



ESTUDO COMPARATIVO ENTRE A ARGILA ORGANOFÍLICA CHOCOLATE “A” E CARVÃO ATIVADO NA ADSORÇÃO DE SOLVENTES ORGÂNICOS.

F. M. N. Silva^{1*}; A. C. L. Patrício¹; R. S. S. Cunha¹; M. G. F. Rodrigues¹.

1 - Departamento de Engenharia Química – Universidade Federal de Campina Grande, Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais, Rua Aprígio Veloso, 882 – CEP: 58429-970 - Bodocongó – Campina Grande – PB - Brasil, Fone: (83) 2101 - 1488 – *e-mail: fabymedeirosquimica@hotmail.com

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade de adsorção de adsorventes de baixo custo como a argila Chocolate “A” organofílica e o Carvão ativado. A síntese da argila Chocolate “A” organofílica foi efetuada pelo método direto a partir da argila in natura, utilizando o sal quaternário de amônio cloreto de alquil dimetil benzil amônio (Dodigen). As amostras foram caracterizadas por difração de raios X (DRX), Capacidade de adsorção em gasolina, querosene e diesel e testes de expansão através do Inchamento de Foster. A partir da análise por meio da difração de raios X (DRX) foi observado a efetiva intercalação do sal quaternário de amônio entre os espaços interlamelares da argila. Os resultados de Capacidade de adsorção e teste de Inchamento de Foster mostraram melhores resultados para a argila organofílica Chocolate A quando comparada com os resultados obtidos para o Carvão ativado.

PALAVRAS-CHAVE: argila, argila organofílica, carvão ativado, solventes orgânicos.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the adsorption capacity of adsorbents low cost as Chocolate "A" organophilic clay and activated charcoal. The synthesis of Chocolate "A" organoclay was given by the direct method from clay in natura, using the quaternary ammonium salt of alkyl dimethyl benzyl ammonium (Dodigen) chloride. The samples were characterized by X-ray diffraction (XRD), adsorption capacity rays into gasoline, kerosene and diesel and expansion tests by Swell Foster. From the analysis using X-ray diffraction (XRD) was observed effective intercalation of quaternary ammonium salt between the interlayer spaces of the clay. The results of adsorption capacity and swelling of Foster's test showed the best results for Chocolate The organoclay compared with the results obtained for the activated carbon.

KEYWORDS: clay, organoclay, activated carbon.

1. INTRODUÇÃO

A emulsão de compostos orgânicos em águas residuais constitui um grave problema em âmbito mundial. A crescente utilização de compostos e produtos originados do petróleo acarreta os mais diversos problemas a saúde pública e ao meio ambiente, Nahhal et al.,(2004).

Diversas são as atividades industriais (mineradoras, siderúrgicas, refinarias, entre outras) e de serviços que apresentam problemas de água contaminada com óleo, Silveira et al., (2006).

Segundo o CONAMA (2007), faz-se necessário o tratamento dessas correntes contaminadas para que fiquem dentro dos limites estabelecidos pela Resolução 393/2007 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que especifica uma média aritmética de 29 mgL⁻¹, por mês, com um valor máximo diário de 42 mgL⁻¹ de óleos e graxas na água produzida, em plataformas marítimas de petróleo e gás natural.

Intensas pesquisas vêm avaliando as mais diversas técnicas de tratamento, como precipitação química, troca iônica, degradação biológica, estas



são avaliadas com o objetivo de ajustar as propriedades da água de acordo com as políticas ambientais. Segundo relata Nahhal et al., (2004), como alternativa, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com materiais adsorventes naturais, que possuam afinidade específica com determinado composto, utilizados para recuperação de solventes, entre os materiais se encontram uma variedade de argilas, madeiras, carvão ativado, géis, alumina e silicatos.

Segundo Ruthven (1984), a adsorção é baseada na separação de componentes de uma mistura, tendo a transferência de massa como fenômeno físico. Na mistura, há um composto que está diluído na fase fluida, seja gás ou líquido, e um sólido, o adsorvente. Quando estas duas fases entram em contato, o composto que está diluído se difunde indo do seio da fase fluida para a superfície do adsorvente. A força motriz desta difusão é a diferença de concentração entre o seio da solução e a superfície do material sólido.

Carvões ativados são excelentes adsorventes devido à sua alta área superficial, textura microporosa predominantemente, reatividade de superfície elevada e alta concentração de sítios ativos, representados por grupos superficiais químicos contendo oxigênio. Estes adsorventes apresentam uma variedade de aplicações na indústria. O carbono ativado também é utilizado para remoção de poluentes orgânicos da água, purificação de soluções com resíduos, separação, descoloração, desodorização, filtração de gases e líquidos, Isyntsarski et al., (2013).

A definição clássica designa argila como um material natural, terroso, de granulação fina, que quando umedecido com água apresenta plasticidade, Santos (2002). Os minerais constituintes das argilas são os argilominerais, sendo os mesmos silicatos hidratados que possuem estrutura em camadas constituídas por folhas contínuas formadas por tetraedros de silício (ou alumínio) e oxigênio, e folhas formadas por octaedros de alumínio (magnésio ou ferro), oxigênio e hidroxilas Cavalcanti et al., (2010).

As argilas apresentam aplicações nas mais diversas áreas devido suas importantes propriedades, baixo custo e uma produção excessiva, além de existir uma vasta variedade desse tipo de material. Entretanto, algumas destas aplicações só são possíveis após uma modificação superficial das argilas, Paiva et al., (2008). O tratamento das argilas a partir de compostos orgânicos vem em crescente desenvolvimento, com

grande importância em suas novas aplicações na área de remediação ambiental, possibilitadas após a modificação, como remoção de contaminantes orgânicos de efluentes aquosos entre outras, Ahmadun, et al., (2009).

As argilas organofílicas, apresentam moléculas orgânicas intercaladas entre as camadas estruturais. A modificação destas argilas são comumente relatadas na literatura, Barbosa et al., (2006), Paiva et al., (2008), Bertagnolli et al., (2009), Xi et al., (2010), a partir de sais quaternários de amônio. A inserção de moléculas orgânicas faz com que ocorra expansão entre os planos da argila, e muda sua natureza de hidrofílica para hidrofóbica ou organofílica, como relatam Paiva et al., (2008) e Silva et al., (2011).

Nosso grupo de pesquisa (LABNOV – Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais, UFCG) tem publicado uma série de artigos, Gonzaga et al., (2007), Rodrigues et al., (2010a), Mota et al., (2011), Oliveira et al., (2012), sobre preparação e caracterização de argilas organofílicas para remoção de compostos orgânicos. O objetivo deste trabalho foi a organofiliação da argila Chocolate “A” com o sal quaternário de amônio cloreto de alquil dimetil benzil amônio (Dodigen). Além disso, avaliar a eficiência de adsorção do Carvão ativado e da argila Chocolate A organofílica em diferentes solventes: gasolina, querosene e diesel.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Preparação da argila chocolate “A” organofílica

Foi utilizada uma amostra de argila denominada Chocolate “A”, fornecida pela Bentonisa do Nordeste S.A., empresa localizada em Boa Vista, Paraíba. A argila foi desagregada, moída e passada em peneira ABNT Nº 200 (abertura de 0,005mm) foi sendo adicionada lentamente e sob agitação mecânica constante, em Becker de vidro contendo 768mL de água destilada, até a obtenção de uma dispersão aquosa à concentração de 4% em peso de argila, após a dispersão o material permaneceu em constante agitação por 20 minutos. Em seguida, foi acrescentada à dispersão aquosa, uma solução de carbonato de sódio concentrado a 20%, sob agitação constante e aquecimento até 95°C, tornando assim a amostra na forma mais sódica



possível. Após a troca catiônica e resfriamento natural da dispersão foi acrescentado aos poucos o sal quaternário de amônio cloreto de alquil dimetil benzil amônio (Dodigen), fornecido pela Clariant, na proporção de 100 meq/100g de argila, após adição completa do sal agitou-se por 30 minutos. Depois da agitação a dispersão foi filtrada em funil de Büchner, acoplado a bomba à vácuo, usando-se papel de filtro comum. O material foi lavado sucessivamente com 4 L de água destilada para ser retirado o excesso de sal. Ao término da filtração, os sólidos obtidos foram secos em estufa a 60°C ± 5°C por 24 horas e caracterizado.

2.2. Preparação do carvão ativado

O carvão ativado fornecido pela Norit, foi moído e passado em peneira malha 200 mesh e em seguida foi caracterizado.

2.3. Caracterização das amostras

2.3.1 Difração de raios-X

As amostras foram analisadas pelo método do pó, empregando-se um difratômetro de raios-X Shimadzu XRD 6000 com radiação CuK α , tensão de 40KV, corrente de 30mA, tamanho de passo de 0,02 θ e tempo por passo de 1s, com velocidade de varredura de 2° (2 θ)/min, com ângulo 2 θ percorrido de 5° a 50°.

2.3.2 Inchamento de Foster

O ensaio consistiu em adicionar, lentamente e sem agitação, 1,0g de argila Chocolate “A” organofílica e do carvão ativado em 50mL do solvente contido em uma proveta de 100mL. Em seguida, o sistema foi deixado em repouso por 24 horas. Decorrido o tempo de repouso, mediu-se o volume ocupado pela argila e pelo carvão ativado (inchamento sem agitação). Logo após, agitou-se o conteúdo da proveta, com bastão de vidro, por 5 minutos, deixando novamente o sistema em repouso. Após 24 horas de repouso, mediu-se o volume ocupado pelas amostras (inchamento com agitação). Os solventes orgânicos testados foram: gasolina, querosene e diesel, comerciais. Este teste foi realizado, segundo Foster (1953), com adaptações propostas por Valenzuela-Díaz (1994).

2.3.3. Capacidade de Adsorção

Este teste é baseado na norma “Standard Methods of testing sorbent Performance of Absorbents” (ASTM F716-82 e ASTM F726-99).

O teste foi realizado utilizando o seguinte procedimento: inicialmente foi confeccionada e pesada as cestas de aço inox malha ABNT 200, com abertura 0,075 mm adicionando 1 g da argila e do carvão ativado (separadamente) a cada cesta, essas cestas foram transferidas para um Becker contendo cerca de 2 cm em profundidade dos solventes a serem testados, as cestas contendo a argila permaneceram em repouso sobre o solvente durante 15 minutos. Após o tempo decorrido, deixou-se escorrer o excesso por 15 segundos Em seguida foi pesado novamente o conjunto (cesta + amostra). O teste de capacidade de adsorção avalia a afinidade dos adsorventes com solventes orgânicos. Esse teste foi aplicado à argila Chocolate “A”: organofílica e ao Carvão Ativado, o mesmo procedimento foi realizado em triplicata visando obter resultados mais precisos. Os resultados da capacidade de adsorção foram apresentados em gramas de solvente adsorvido por grama de argila. A quantidade de solvente adsorvida foi calculada a partir da Equação (1):

$$Ad = (P_1 - P_2) (1)$$

Onde:

P₁ = peso do material adsorvido.

P₂ = peso do material adsorvente seco.

Ad = eficiência da adsorção para o adsorvente testado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Difração de raios-X

Os resultados da análise de difração de raios X das amostras da argila Chocolate “A” natural e organofílica estão apresentadas na Figura 1(a) e 1(b), respectivamente.

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

De acordo com a Figura 1(a) é possível observar que a argila Chocolate “A” natural representa o grupo da esmectita, onde corresponde à distância basal (d₀₀₁) de 1,563 nm. É possível observar também, outros picos correspondentes ao mineral não-esmectítico: quartzo (Q), Choy et al.,



(1997), Shem, (2001), Wang et al., (2004), Xi et al., (2004).

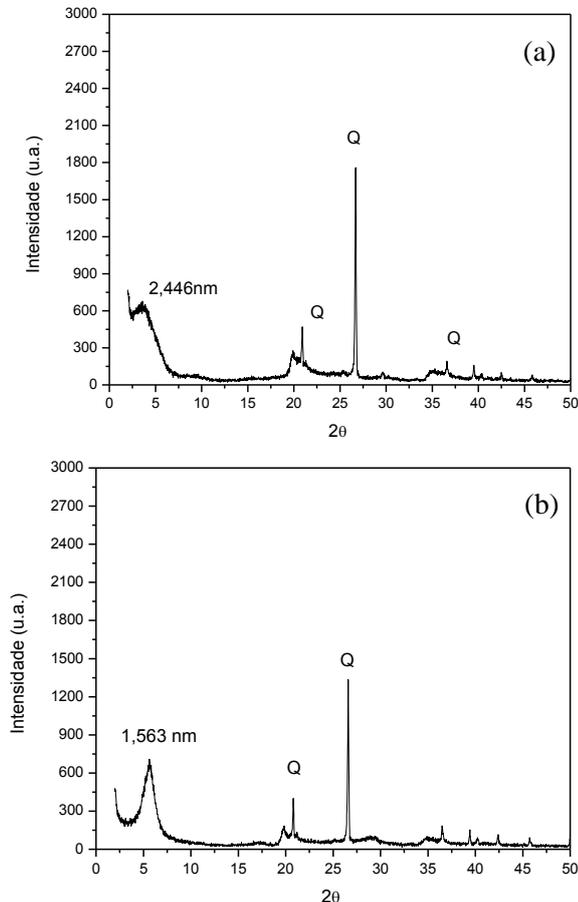


Figura 1. Difratoograma de raios X da Argila Chocolate A natural (a) e organofílica (b) com o sal Quaternário de Amônio Dodigen.

A Figura 1(b) corresponde a amostra da argila tratada com o sal quaternário de amônio cloreto de alquil dimetil benzil amônio (Dodigen), observa-se modificações significativas na distância basal, o que caracteriza a presença das moléculas dos cátions quaternários de amônio, além de apresentar um pico característico com distância basal (d_{001}) igual a 2,446 nm conforme também verificou Choy et al., (1997), Shem, (2001), Xi et al., (2004).

Na Figura 2 é apresentado o difratograma de raios X do carvão ativado, a partir de sua análise foi possível a visualização dos picos característicos de difração formados em aproximadamente 2θ igual a $22,4^\circ$ e $26,9^\circ$, referentes aos planos cristalinos cujo índice de Miller é (002) e conforme verificados por Qu (2002) e Oliveira (2012).

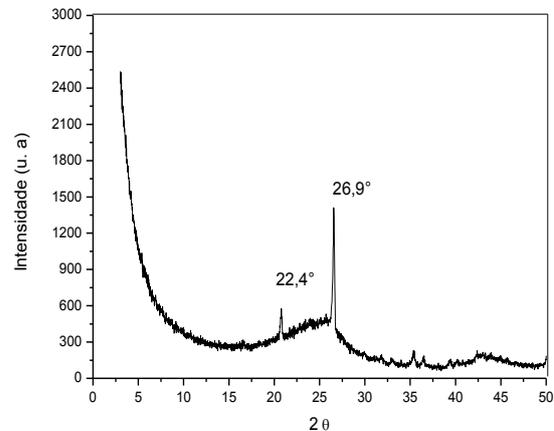


Figura 2. Difratoograma de raios X do Carvão Ativado.

3.2. Inchamento de Foster

Nas Figuras 3 e 4 estão apresentados os resultados dos testes de Inchamento de Foster utilizando como adsorventes, a argila Chocolate A organofílica e carvão ativado, nos solventes orgânicos: Gasolina, Diesel e Querosene.

A modificação da superfície da argila Chocolate A foi avaliada pelo grau de expansão em solventes (expansão das galerias da argila para acomodar o solvente intercalado).

Com base nos resultados apresentados nas Figuras 3 e 4 e de acordo com as classificações estabelecidas pelo LMPSol, diversas são as pesquisas realizadas com argilas organofilizadas conforme mostram os trabalhos de: Gonzaga et al., (2007), Rodrigues et al., (2010), Mota et al., (2011) e Oliveira et al., (2012), confirmando os resultados obtidos nesta pesquisa, a partir das seguintes considerações a respeito do grau de inchamento dos adsorventes quando em contato com os solventes:

Argila organofílica Chocolate A sem agitação demonstrou:

- Alto inchamento em Gasolina;
- Baixo inchamento em Diesel e Querosene;

Argila organofílica Chocolate A com agitação demonstrou:

- Alto inchamento em Gasolina;
- Médio inchamento em Diesel;
- Baixo inchamento em Querosene.



Carvão Ativado sem e com agitação, demonstrou:

- Baixo inchamento para todos os solventes avaliados.

Resultados semelhantes a estes foram encontrados por Rodrigues et al., (2010b), ao avaliar o grau de expansão da argila Brasgel tratada como o sal quaternário brometo de cetil trimetil amônio nos solventes orgânicos: gasolina, diesel e querosene, onde verificou-se um alto grau de expansão da argila no solvente gasolina antes e após a agitação, já para o diesel após a agitação a argila aumentou o seu grau de expansão de médio para alto, e no querosene mesmo após a agitação a argila apresentou baixa expansão.

Oliveira (2012) observou em sua pesquisa com carvão ativado e argilas organofílicas BSN03 e BSN04, um alto grau de inchamento na gasolina com e sem agitação para as argilas organofílicas, frente ao querosene, todos os adsorventes permaneceram estáveis apresentando baixo inchamento e para o diesel após agitação houve um aumento de médio para alto inchamento em relação as argilas, para o carvão ativado o mesmo permaneceu estável, como também foi observado nesta pesquisa.

Os resultados desta pesquisa foram mais expressivos com a argila Chocolate A.

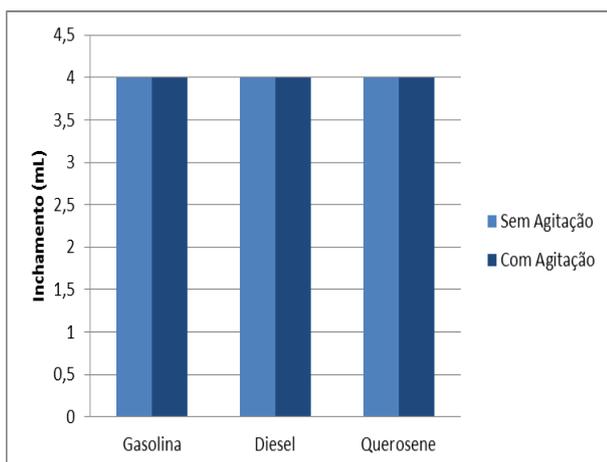


Figura 3. Inchamento de Foster utilizando Carvão ativado.

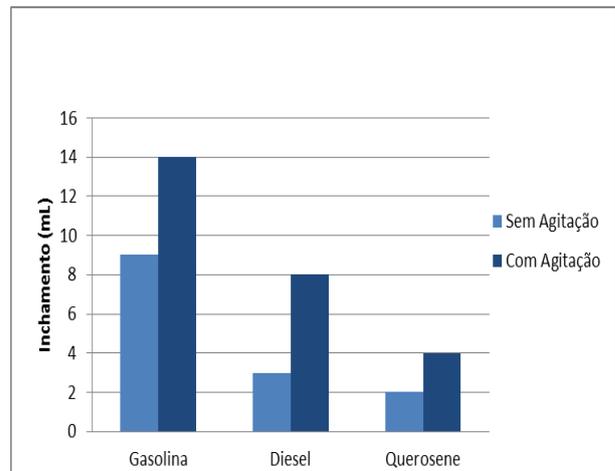


Figura 4. Inchamento de Foster utilizando argila Chocolate "A" organofílica.

3.2. Capacidade de Adsorção

Os resultados referentes à Capacidade de adsorção do Carvão ativado e Argila organofílica Chocolate "A", estão apresentados na Figura 5. É possível observar que para os solventes utilizados: Gasolina, Diesel e Querosene a argila organofílica apresenta um melhor potencial adsorptivo quando comparados com os resultados para o carvão ativado.

Cabral et al., (2008), preparou a argila organofílica a partir da argila policatiônica verde-lodo *in natura* com o sal brometo de Cetil trimetil Amônio, onde avaliou a capacidade de adsorção em derivados do petróleo, a partir de suas análises de capacidade de adsorção, verificou que a argila organofílica apresentou uma maior capacidade de adsorção comparada com a argila natural.

O trabalho de Rodrigues (2009), mostrou também que a argila organofílica apresentou um melhor potencial de adsorção em todos os solventes quando comparadas a argila natural, com a seguinte ordem: querosene>óleo lubrificante> diesel>gasolina. Verificando-se desta forma uma relevante significância para a capacidade de adsorção das argilas organofílicas, como também foi observado nesta pesquisa.

Oliveira (2012), avaliou em sua pesquisa a capacidade de adsorção das argilas BSN-03, BSN-04 *in natura* e organofílica com os solventes: gasolina, diesel e querosene, em todos os resultados observou uma maior capacidade adsorptiva para as argilas organofílicas, foi avaliada também a capacidade de adsorção do carvão



ativado e comparado com os resultados das argilas organofílicas BSN-03 e BSN-04, as quais em todas as análises comparativas com o carvão ativado as argilas organofílicas apresentaram melhores resultados, com exceção do solvente querosene que tanto para o carvão ativado como as argilas organofílicas não apresentaram eficiência na adsorção.

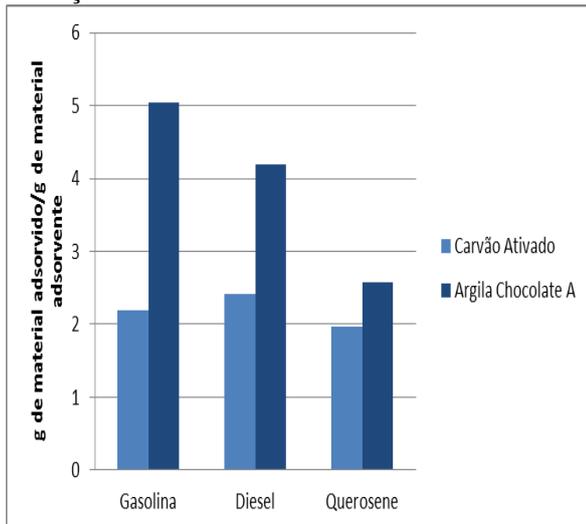


Figura 5. Capacidade de Adsorção do carvão ativado e argila chocolate A organofílica.

4. CONCLUSÕES

Foi possível verificar a efetiva organofilização da argila Chocolate “A” a partir da análise por difração de raios X (DRX), observando um aumento significativo na distância basal de 1,563 nm da argila natural para 2,446 nm para a argila organofílica.

Para o teste de Inchamento de Foster pode-se concluir que a argila organofílica apresentou afinidade com os solventes orgânicos (gasolina, diesel e querosene), enquanto que o Carvão ativado manteve-se estável durante todo o teste.

As eficiências da capacidade de adsorção mostraram que a argila Chocolate A organofílica adsorveram os solventes orgânicos estudados (Gasolina, Diesel e Querosene) mais eficientemente do que o carvão ativado.

5. REFERÊNCIAS

AHMADUN, F.; PENOASHTEH, A.; ABULLAH, L.C; BIAK, D. R. A.; MADAENI, S. S.; ABIDIN, Z.Z; **Review of technologies for oil and gas produced water treatment**. Journal Hazardous Materials, v. 170, p. 530 – 531, 2009.

BARBOSA, R.; ARAÚJO, E. M.; OLIVEIRA, A. D.; MELO, T. J. A. **Efeito de sais quaternários de amônio na organofilização de uma argila bentonita nacional**. Cerâmica 52:264-268 (2006).

BERTAGNOLLI, C.; KLEINÜBING, S. J.; SILVA, M. G. C.; **Preparo e avaliação de argilas Verde-Lodo organofílicas para uso na remoção de derivados de petróleo**. Scientia Plena v.5; n.7 (2009).

CABRAL, S. B.; RODRIGUES, S. C. G.; VILAR, W. C. T.; RODRIGUES, M. G. F.; **Preparação da Argila Organofílica Verde-lodo visando sua aplicação na adsorção de derivados de petróleo**. 7º Encontro Brasileiro sobre Adsorção – 1º Simpósio Sul- Americano sobre Ciências e Tecnologia de Adsorção – I SISA, 2008.

CAVALCANTI, J. V. F. L.; MOTTA, M da.; ABREU, C. A. M.; BARAÚNA, O. S.; PORTELA, L. A. P.; **Utilização de argilas esmectíticas do nordeste do Brasil para preparação de um adsorvente organofílico**, Cerâmica, v.56, p. 168 – 178, 2010.

CONAMA, Resolução 393, 2007.

CHOY, J. H; KWAK, S. Y; KIM, B. W. **New organo-montmorillonite complexes with hidrophobic and hydrophilic functions**. Matter. Lett.; v. 33, p. 143-147, 1997.

FOSTER, M. D. **Geochemical studies of clay minerals: II-relation between ionic substitution and swelling in montmorillonites**. Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 3, p. 2-3, 143-154, 1953.

GONZAGA, A. C.; SOUSA, B. V.; SANTANA, L. N. L.; NEVES, G. A.; RODRIGUES, M. G. F. **Study of different methods in the preparation of organoclays from the bentonite with application in the petroleum industry**. Brazilian Journal of Petroleum and Gas. v. 1, n. 1, p. 16-25, 2007.

ISYNTSARSKI, B.; MARINOV, S.; BUDINOVA, J.; YARDIM, M. F.; PETROV, N.; **Synthesis and characterization of activated carbon from natural asphaltites**. Fuel Processing Technology, v. 116, p. 346 – 349, 2013.



MOTA, M. F.; SILVA, J. A.; QUEIROZ, M. B.; Laborde, H. M.; RODRIGUES, M. G. F.; **Organophilic clay for oil/water separation process by finite bath tests.** Brazilian Journal of Petroleum and Gas, v. 5, n. 2, p. 097-107, 2011.

NAHHAL, Y. E.; SAFI, J.; FOOD, J., Agric. & Environ. 3,2 (2004), 295.

OLIVEIRA, G. C. DE.; **Utilização de adsorventes (Carvão ativado e argilas organofílicas) no Processo de separação de emulsões óleo/água.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Pós – Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012.

OLIVEIRA, G. C.; MOTA, M. F.; SILVA, M. M. ; RODRIGUES, M. G. F.; LABORDE, H. M.; **Performance of natural sodium clay treated with ammonium salt in the separation of emulsified oil in water.** Brazilian Journal of Petroleum and Gas, v. 6, n. 4, p. 171-183, 2012.

PAIVA, L. B. de; MORALES, A. R.; DIAZ, F. R.V. **Argilas organofílicas: características, metodologias de preparação, compostos de intercalação e técnicas de caracterização.** Cerâmica 54: 213-226 (2008).

QU, D.; **Studies of the activated carbons used in double-layer supercapacitors.** Journal of Power Sources, v. 109, p. 403 – 411, 2002.

RODRIGUES, S. C. G.; RODRIGUES, M. G. F.; PEREIRA, K. R. O.; VALENZUELA-DÍAZ, F. R. **Performance of organophilic Clay as adsorbent in the oil/water separation process.** Brazilian Journal of Petroleum and Gas 4:49-58 (2010a).

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 and Petrol industry.** Materials Science Forum, v. 660 -661, p. 1037 -1042, 2010b.

RODRIGUES, S. C. G.; **Preparação e caracterização de argilas organofílicas em escala de laboratório, visando seu uso em sistema de separação emulsão óleo/água.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Pós – Graduação em Engenharia Química, Universidade

Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

RUTHVEN, D. M.; **Principals of Adsorption and Adsorption Process,** 1984.

SANTOS, P. S., Ciência e tecnologia de argilas, 2ª Ed., Edgard Blucher, S. Paulo, SP, 195, 2002.

SHEM, Y. H. **Preparations of organobentonite using nonionic surfactants.** Chemosphere, v.44, p. 989 – 995, 2001

SILVA, M. M. da.; 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,p. 171 – 180, 2011.

SILVEIRA, D. M.; MARTINS, J.; MELO, T. M. S.; GIL, L. F.; Ver. Esc. Minas, v.59, p. 329 – 333, 2006.

Standard Methods of Testing Sorbent Performance of Adsorbents - Designation; ASTM F716 –82 (Reapproved 1993).

Standard Methods of Testing Sorbent Performance of Adsorbents - Designation; ASTM F726 –99.

VIANNA, M. M. G. R.; JOSÉ, C. L. V.; PINTO, C. A.; BUCHLER, P. M.; VALENZUELA – DÍAZ, F. R.; **Preparação de duas argilas organofílicas visando o uso como sorvente de hidrocarbonetos.** Anais do 46º Congresso Brasileiro de Cerâmica (CD-Rom),p. 1860 – 1871, 2002.

VALENZUELA-DIAZ F. R. **Preparação em nível de laboratório de algumas argilas esmectíticas organofílicas.** Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1994.

WANG, C. C.; JUANG, L. C.; LEE, C. K.; HSU, T. C.; LEE, J. F.; CHAO, H. P. **The effects of exchanged cation, compression, heating and hydration on textural properties of bulk bentonite and its corresponding purified montmorillonite.** J. Coll. Sci., v. 280, p. 27-35, 2004.

eba 10
2014



XI, Y.; DING, Z.; HE, H.; FROST, R. L.,
**Structure of organoclays – an X-ray diffraction
and thermogravimetric analysis study**, J. Coll.
Sci., v. 277, p. 116-120, 2004.

XI, Y.; MALLAVARAPU, M.; NAIDU, R.
**Preparation, characterization of surfactants
modified Clay minerals and nitrate adsorption.**
Applied Clay Science 48:92-96 (2010).