

## Síntese e caracterização de argila organofílica visando sua utilização como adsorvente na remoção de cromo

S. B. Cabral<sup>1</sup>; S. C. G. Rodrigues<sup>1</sup>, K. R. O. Pereira<sup>2</sup>, F. R. Valenzuela-Díaz<sup>2</sup>, M. G. F. Rodrigues<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande/Unidade Acadêmica de Engenharia Química - Campus I, Av. Aprígio Veloso, 882, CEP 58109-970, Campina Grande - PB

<sup>2</sup>Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Av. Prof. Mello Morais, 2463, CEP 05508-900, São Paulo – SP

(Recebido em 30/04/2009; revisado em 24/08/2009; aceito em 27/10/2009)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

---

### Resumo:

O objetivo deste trabalho foi utilizar as argilas: Verde-lodo sem tratamento e organofílica como adsorventes, para tratar soluções sintéticas de cromo trivalente. Foi sintetizada a argila Verde-lodo organofílica, partindo-se da argila Verde-lodo sem tratamento e do sal quaternário de amônio (brometo de cetiltrimetilamônio). Os materiais obtidos foram caracterizados por difração de raios-x, microscopia eletrônica de varredura, análise térmica diferencial e gravimétrica, teste de inchamento de Foster e teste de capacidade de adsorção. Os resultados indicam que foram obtidos materiais organofílicos e que os mesmos apresentaram capacidade de adsorção nos solventes orgânicos testados.

**Palavras-chave:** argila; organofilização; surfactante; cromo

---

### Abstract:

The proposal of this research was to use the clays: Verde-lodo bentonite and organophilic bentonite as adsorbents, to treat trivalent chromium synthetic solutions. The Verde-lodo organophilic clay was prepared by the reaction between Verde-lodo clay and quaternary ammonium salt (cetyltrimethylammonium bromide). The materials were characterized by x-ray diffraction, scanning electron microscopy, differential thermal analysis and thermogravimetric analysis, swelling Foster test and adsorption capacity test. The results indicate that organophilic materials were obtained and that they were able to adsorb the organic solvents.

**Keywords:** clay; organophilic clay; surfactant; chromium

---

\* E-mail: [meiry@deq.ufcg.edu.br](mailto:meiry@deq.ufcg.edu.br) (M. G. F. Rodrigues)

## 1. Introdução

Argilas são materiais naturais, terrosos, de granulação fina e formadas quimicamente por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio. São constituídas por partículas cristalinas extremamente pequenas, de um número restrito de minerais conhecidos como argilominerais, podendo conter ainda matéria orgânica, sais solúveis, partículas de quartzo, pirita, calcita, outros minerais residuais e minerais amorfos [1].

As argilas organofílicas são obtidas a partir da adição de sais quaternários de amônio (com pelo menos 12 ou mais átomos de carbono em sua cadeia) em dispersões aquosas de argilas esmectíticas sódicas. Elas desfrutam de um grande número de aplicações nas diversas áreas tecnológicas, sendo amplamente utilizadas na adsorção e retenção de resíduos industriais perigosos e contaminantes sólidos, na remoção de vários contaminantes orgânicos no tratamento de águas contaminadas, tratamento de efluentes industriais, em tanques de óleo ou gasolina, como componentes tixotrópicos em fluidos de perfuração de poços de petróleo à base de óleo, no refino de petróleo e em revestimento de aterros [2].

O presente trabalho faz parte de uma série de pesquisas [3-14] que vem sendo desenvolvidas no Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais (LABNOV), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Química do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UAEQ/CCT/UFCG) e tem como objetivo obter argila organofílica, a partir de argila esmectítica nacional e utilizá-las no tratamento de soluções sintéticas para remoção de cromo trivalente.

## 2. Experimental

### 2.1. Preparação da argila organofílica

Foi utilizada uma amostra (argila esmectítica) sem tratamento de cor verde-lodo, fornecida na forma de aglomerados pela Dolomil Industrial Ltda., empresa situada no distrito industrial da cidade de Campina Grande/PB. Dado a amostra ter sido fornecida na forma de aglomerados, ela foi desagregada, moída e passada em peneira ABNT N° 200 (abertura de 0,074mm).

O método de preparação de argilas organofílicas descrito a seguir foi baseado em estudos realizado por Pereira [3] e Pereira et al [10] denominado de Método Direto.

### 2.2. Método Direto

Inicialmente, a argila desagregada, moída e passada em peneira ABNT N° 200 (abertura de 0,074mm) foi sendo adicionada aos poucos e sob agitação mecânica constante, em recipiente de vidro contendo água destilada, visando a obtenção de uma dispersão aquosa à concentração de 4% em peso de argila. Em seguida, foi acrescentada à dispersão aquosa, uma solução de carbonato de sódio concentrado, na proporção de 100meq/100g de argila seca, sob agitação constante e aquecimento entre 95 e 97°C.

Após o procedimento de troca catiônica e, portanto, a argila estando na forma sódica, foi sendo acrescentada, aos poucos, a solução de sal quaternário de amônio (brometo de cetiltrimetilamônio) a 25% na proporção de 110meq/100g de argila seca. Após adição completa do sal quaternário de amônio, continuou-se a agitação por 20 minutos.

Posteriormente, a dispersão foi filtrada em funil de Büchner acoplado a uma bomba à vácuo usando-se papel de filtro comum e, em seguida, lavada sucessivamente com água destilada. Após as etapas de lavagem e filtração, a amostra obtida foi encaminhada para secagem em estufa a 60°C por 48 horas.

### 2.3. Caracterização das argilas verde-lodo: sem tratamento e organofílica

Difração de Raios-X (DRX): As amostras foram analisadas pelo método do pó, empregando-se um difratômetro de raios-X Shimadzu XRD-6000 com radiação  $\text{CuK}\alpha$ , tensão de 40KV, corrente de 30mA, tamanho de passo de 0,02 $\theta$  e tempo por passo de 1s, com velocidade de varredura de 2°(2 $\theta$ )/min, com ângulo 2 $\theta$  percorrido de 5° a 45°.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV): As amostras em forma de pó foram recobertas com uma fina camada de ouro, decorrente da grande condutividade de elétrons desse metal, por um metalizador, fixado em um porta-amostra de alumina por uma fita adesiva de carbono. As micrografias para realização de estudos morfológicos e microestruturais das amostras foram obtidas através de um microscópio eletrônico de varredura da marca Philips, modelo XL30 EDAX.

Análise Térmica Diferencial e Gravimétrica (ATD/ATG): As análises térmicas foram realizadas em um equipamento simultâneo de termogravimetria (TG) e de análise térmica

diferencial (ATD) de marca TA Instruments e modelo SDT Q600, com uso de vazão de 100mL/min. De ar, desde temperatura ambiente até 1000°C, utilizando razão de aquecimento de 10°C/min.

**Inchamento de Foster:** O ensaio consistiu em adicionar, lentamente e sem agitação, 1,0g de argila verde-lodo organofílica em 50mL do solvente contido em 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 (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 pela argila (inchamento com agitação). Os solventes orgânicos testados foram: gasolina e óleo diesel comerciais, tolueno (ControlTec) e p-xileno (Merck).

**Capacidade de Adsorção:** O teste de avaliação da capacidade de adsorção em solventes orgânicos foi baseado na norma ASTM F 726 – 99. Esse teste foi aplicado às argilas verde-lodo: sem tratamento e organofílica. Inicialmente, colocou-se em um recipiente Pyrex o solvente a ser testado até ocupar a altura de 2cm. Posteriormente, em uma cesta (fabricada manualmente a partir de tela de Aço Inoxidável com abertura de 0,044mm) adicionou-se 1,0g do material adsorvente (argilas verde-lodo: sem tratamento e organofílica) a ser testado. Em seguida, o sistema argila-cesta foi pesado e colocado no recipiente Pyrex com o solvente, onde permaneceu por 15 minutos. Após o tempo decorrido ergueu-se a cestinha e deixou-se escorrer o excesso de solvente orgânico por 15 segundos e, realizou-se uma nova pesagem. Esse procedimento foi repetido por três vezes para a argila verde-lodo organofílica visando obter resultados precisos. A quantidade adsorvida de solvente foi calculada a partir da Equação 1.

$$Ad = [(P_1 - P_2)/P_1] * 100 \quad (1)$$

Onde:  $P_1$ : Peso do material adsorvido;  $P_2$ : Peso do material adsorvente seco; Ad: Eficiência da adsorção para o fluido e o adsorvente testado.

Os solventes orgânicos testados foram os mesmos utilizados no teste de inchamento de Foster.

### 3. Resultados e Discussão

Os difratogramas das argilas verde-lodo: sem tratamento e organofilizada com o sal quaternário

de amônio estão apresentados nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

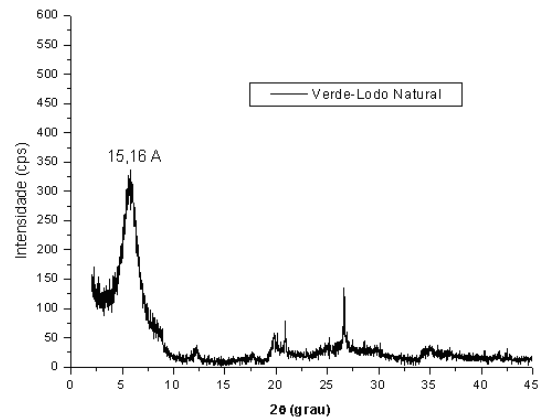


Figura 1 - Difratograma da argila verde-lodo sem tratamento.

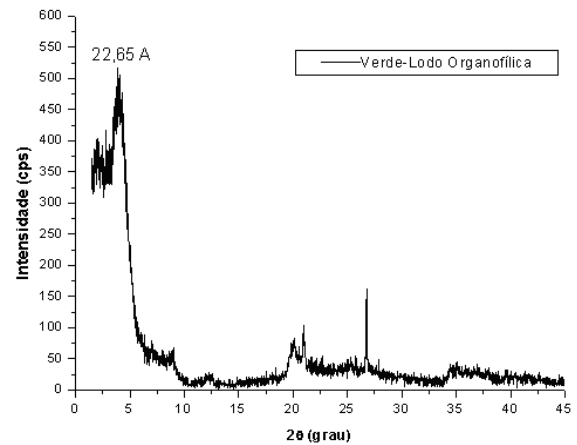


Figura 2 - Difratograma da argila verde-lodo organofílica.

Através da Figura 1 é possível verificar que a argila verde-lodo sem tratamento apresenta reflexão do grupo da esmectita que corresponde a distância basal ( $d_{001}$ ) de 15,16Å. Observa-se também, um outro pico que corresponde ao mineral não esmectítico: quartzo [15-19].

Quando a argila verde-lodo natural é tratada com o sal quaternário de amônio ocorrem modificações nos espaçamentos basais da mesma. Tal afirmação pode ser confirmada através do difratograma referente a argila verde-lodo organofílica (Figura 2), no qual observa-se um aumento expressivo na distância basal ( $d_{001}$ ) para 22,65Å.

As argilas organofílicas foram preparadas pela troca catiônica do  $Na^+$  com o radical orgânico do sal quaternário de amônio, neste caso particular o brometo de cetiltrimetilamônio. Ao adicionar esses sais às dispersões aquosas de argila natural, esses cátions orgânicos substituem os cátions sódio que

são facilmente trocáveis. Desta forma, os cátions quaternários de amônio, com longas cadeias de hidrocarbonetos livres se fixam entre as camadas 2:1 do argilomineral esmectítico, fazendo com que a nova estrutura seja formada [20-21].

Pode-se observar o aumento expressivo nos espaços interlamelares e, conseqüentemente, nas distâncias basais ( $d_{001}$ ) da argila verde-lodo organofílica, em relação à argila verde-lodo sem tratamento. Este resultado confirma, portanto, a hipótese de que o sal brometo de cetiltrimetilamônio foi intercalado nos espaços lamelares da argila verde-lodo sem tratamento, formando assim a argila organofílica.

Dado a espessura de uma camada de argilomineral ser de aproximadamente 15-16Å, as moléculas do sal quaternário de amônio estariam separando as lamelas do argilomineral a uma distância de aproximadamente 22Å, o que condiz com dados da literatura para moléculas de sal quaternário de amônio colocados entre as lamelas do argilomineral [22].

As Figuras 3 e 4 apresentam as micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura das argilas verde-lodo: sem tratamento e organofilizada com o sal quaternário de amônio, respectivamente.

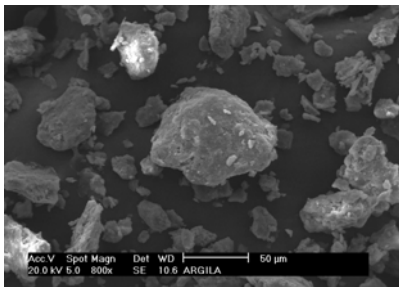


Figura 3 - Micrografia da argila verde-lodo sem tratamento.

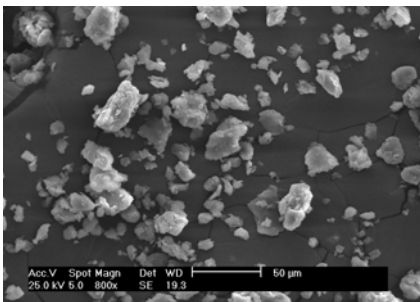


Figura 4 - Micrografia da argila verde-lodo organofílica.

Na Figura 4 pode-se observar que não há uma distribuição homogênea de partículas, pois as mesmas apresentam grãos de diversos tamanhos.

Observa-se ainda, que o perfil dos aglomerados se mostra irregular [23-24].

Através da micrografia referente a argila verde-lodo organofílica, apresentada na Figura 4, observa-se aglomerados que possuem partículas com dimensões similares as da argila sem tratamento, porém, apresentando espaços vazios, isto é, estrutura mais aberta. Possivelmente, esse fato, deve-se a intercalação do sal quaternário de amônio nas lamelas da argila [3].

As Figuras 5 e 6 apresentam as curvas de ATD e TG referentes as argilas verde-lodo: sem tratamento e organofílica, respectivamente.

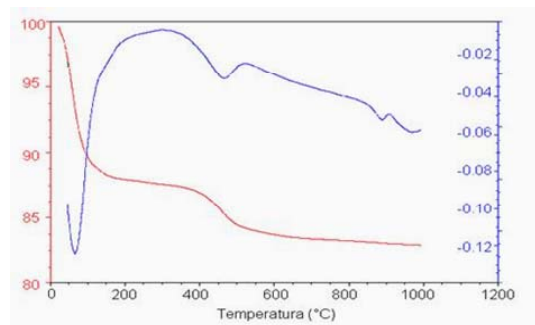


Figura 5 - Curvas de ATD e TG da argila verde-lodo sem tratamento.

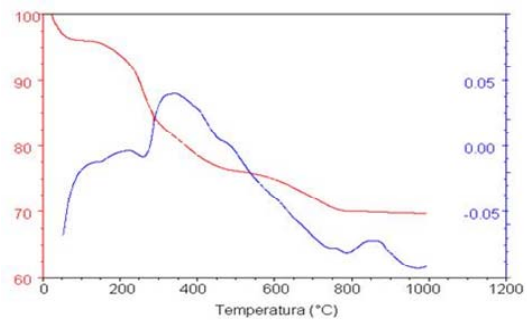


Figura 6 - Curvas de ATD e TG da argila verde-lodo organofílica.

A curva de ATD obtida para a argila verde-lodo sem tratamento exibe um pico endotérmico que ocorre entre 50°C e 100°C referente à perda de água livre, essa perda deve-se a água intercalada e adsorvida na estrutura do argilomineral [25-26]. Observa-se também, a presença de um pico endotérmico entre 450°C e 500°C causado pela perda de hidroxilas estruturais. Em 900°C há um pico duplo, endo-exotérmico, o primeiro pico endotérmico é o da destruição do reticulado cristalino e o segundo pico exotérmico é o da formação de quartzo [27].

Através da curva termogravimétrica para a argila verde-lodo sem tratamento é possível observar duas

inflexões; a primeira até aproximadamente 150°C é referente a uma perda de massa (perda de água livre) de 11,5 % e, a segunda até aproximadamente 500°C, referente a uma perda de massa (perda estrutural) de 4%. Portanto, a perda de massa total para esta argila foi de 15,5 %.

A curva de ATD obtida para a argila verde-lodo organofílica revela um pico exotérmico entre 270°C e 440°C, atribuído à decomposição do sal brometo de cetiltrimetilamônio, após a etapa de liberação da água residual e combustão da parte orgânica proveniente do sal quaternário de amônio. Na faixa entre 760°C e 800°C há dois picos superpostos, endo-exotérmico: o primeiro deve-se à decomposição final do sal orgânico e o segundo à combustão do resíduo carbonáceo da queima anterior, caracterizada pelo largo pico exotérmico [28].

Através da curva termogravimétrica para a argila verde-lodo organofílica, observam-se três inflexões; a primeira até aproximadamente 75°C, referente a uma perda de massa (perda de água livre) de 3,75%, a segunda até aproximadamente 500°C, referente a uma perda de massa (decomposição inicial do sal orgânico) de 20% e, a terceira até aproximadamente 800°C, referente a uma perda de massa (decomposição final do sal orgânico) de 6,25%. Portanto, a perda de massa total para a argila modificada com o sal brometo de cetiltrimetilamônio foi de 30%.

Comparando-se as curvas de TG referentes as amostras de argilas verde-lodo: sem tratamento e organofílica, observou-se que o teor de água livre perdida é bem maior para a argila sem tratamento (aproximadamente 11,5%) do que para a argila organofílica (aproximadamente 3,75%). A menor perda de massa (perda de água livre) para a argila organofílica evidencia a redução do caráter hidrofílico da mesma. De modo geral, os comportamentos das curvas de TG apresentam-se negativamente, isto se deve ao fato de que a queima dos radicais orgânicos fazem a amostra diminuir a massa e, portanto, há uma variação negativa da massa na curva de TG [29].

No Laboratório de Matérias-Primas Particuladas e Sólidos Não Metálicos (LMPSol) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), foram adotadas as seguintes avaliações apresentadas na Tabela 1 para o teste de inchamento de Foster.

Os resultados referentes ao teste de inchamento de Foster utilizando como adsorvente, a argila verde-lodo organofílica nos solventes orgânicos testados: gasolina, óleo diesel, tolueno e p-xileno estão apresentados na Figura 7.

Tabela 1: Considerações adotadas pelo LMPSol para o teste de inchamento de Foster.

Inchamento	Faixa
Não-inchamento	Igual ou inferior a 2 mL/g
Baixo	3 a 5 mL/g
Médio	6 a 8 mL/g
Alto	Acima de 8 mL/g

Fonte: Viana et al [30]

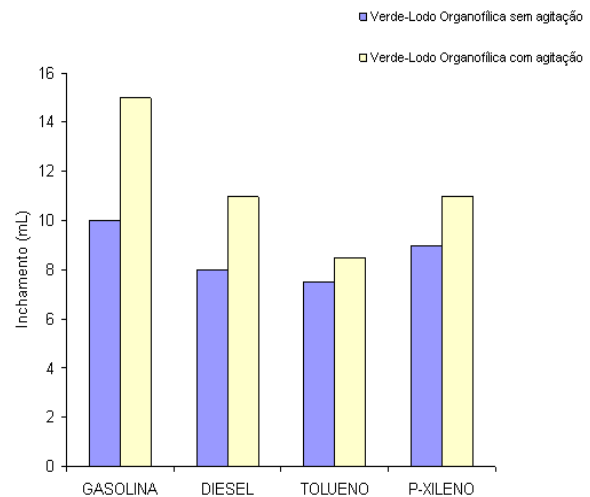


Figura 7: Inchamento de Foster utilizando a argila verde-lodo organofílica (sem e com agitação) em solventes orgânicos.

Analisando a Tabela 1, juntamente com a Figura 7, observa-se que a argila verde-lodo organofílica apresentou médio inchamento (sem agitação) nos solventes diesel e tolueno e alto inchamento nos solventes gasolina (sem e com agitação), diesel (com agitação), tolueno (com agitação) e p-xileno (sem e com agitação).

A Tabela 2 apresenta os resultados numéricos obtidos.

Tabela 2: Resultados numéricos obtidos para o teste de Inchamento de Foster utilizando a argila verde-lodo organofílica em solventes orgânicos.

Solventes	Gasolina	Diesel	Tolueno	p-Xileno
Sem agitação (mL/g)	10	71,8	7,6	9,0
Com agitação (mL/g)	15	11,2	8,4	11

De forma geral, verificou-se que, exceto nos solventes diesel e tolueno, em que a argila verde-lodo organofílica apresentou médio inchamento (sem agitação), observou-se que nos demais solventes orgânicos a argila apresentou altos inchamentos (com e sem agitação). O solvente gasolina apresentou inchamentos mais elevados (com e sem agitação) quando comparados aos demais solventes.

Esse teste visa a avaliação da hidrofobicidade das argilas organofílicas, ou seja, o quanto elas se dispersam e incham em compostos orgânicos. Os resultados do inchamento da argila organofílica, apresentados na Tabela 2, comprovam a hidrofobicidade da argila organofílica sintetizada, pois esta se dispersou e inchou em compostos orgânicos. Conseqüentemente, um alto resultado de inchamento, além da dispersibilidade mostra a afinidade da argila com compostos orgânicos [31].

Foi utilizada metodologia baseada na norma ASTM F 726-99 com o objetivo de obter a medida da capacidade de adsorção da argila verde-lodo sem tratamento e organofílica e os resultados obtidos no teste estão apresentados na Tabela 3 e na Figura 8.

Tabela 3: Dados de adsorção para as argilas verde-lodo: sem tratamento e organofílica.

Solventes	G	D	T	p-X
Sem tratamento ( $g_{ads}/g_{solv}$ )	5,2	5,0	2,3	3,0
Organofílica (Exp. 1) ( $g_{ads}/g_{solv}$ )	6,7	6,2	4,5	4,6
Organofílica (Exp. 2) ( $g_{ads}/g_{solv}$ )	6,4	6,1	4,0	4,8
Organofílica (Exp. 3) ( $g_{ads}/g_{solv}$ )	6,7	6,3	4,3	4,6

$g_{ads}/g_{solv}$ : g de material adsorvido / g de material sorvente. G: gasolina; D: diesel; T: tolueno; p-X: p-xileno.

Através destes resultados, verifica-se que as argilas verde-lodo em estudo adsorveram: gasolina > diesel > p-xileno > tolueno. No entanto, a argila verde-lodo organofílica apresentou um maior potencial de adsorção nos solventes orgânicos testados, perante a argila verde-lodo sem tratamento. Estes dados estão em conformidade

com o teste de inchamento de Foster (com agitação).

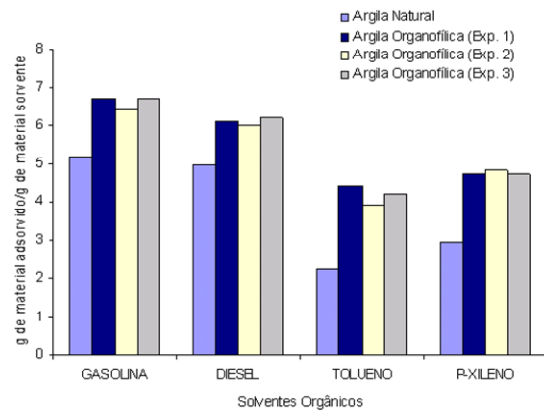


Figura 8 - Capacidade de adsorção das argilas verde-lodo: sem tratamento e organofílica.

Os melhores resultados de adsorção obtidos tanto para a argila verde-lodo sem tratamento, como para a argila verde-lodo organofílica, ficaram para os solventes orgânicos gasolina e diesel.

#### 4. Conclusões

Com base na análise dos resultados deste trabalho, pode-se concluir que:

Através da técnica de Difração de Raios-X (DRX), foi possível confirmar a obtenção do material organofílico, uma vez que, a argila verde-lodo sem tratamento apresentou distância interlamelar de 15,16Å, e quando colocada em contato com o sal quaternário de amônio, essa distância expandiu para 22,65Å, indicando a efetiva intercalação do cátion orgânico.

A partir das micrografias obtidas pela técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), verificou-se que o processo de organofiliação não causou modificações substanciais na morfologia das partículas da argila em estudo.

As análises térmicas (ATD/TG) referentes às argilas estudadas evidenciaram transformações térmicas características das argilas esmectíticas (sem tratamento e organofílica). A curva de TG para a argila verde-lodo organofílica mostrou uma perda de massa superior (quase o dobro) em relação a perda de massa para a argila verde-lodo sem tratamento, fato este esperado, uma vez que, além da água adsorvida e intercalada, a argila organofílica apresenta o sal orgânico em sua estrutura.

Os resultados referentes ao teste de inchamento de Foster comprovaram o caráter hidrofóbico da argila verde-lodo organofílica, perante os altos

inchamentos (expansões) conseguidos, principalmente para os inchamentos com agitação, mostrando, portanto, potencial para ser utilizada como adsorvente dos solventes orgânicos testados.

Em relação ao teste de capacidade de adsorção, observou-se que a argila organofílica, apresentou maior capacidade de adsorção nos solventes orgânicos testados, quando comparada a argila sem tratamento e, os melhores resultados de adsorção obtidos tanto para a argila natural, como para a argila organofílica, ficaram para os solventes orgânicos gasolina e diesel.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela bolsa de mestrado concedida e a Dolomil Industrial Ltda. pelo fornecimento da argila.

### Referências

- [1] Souza Santos, P. de. *Ciência e tecnologia das argilas*. 2ª ed., São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda., v. 1, 408p., 1989.
- [2] Valenzuela-Díaz, F. R. Preparation of organophilic clays from a Brazilian smectitic clay. *Key Eng. Mater.*, 189-191 (2001) 203-207.
- [3] Pereira, K. R. O. Ativação ácida e preparação de argilas organofílicas partindo-se de argila esmectítica proveniente do estado da Paraíba. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 95p., 2003.
- [4] Sousa, B. V. de; Oliveira, M. D. de; Gonzaga, A. C.; Rodrigues, M. G. F. Síntese de uma argila organofílica a partir da argila choco-bofe proveniente da cidade de Boa-Vista. In: SULMAT - 2 Congresso em Ciência de Materiais do Mercosul, Joinville - SC, v. 1, p. 1-7, 2004.
- [5] Sousa, B. V. de; Vila Júnior, M. M. A.; Santana, L. N. L. de; Diaz, F. R. V.; Vieira, F. A.; Rodrigues, M. G. F. Obtenção e caracterização de argilas organofílicas a partir de diferentes sais quaternários de amônio. In: SULMAT - 2 Congresso em Ciência de Materiais do Mercosul, Joinville - SC, v. 1, p. 1-7, 2004.
- [6] Oliveira, K. R. de; Diaz, F. R. V.; Rodrigues, M. G. F. Obtenção e caracterização de bentonita organofílica partindo-se de argila esmectítica proveniente do estado da Paraíba. In: SULMAT - 2 Congresso em Ciência de Materiais do Mercosul, Joinville - SC, v. 1, p. 1-7, 2004.
- [7] Oliveira, K. R. de; Vianna, M. M. G. R.; Diaz, F. R. V.; Rodrigues, M. G. F. Comparação no uso de 2 métodos para obtenção de argilas organofílicas. In: XV Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Curitiba - SC, v. 1, p. 1-8, 2004.
- [8] Gonzaga, A. C.; Neves, G. A. de; Santana, L. N. L. de; Sousa, B. V. de; Ávila Júnior, M. M.; Rodrigues, M. G. F. Preparação de argilas organofílicas usando uma bentonita verde claro e de um sal quaternário de amônio (CTMA). In: XVI Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, Porto Alegre - RS, v. 1, p. 1-1, 2004.
- [9] Gonzaga, A. C.; Sousa, B. V. de; Santana, L. N. L.; Neves, G. A. de; Rodrigues, M. G. F. Study of different methods in the preparation of organoclays from the bentonite with application in the petroleum industry. *J. Petrol. Gás.*, v. 1, p. 16-25, 2007.
- [10] Pereira, K. R. O. de; Rodrigues, M. G. F.; Valenzuela-Diaz, F. R. Síntese e caracterização de argilas organofílicas: comparação no uso de dois métodos. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 2, p. 1-8, 2007.
- [11] 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.
- [12] Gonzaga, A. C.; Sousa, B. V. de; Pereira, K. R. O. de; Valenzuela-Diaz, F. R.; Neves, G. A. de; Santana, L. N. L. de.; Rodrigues, M. G. F. Preparação de argila organofílica a partir de bentonitas do estado da Paraíba. *Mens Agitat.*, v. 2, p. 37-42, 2007.
- [13] 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. In: 7º Encontro Brasileiro sobre Adsorção – EBA, Campina Grande – PB, p. 159, 2008.
- [14] Rodrigues, S. C. G.; Pereira, K. R. O. de; Valenzuela-Diaz, F. R.; Rodrigues, M. G. F. Preparação de argila organofílica destinada à utilização de adsorvente de derivados de petróleo. In: 7º Encontro Brasileiro sobre Adsorção – EBA, Campina Grande – PB, p. 158, 2008.

- [15] Choy, J. H.; Kwak, S. Y.; Han, Y. S.; Kim, B. W. New organo-montmorillonite complexes with hydrophobic and hydrophilic functions. *Mater. Lett.* 33 (1997) 143-147.
- [16] Shem, Y. H. Preparations of organobentonite using nonionic surfactants. *Chemosphere* 44 (2001) 989-995.
- [17] 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.* 280 (2004) 27-35.
- [18] Xi, Y.; Ding, Z.; He, H.; Frost, R. L. Structure of organoclays – an X-ray diffraction and thermogravimetric analysis study. *J. Coll. Sci.* 277 (2004) 116-120.
- [19] Vaia, R. A.; Teukolsky, R. K.; Giannelis, E. P. Interlayer Structure and Molecular Environment of Alkylammonium Layered Silicates. *Chem. Mater.* 6 (1994) 1017-1022.
- [20] Tahani, A.; Karroma, M.; DammE, H. V.; Levitz, P.; Bergaya, F. Adsorption of a cationic surfactant on Na-montmorillonite: Inspection of adsorption layer by X-ray and fluorescence spectroscopies. *J. Coll. Interf. Sci.* 216 (1999) 242-249.
- [21] Kozak, M.; Domka, L. Adsorption of the quaternary ammonium salts on montmorillonite. *J. Phys. Chem. Sol.* 65 (2004) 441-445.
- [22] Jordan, J. W.; Hook, B. J.; Finlayson, C. M. Organophilic bentonites. II. Organic liquid gels. *J. Phy. Coll. Chem.*, v. 54, n. 8, p. 1196-1207, 1950.
- [23] Davis, D. W.; Rochow, T. G.; Rowe, F. G.; Fuller, M. L.; Kerr, P. F.; Hamilton, P. K. Electron micrographs of reference clay minerals. A. P. I. Proj. 49. Columbia University, New York, 316p., 1950.
- [24] Grim, R. E. *Clay Mineralogy*, Science, 135, 890p., 1962.
- [25] Almeida Neto, A. F.; Silva, A. A.; Rodrigues, M. G. F.; Valenzuela-Díaz, F. R. Estudo de argilas organofílicas destinadas à adsorção de óleos. 6º Encontro Brasileiro sobre Adsorção - EBA, Departamento de Engenharia Química, Maringá, 2006(a).
- [26] Hendricks, S. B.; Nelson, R. A.; Alexander, L. T. Hydration mechanism of the clay mineral montmorillonite saturated with various cations. *J. Amer. Chem. Soc.* 62 (1940) 1457.
- [27] Grim, R. E.; Kulbicki, G. Montmorillonite: high temperature reactions and classification. *Amer. Mineral.*, 46 (1961) p. 1329.
- [28] Sora, I. N.; Zampori, L.; Pelosato, R.; Botta, D.; Dotli, G.; Vitelli, M. Matrix optimization for hazardous organic waste sorption. *App. Clay Sci.* 28 (2005) 43-54.
- [29] Silva, Adriana. A. Estudo de argilas organofílicas destinadas à separação óleo/água. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 116p., 2005.
- [30] Vianna, M. M. G. R.; José, C. L. V.; Pinto, C. A.; Büchler, P. M.; Valenzuela-Díaz, F. R. Preparação de duas argilas organofílicas visando seu uso como sorventes de hidrocarbonetos. 46º Congresso Brasileiro de Cerâmica, São Paulo-SP, p. 1860-1871, 2002.
- [31] Kilça, T. B. Síntese de argilas organofílicas e sua incorporação em polimerização in situ para a obtenção de nanocompósitos antichamas de poliestireno. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 81p., 2006.