Brasileiro (Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte)**, Cerâmica 18 (71) 333 (1972).
- MENEZES, R. R., CAMPOS, L. F. A., FERREIRA, H. S., MARQUES, L. N., NEVES, G. A., FERREIRA, H. C, **Estudo do comportamento reológico das argilas bentoníticas de Cubati, Paraíba, Brasil**, Cerâmica, v. 55, p. 349-355, 2009.
- RABE, C., FONTOURA, S. A. B., **Efeito dos sais orgânicos nas propriedades físicoquímicas de folhelhos**. Congresso Brasileiro de Petróleo e Gás – Rio Oil and Gas. Rio de Janeiro, 2003.
- SERRA, A. C. S., SANTOS NETO, E. V., **A influência de aditivos de lamas de perfuração sobre as propriedades geoquímicas de óleos**, Revista Petroquímica, Petróleo, Gás & Química, v. 1, p. 98-102, 2004.
- SOUZA SANTOS, P., **Ciência e tecnologia de argilas**, vol.2, Editora Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 1992.
- Trenery, 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 2008.
- THOMAS J.E., **Fundamentos de engenharia de petróleo**, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2001.
- VIDAL, E.L.F., FELIX, T.F., GARCIA, R.B., COSTA, M., GIRÃO, J.H.S., **Aplicação de novos polímeros catiônicos como inibidores de argila em fluidos de perfuração à base de água**, Anais do 4º PDPETRO, Campinas, SP, outubro, 2007.