

**II-472 – UTILIZAÇÃO DE ARGILAS ORGANOFÍLICAS NA SEPARAÇÃO DE EMULSÃO ÓLEO/ÁGUA****Mariaugusta Ferreira Mota<sup>(1)</sup>**

Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutoranda em Engenharia Química pela UFCG.

**Meiry Gláucia Freire Rodrigues**

Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Doutora pela Universidade de Poitiers, França. Professora da Universidade Federal de Campina Grande (UAEQ/CCT/UFCG).

**Marcelo Batista Queiroz**

Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutorando em Engenharia Química pela UFCG.

**Wellington Siqueira Lima**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestrando em Engenharia Química pela UFCG.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua José Pereira de Araújo, 57 – Catolé – Campina Grande – PB - CEP: 58410-278 - Brasil - Tel: (83) 3337-2690 - e-mail: [mariaugusta.f@gmail.com](mailto:mariaugusta.f@gmail.com)

**RESUMO**

A presença de compostos orgânicos como contaminantes no meio ambiente é de grande preocupação. A água contaminada com o óleo é prejudicial à vida aquática, e por esse motivo, remover o óleo da água apresenta um aspecto importante no controle da poluição em diversos campos da indústria. A argila esmectítica modificada por sais quaternários de amônio (Argila Organofílica) remove de maneira eficiente os compostos orgânicos de baixa solubilidade em água, como óleos. Este trabalho investigou o potencial da argila nacional Verde-Lodo, modificada quimicamente com mistura de sais quaternários de amônio (Cloreto de Estearil Dimetil Amônio (Praepagen) + Cloreto de alquil dimetil benzil amônio (Dodigen)) como adsorvente no processo de remoção de óleo num sistema de emulsão óleo/água, utilizando sistema de banho finito. A caracterização da argila na sua forma natural e organofílica se deu através das técnicas de Difração de Raios X (DRX), Espectrofotometria de Raios X por Energia Dispersiva (EDX) e Capacidade de Adsorção para avaliar a argila após a organofilização em relação ao seu comportamento em solventes orgânicos: gasolina, querosene e óleo diesel. A argila organofilizada foi avaliada para o processo de remoção de óleo num sistema de emulsão óleo/água, o qual comprovou que a argila organofílica preparada tem grande potencial na separação emulsão óleo/água, apresentando remoção total de óleo de 95,36 % e Capacidade de Remoção de até 48,82 mg de óleo removidos para cada grama de argila organofílica

**PALAVRAS-CHAVE:** Argilas organofílicas, sistema de banho finito, remoção, emulsão óleo/água.

**INTRODUÇÃO**

O maior fluxo de resíduos gerados nas indústrias de petróleo e gás é o da água produzida. Na atualidade o volume crescente de resíduos em todo o mundo é resultado do descarte de água produzida no ambiente e tem se tornado um problema significativo de preocupação ambiental. A água produzida é tratada de forma convencional através de métodos físicos, químicos, biológicos (AHMADUN *et al.*, 2009).

A importância do petróleo e gás natural na civilização moderna é bem conhecida. No entanto, a maioria das atividades, como a produção de petróleo e processos de produção de gás geram grandes volumes de resíduos líquidos. O efluente de emulsões do tipo óleo/água é encontrado na indústria de petróleo durante sua produção, refinamento e ao longo de todo o processo e é chamado de água de produção ou água produzida, e nelas, contém vários componentes orgânicos e inorgânicos e o descarte dessa água produzida pode poluir águas superficiais e subterrâneas, e o solo (AHMADUN *et al.*, 2009).

A água produzida pode ser descartada em corpos receptores ou ser utilizada na injeção em poços de petróleo. Porém, para essa disposição, faz-se necessário o adequado tratamento dessa corrente líquida. No caso de

descarte em corpos receptores, o limite é de até 20 mg/L de óleos e graxas na água produzida, segundo a Resolução 357 / 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Especificamente para descarte em plataformas marítimas de petróleo, aplica-se a Resolução 393 / 2007 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que estabelece a média aritmética simples mensal do teor de óleos e graxas de até 29 mg/L, com valor máximo diário de 42 mg/L (CONAMA, 2009).

Vários adsorventes eficazes e econômicos têm sido investigados, e dos materiais que estão disponíveis para a remoção de contaminantes da água, os adsorventes eficazes e econômicos têm sido investigados e dentre eles, as argilas tem chamado a atenção como materiais adequados para a remoção de produtos químicos tóxicos e produtos oleosos (ALTHER, 2002).

Os minerais de argilas modificadas com fons orgânicos, também conhecidos como argilas organofílicas, têm encontrado amplas aplicações em uma série de campos de controle de poluição orgânica devido à sua excelente capacidade de adsorção de poluentes orgânicos (ZHU *et al.*, 2009).

Portanto, diante do exposto anteriormente, o objetivo deste trabalho é desenvolver argila organofílica visando investigar sua capacidade como adsorvente no processo de remoção de óleo num sistema de emulsão óleo/água, utilizando um sistema de banho finito.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no LABNOV (Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais), situado na UAEQ (Unidade Acadêmica de Engenharia Química), na cidade de Campina Grande - PB.

A argila utilizada foi a Argila Verde-Lodo, fornecida em forma de aglomerados pela empresa DOLOMIL, localizada na cidade de Boa Vista – PB.

Para a obtenção da argila organofílica, a argila Verde-Lodo foi submetida ao procedimento de troca catiônica com a mistura de sais quaternário de amônio: Cloreto de estearil dimetil amônio (Praepagen) e Cloreto de alquil dimetil benzil amônio (Dodigen), ambos da marca Clariant®.

A mistura de sais é composta, em base mássica, por 50% da quantidade do sal Cloreto de Estearil Dimetil Amônio e 50% do sal Cloreto de Alquil Dimetil Benzil Amônio.

## ORGANOFILIZAÇÃO DA ARGILA

Inicialmente a argila foi desagregada, moída e passada em peneira malha 200 *mesh* (abertura 0,005 mm), em seguida preparou-se uma dispersão aquosa à concentração de 4% em peso de argila (32 g). Essa dispersão foi preparada com agitação mecânica constante, adicionando-se aos poucos a argila em um recipiente com água destilada, após a adição completa continuou-se a agitação por 20 minutos. Para transformar a argila policatiônica na forma mais sódica possível foi necessário um tratamento com carbonato de sódio, que foi realizado adicionando-se solução concentrada de carbonato de sódio, sob agitação constante e aquecimento até 95 °C, à dispersão (PEREIRA, 2003)

Após resfriamento da dispersão, foi realizado o tratamento com o sal quaternário de amônio que foi acrescentado na proporção de 100 meq/100g de argila, agitou-se por 30 minutos. Depois da agitação a dispersão foi filtrada em funil de Büchner, acoplado a bomba a vácuo, usando-se papel de filtro comum. O material foi lavado sucessivamente com 4 L de água destilada. Ao término da filtração, o material obtido foi seco em estufa a 60°C ± 5°C por 24 horas e caracterizado.

## CARACTERIZAÇÃO DA ARGILA

As caracterizações das argilas Verde-Lodo: Natural e Organofilizada foram realizadas através das técnicas de Difração de Raios-X (DRX), Espectrofotometria de Raio-X por Energia Dispersiva (EDX) e Capacidade de Adsorção.

Difração de Raios X (DRX): Os dados foram coletados utilizando o método do pó empregando-se um difratômetro Shimadzu XRD-6000 com radiação  $\text{CuK}\alpha$ , tensão de 40 KV, corrente de 30 mA, tamanho do passo de 0,020 2 $\theta$  e tempo por passo de 1,000s, com velocidade de varredura de 2°(2 $\theta$ )/min, com ângulo 2 $\theta$  percorrido de 2 a 50°.

Espectrometria de Raio X por Energia Dispersiva (EDX): Através da técnica de espectrometria de raios X por energia dispersiva (EDX) é possível determinar a composição química ter termos qualitativos. A análise foi realizada com um equipamento da marca Shimadzu 720.

Capacidade de Adsorção: O teste de avaliação da capacidade de adsorção em solventes orgânicos foi baseado no método “Standard Methods of Testing Sorbent Performance of Adsorbents” baseado nas normas ASTM F716–82 e ASTM F726–99. Estes testes constaram do seguinte procedimento: em um recipiente pyrex colocou-se o solvente a ser testado até uma altura de 2cm. Em uma cesta (fabricada de tela de Aço Inoxidável com malha ABNT 200, abertura de 0,075 mm) colocou-se 1,00g do material adsorvente (argila natural ou argila organofílica) a ser testado. Esse conjunto é pesado e colocado na vasilha com o solvente, onde permanece por 15 minutos. Após esse tempo, deixou-se escorrer o excesso por 15 segundos e realizou-se uma nova pesagem.

A quantidade de solvente adsorvida foi calculada a partir da equação (1):

$$Ad = \left( \frac{P_1 - P_2}{P_2} \right) * 100 \quad (1)$$

Onde:

$P_1$ = peso do material após adsorção;

$P_2$ = peso do material adsorvente seco;

$Ad$ = eficiência da adsorção para o fluido e o adsorvente testado, em porcentagem.

Os resultados da capacidade de adsorção foram apresentados em gramas de solvente adsorvido por grama de argila.

## PREPARAÇÃO DAS EMULSÕES ÓLEO/ÁGUA

Na técnica de banho finito, uma massa conhecida do adsorvente (m) é adicionado a um certo volume (V) de solução de soluto com uma concentração ( $C_0$ ) sob agitação durante um certo tempo de contato e a uma dada temperatura. A queda da concentração do adsorbato, que se encontra diluído em um componente inerte ao longo do tempo, indica a quantidade que está sendo adsorvido no sólido (CAVANCANTE, 1998).

Para a realização dos ensaios de banho finito, foram produzidas emulsões óleo/água com concentrações de 100 ppm, 300 ppm e 500 ppm. O óleo utilizado foi o óleo lubrificante, da marca Lubrax. Foi adicionado às emulsões cloreto de sódio na concentração de 5000 ppm para simular a salinidade da água do mar. As emulsões são preparadas sob agitação intensa, 17000 rpm, rotação suficiente para a formação das emulsões, durante 20 minutos.

## PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Nesta etapa do trabalho foi adotado o planejamento experimental fatorial, na qual são levadas em consideração 2 variáveis quantitativas (concentração e agitação) e como a influência de cada variável é estudada entre dois limites, a matriz corresponde a um planejamento fatorial  $2^2$ , no qual apenas 4 ensaios são necessários para avaliar todas as combinações possíveis, porém, para verificar a tendência de linearidade e cálculo do erro experimental, um ponto central ensaiado em triplicata foi incluído neste estudo, tendo como finalidade avaliar a influência de dois fatores sobre as respostas : porcentagem de remoção (% Rem) e capacidade de remoção total ( $q_{eq}$ ).

## REALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE BANHO FINITO (TESTE DE ADSORÇÃO)

Os ensaios de banho finito foram preparados de acordo com a matriz de planejamento. Adicionou-se 0,5 g de argila organofílica a 50 ml das emulsões com concentrações de 100, 300 e 500 ppm. Após adicionar, levou-se o conjunto (emulsão óleo/água + argila organofílica) para a agitação mecânica, variando entre 100 e 200 rpm durante 6 horas, de forma a garantir o equilíbrio do sistema. O mesmo procedimento foi realizado para as amostras sem agitação (RODRIGUES, 2009; MOTA, 2010).

## DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÓLEO (MÉTODO DO CLOROFÓRMIO)

A concentração de óleo presente na fase aquosa do conjunto (emulsões óleo/água + água) após o tempo determinado (6 horas) foi determinada através de análises de absorvância utilizando o Espectrofotômetro de UV – Visível. Inicialmente foi preparada uma curva de calibração. A curva foi feita variando as concentrações de 0 a 100 ppm e o solvente utilizado foi o clorofórmio, o qual possui um pico significativo no comprimento de onda de 262 nm nas amostras avaliadas.

Para determinar a quantidade de óleo presente na água a técnica consistiu em coletar 5 ml da amostra a ser analisada e adicionou-se 5 ml de clorofórmio. Agitou-se por 5 minutos e após a separação da fase, foi feita a coleta da fase solvente (clorofórmio + óleo). Foi realizada a leitura da absorvância, em 262 nm no espectrofotômetro. E através da curva de calibração foi possível determinar a concentração de óleo na amostra.

## PERCENTAGEM DE REMOÇÃO (% REM) E CAPACIDADE DE REMOÇÃO ( $q_{eq}$ )

A espectrofotometria de UV – Visível foi utilizada para a determinação de teor de óleo e graxa presente na fase líquida das soluções preparadas e submetidas aos respectivos experimentos

A percentagem de remoção (%Rem), bem como a capacidade de remoção ( $q_{eq}$ ) foram obtidas através das equações 2 e 3 respectivamente:

$$\%Rem = \left( \frac{C_o - C}{C_o} \right) * 100 \quad (2)$$

Onde:

%Rem: percentagem de remoção

$C_o$  : concentração inicial (ppm)

$C$  : concentração final (ppm)

$$q_{eq} = \frac{V}{m} (C_o - C_{eq}) \quad \dots\dots\dots(3)$$

Onde:

$q_{eq}$  : capacidade de remoção (mg de óleo/g do adsorvente)

$V$  : volume de solução (mL).

$m$  : massa de adsorvente (g)

$C_o$  : concentração inicial (ppm).

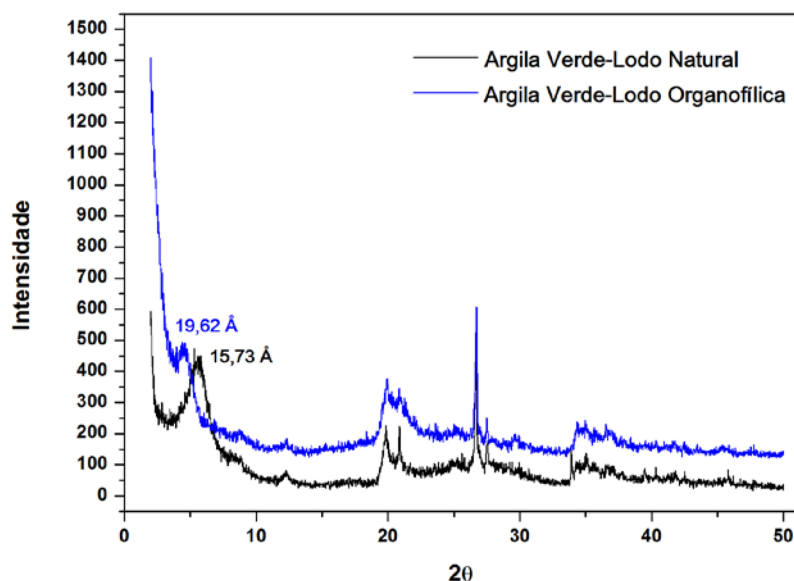
$C_{eq}$  : concentração no equilíbrio (ppm).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização da argila Verde-Lodo apresentou os seguintes resultados:

## DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

A Figura 1 apresenta os difratogramas das Argilas Verde-Lodo: Natural e Organofilizada com a mistura dos Sais Quaternários de Amônio (Praepagen + Dodigen).



**Figura 1 - Difratogramas das argilas Verde-Lodo Natural e Organofílica.**

Qualitativamente as duas amostras (argilas Verde-Lodo: natural e organofílica) apresentam teores de argilomineral esmectítico. No entanto, verifica-se também a presença de caulinita e quartzo nas amostras. Estes resultados estão em concordância com os encontrados na literatura (RODRIGUES, 2003; MACEWAN, 1980).

A técnica de difração de raios X permite avaliar a obtenção de uma argila organofílica através da comparação da medida dos espaçamentos basais, a variação do pico característico da argila natural e da argila modificada quimicamente. O valor do espaçamento basal adquirido varia de acordo com o tipo, concentração e orientação do sal quaternário de amônio empregado na metodologia de preparação (PAIVA *et al.*, 2008).

Pode-se observar que após o tratamento da argila natural com os sais quaternários de amônio (Praepagen + Dodigen), ocorrem modificações (expansão) no espaçamento basal quando comparado com o da argila natural. Tais modificações são comprovadas com a diferença de espaçamento. (SILVA *et al.*, 2007; QUEIROZ *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2010; BERGAYA *et al.*, 2006)

O pico característico para o plano (001) da argila natural aparece em aproximadamente  $5,7^\circ$  e corresponde ao espaçamento basal ( $d_{001}$ ) de  $15,57\text{\AA}$ , enquanto a argila organofílica apresenta o pico característico para o plano (001) da argila organofílica em aproximadamente  $4,5^\circ$  e corresponde ao espaçamento basal de  $19,62\text{\AA}$ , portanto, observa-se um deslocamento do pico de difração, revelando a introdução da mistura de sais quaternários de amônio nas camadas interlamelares da argila Verde-Lodo.

## ESPECTROFOTOMETRIA DE RAIOS X POR ENERGIA DISPERSIVA (EDX):

As composições mineralógicas das argilas Verde-Lodo Natural e Organofílica são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1: Constituição química da argila Verde-Lodo Natural e Organofílica.**

Composição Química	Argila Verde-Lodo Natural	Argila Verde-Lodo Organofílica
SiO <sub>2</sub>	55,34	54,07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,84	23,02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,38	14,13
MgO	2,51	2,52
K <sub>2</sub> O	2,41	2,28
TiO <sub>2</sub>	1,51	1,31
CaO	0,90	0,83
SO <sub>3</sub>	0,55	1,04
Outros	0,52	0,75

Para as amostras estudadas, SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pertencente à estrutura da esmectita foram identificados, assim como Fe, Mg, Ca, K, e Ti expresso também como óxidos livres (Tabela 1). Altos teores de SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (55,34, 54,07 e 22,84, 23,02%) são observados. Observa-se que o teor de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> foi de 13,38 e 14,13 % que está dentro da faixa observada na literatura para argilas sul-americanas (RODRIGUES *et al.*, 2004).

## CAPACIDADE DE ADSORÇÃO

O teste de Capacidade de Adsorção tem como finalidade avaliar o potencial de adsorção das argilas natural e organofílicas em solventes orgânicos (gasolina, querosene e diesel).

Na Tabela 2 estão apresentados os valores da Capacidade de Adsorção para a Argila Verde-Lodo Natural e Organofílica e seus respectivos desvios padrões.

**Tabela 2: Capacidade de Adsorção das Argilas Natural e Organofílica em solventes orgânicos.**

Argila	Gasolina (g/g)	Diesel (g/g)	Querosene (g/g)
Natural	0,92 ± 0,28	1,96 ± 0,25	1,98 ± 0,09
Organofílica	8,40 ± 0,27	8,31 ± 0,96	6,96 ± 0,85

Para a argila Verde-Lodo natural, os resultados apontam a ordem de capacidade de adsorção da seguinte forma: querosene > diesel > gasolina. Os valores variaram entre 0,92 e 1,98 g de hidrocarboneto/g argila natural.

Para a argila Verde-Lodo organofílica, os resultados mostram a ordem de capacidade de adsorção: gasolina > diesel > querosene. Os valores variaram de 6,96 a 8,40 g de hidrocarboneto/g argila organofílica.

Ao comparar as argilas Verde-Lodo: natural e organofílica, a argila organofílica apresenta melhor capacidade de adsorção em todos os solventes orgânicos estudados (Gasolina, Diesel e Querosene).

## PERCENTUAL DE REMOÇÃO E CAPACIDADE DE REMOÇÃO DE ÓLEO

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados referentes à percentagem de remoção de óleo e a capacidade de remoção no equilíbrio.



**Tabela 3: Resultados obtidos a partir do planejamento fatorial 2<sup>2</sup> para Argila Organofílica.**

Argila Organofílica (Praepagen + Dodigen)						
Ensaio	C <sub>o</sub> (ppm) Teórica	C <sub>o</sub> (ppm) Real	Agitação	Óleo (ppm)	% Rem	q <sub>eq</sub> (mg/g)
1	100	98	0	26,38	73,08	7,16
2	500	512	0	23,77	95,36	48,82
3	500	512	200	25,50	95,02	48,65
4	100	98	200	25,56	73,92	7,24
5	300	368	100	25,64	93,03	34,23
6	300	368	100	27,81	92,44	34,02
7	300	368	100	25,09	93,18	34,29

Nas condições estudadas o melhor resultado em relação à porcentagem de remoção total de óleo foi observado no ensaio 2 (512 ppm e sem agitação) com 95,36 % e verificou-se também que para a capacidade de remoção de óleo no equilíbrio, o melhor resultado foi obtido no ensaio 2, onde 48,82 mg de óleo são removidos para cada grama de argila organofílica.

Ao comparar os resultados apresentados na Tabela 3 com a literatura (Alther, 2002) verifica-se que são superiores. Os ensaios 2 e 3 com concentrações de 500 ppm, os resultados obtidos para remoção de óleo são correspondentes a 95,36 e 95,02 % são superiores ao resultado encontrado por Alther equivalente a 30 %/

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Uma combinação das duas técnicas (DRX e EDX) demonstram que a argila Verde-Lodo é composta de argilominerais do grupo esmectita. Também outros minerais como quartzo e outros argilominerais como caulinita.

A argila organofílica preparada a partir da mistura de sais quaternários de amônio é considerada eficiente confirmada pela análise de Difração de Raios X.

As melhores eficiências das argilas organofilizadas com a mistura de sais quaternários de amônio em relação à argila na sua forma natural independente do solvente utilizado foram comprovadas pelos testes de Capacidades de Adsorção.

A argila organofílica mostrou-se eficiente na remoção de óleo. Este comportamento foi confirmado através da realização dos testes de remoção em sistema de banho finito, onde o melhor resultado, dentro das condições estudadas neste trabalho, foi com concentração inicial da solução de óleo elevada (500 ppm) e sem agitação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- AHMADUN, F.R.; PENDASHTAH, A.; ABDULLAH, L.C. BIAK, D.R.A.; MADAENI, S.S., ABIDIN, Z.Z., Review of technologies for oil and gas produced water treatment, J. Hazard. Mater., v.170, p. 530 – 551, 2009.
- 2- ALTHER, G.; Using organoclays to enhance carbon filtration, Waste Management, v. 22, p. 507-513, 2002.
- 3- BERGAYA, F.; THENG, B. K. G.; LAGALY, G., Handbook of clay science, Ed. Elsevier, 2006.
- 4- CAVALCANTE JR., C. L., Separação de misturas por adsorção: dos fundamentos ao processo em escala comercial. Tese submetida ao concurso público para professor titular, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza: DEQ, 1998.
- 5- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, Resolução 393/2007. Disponível em: [www.mma.gov.br/port/conama/legipesq.cfm?tipo=3&numero=393&ano=2007&texto=](http://www.mma.gov.br/port/conama/legipesq.cfm?tipo=3&numero=393&ano=2007&texto=).
- 6- MACEWAN, D.M.C.; WILSON, M.J. IN: BRINDLEY, G.W., BROWN, G. (Eds.), Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification, Mineralogical Society, London. P.197–248, 1980.

- 7- MOTA, M. F., Síntese de argilas organofílicas com diferentes sais orgânicos. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 76f, 2010.
- 8- PAIVA, L.B.; MORALES, A.R.; VALENZUELA-DIAZ, F.R. Organoclays: Properties, preparation and applications. *Applied Clay Science*, v.42, p 8-24, 2008.
- 9- PEREIRA, K. R. O. Ativação ácida e preparação de argilas organofílicas partindo-se de argila esmectítica proveniente do Estado da Paraíba. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande- PB, 95f, 2003.
- 10- QUEIROZ M. B.; RODRIGUES S. C. G.; LABORDE H. M.; RODRIGUES M. G. F. Swelling of Brazilian organoclays in some solvents with application in the petroleum industry. *Materials Science Forum*, v.660, p.1031-1036, 2010.
- 11- RODRIGUES M. G. F. Physical and catalytic characterization of smectites from Boa-Vista, Paraíba, Brazil. *Cerâmica*, v.49, p. 146-150, 2003.
- 12- RODRIGUES, M. G. F., SILVA, M. L. P., SILVA, M. G. C., Caracterização da argila bentonítica para utilização na remoção de chumbo de efluentes sintéticos, *Revista Cerâmica*, v. 50, p. 190 – 196, 2004.
- 13- RODRIGUES, S. C. G. Preparação e caracterização de argilas organofílicas, em escala de laboratório, visando seu uso em sistemas de separação emulsão óleo/água. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 94f, 2009.
- 14- RODRIGUES, S. C. G.; QUEIROZ, M. B .; PEREIRA, K. R. O.; RODRIGUES, M. G. F.; VALENZUELA- DIAZ, F. R. Comparative study of organophilic clays to be used in the gas & petrol industry. *Materials Science Forum*, v. 660, p. 1037-1042, 2010.
- 15- SILVA A. A.; VALENZUELA-DIAZ F. R.; MARTINS G. S. V.; RODRIGUES M. G. F. Preparação de argilas organofílicas usando diferentes concentrações de sal quaternário de amônio. *Cerâmica*, v. 53, p. 417-422, 2007.
- 16- ZHU, R., ZHU, J., GE, F., YUAN, P., Regeneration of spent organoclays after the sorption of organic pollutants: A review, *Journal of Environmental Management*, v. 90, p. 3212–3216, 2009.