

## II-505 – TRATAMENTO DE EFLUENTE LÍQUIDO CONTENDO METAIS PESADOS

**Lívia Jorge de Sousa<sup>(1)</sup>**

Engenheira Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

**Waleska Cynthia Torreão Vilar**

Mestre em Engenharia Química

**Meiry Gláucia Freire Rodrigues**

Doutora em Engenharia Química

**André Luiz Fiquene de Brito**

Doutor em Engenharia Ambiental

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, Av. Aprígio Veloso 882, Bloco CM, Campina Grande-PB, Brasil, CEP: 58109-970, Fone (83) 3310-1114, e-mail: [liviajorge@yahoo.com.br](mailto:liviajorge@yahoo.com.br)

### RESUMO

Considerando a problemática ambiental que envolve a poluição de águas por resíduos industriais que contém metais pesados, este estudo baseia-se na adsorção de chumbo e zinco, metais pesados altamente tóxicos, presente em efluentes sintéticos; por meio da adsorção em argila cinza em sistema de banho finito. Este trabalho tem como objetivo caracterizar a argila fornecida pela empresa Süd-Chemie do Brasil Ltda, e avaliar experimentalmente a capacidade de remoção dos cátions  $Pb^{2+}$  e  $Zn^{2+}$ , utilizando a argila. Para tal finalidade, as técnicas de caracterizações foram: Difração de Raios-X (DRX), Espectrofotometria de Raios-X por Energia Dispersiva (EDX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os testes em sistema de banho finito foram realizados variando a concentração do efluente sintético em 10 e 50 ppm para os dois metais, o pH foi escolhido de forma a evitar a precipitação dos metais em solução, sendo utilizado 3,0 e 5,0 para o chumbo e 6,0 e 7,0 para o zinco, a velocidade de agitação permaneceu constante durante todo os experimentos. Os resultados finais denotaram que o chumbo e o zinco apresentam grande afinidade com a argila cinza, alcançando remoções de 100 % para o chumbo e 99,12 % para o zinco.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adsorção, Argila, Chumbo e Níquel.

### INTRODUÇÃO

As alterações do equilíbrio ecológico e o impacto da atividade humana sobre a ecossfera terrestre começaram a se transformar em assunto de preocupação de alguns cientistas e pesquisadores durante a década de 60, ganharam dimensão política a partir da década de 70, e é hoje, um dos assuntos mais polêmicos do mundo. Não é mais possível implantar qualquer projeto ou discutir qualquer planejamento sem considerar o impacto sobre o meio ambiente.

A atividade industrial tem contribuído muito para um aumento significativo nas concentrações de íons metálicos em águas, representando uma importante fonte de contaminação dos corpos aquáticos, principalmente, quando consideramos que tais íons podem ser disseminados via cadeia alimentar.

Metais pesados em excesso podem causar muitas doenças e sérios problemas fisiológicos, já que são acumulativos no corpo humano. Os resíduos contendo cádmio, cromo, manganês, zinco, chumbo e níquel possuem alto poder de contaminação e, com facilidade, atingem as águas superficiais e subterrâneas, que são as fontes de abastecimento de água das cidades. O contato com a pele pode causar dermatite alérgica e, mais raramente, provocar ulcerações na pele formando cicatrizes, perfurações do septo nasal, câncer, distúrbios afetivos, irritação neuromuscular, cefaléia, náuseas e desmaios. Há também suspeitas de que possam afetar o sistema imunológico de seres humanos.

Os efluentes líquidos industriais apresentam composição química bastante complexa, contendo compostos orgânicos e inorgânicos. O método mais utilizado no tratamento de efluentes líquidos contendo matéria orgânica é o biológico. No entanto, a presença de compostos inorgânicos pode inibir este processo. Neste



caso, é necessário realizar uma etapa de tratamento químico antes da realização do tratamento biológico, visando a remoção desta carga inorgânica. O tratamento clássico de efluentes contendo metais pesados envolve processos físico-químicos de precipitação, troca iônica, adsorção e extração por solventes. O método mais utilizado atualmente é a precipitação química, que pode ser feita, por exemplo, pela adição de uma base (geralmente hidróxido de cálcio) ao efluente, de modo que haja a formação de produtos insolúveis sob a forma de hidróxidos e óxidos. Processos subsequentes de sedimentação e filtração são então realizados para que, posteriormente, a água tratada possa ser recuperada. Contudo, estas técnicas tradicionais são inadequadas para a descontaminação de grandes volumes de efluentes contendo metais pesados em baixas concentrações, devido à baixa eficiência operacional e aos elevados custos de extração resultante deste processo.

Diante de uma legislação ambiental cada vez mais restritiva, na qual se tem buscado o estabelecimento de padrões de concentração cada vez menores para os poluentes presentes nos efluentes, as indústrias têm sido levadas a ajustar os processos existentes, por meio da adoção de procedimentos que visam a menor geração ou a remoção de elementos tóxicos dos efluentes industriais. Como a recuperação de íons metálicos a partir de soluções diluídas utilizando métodos clássicos é ineficiente e levando-se em consideração a política ambiental atual, métodos alternativos vêm sendo investigados como, por exemplo, a eletrodialise, a osmose reversa, a ultrafiltração e a adsorção em materiais naturais, que promovam a retenção seletiva e reversível de cátions metálicos. Dentre os materiais naturais passíveis de utilização, as argilas vêm merecendo atenção devido ao seu reduzido custo e simplicidade no processo.

Esse trabalho teve como objetivo geral estudar a remoção do zinco ( $Zn^{2+}$ ) e do chumbo ( $Pb^{2+}$ ), metais pesados, em efluente sintético, através do processo de adsorção, utilizando um sistema de banho finito e tendo como material adsorvente a argila cinza.

O presente trabalho faz parte de uma série de pesquisas que vem sendo estudadas pelo Laboratório de Desenvolvimento de Novos Materiais (LABNOV), pertencente à unidade acadêmica de Engenharia Química (UAEQ) e ao Centro de Ciências e Tecnologias (CCT) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

## MATERIAIS E MÉTODOS

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

O diagrama de bloco abaixo (Figura 1) mostra de forma resumida as etapas que foram realizadas na pesquisa.

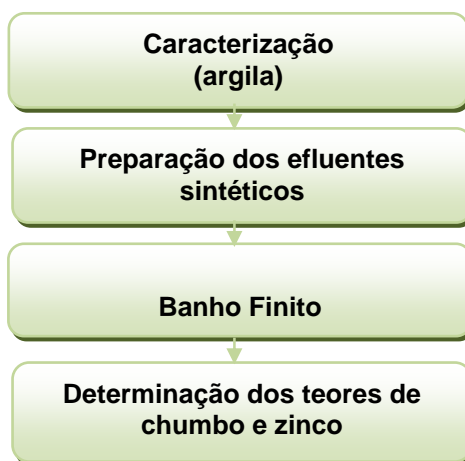
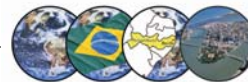


FIGURA 1 – Diagrama de blocos da metodologia experimental

### Caracterização da Argila

Para a caracterização da amostra, foram realizadas as seguintes técnicas:

- Difração de Raios-X (DRX);



- Espectrofotômetro de Raios-X por Energia Dispersiva (EDX);
- Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

### **Difração de Raios-X (DRX)**

A Difração de Raios-X foi empregada para identificar as principais fases presente na argila cinza. A referida análise foi realizada no Laboratório de Engenharia de Materiais (LEMa) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

### **Espectrofotometria de Raio-X por Energia Dispersiva (EDX)**

A análise química a partir da Espectrofotometria de Raios-X por Energia Dispersiva (EDX) permite identificar e quantificar a composição química global de um sólido. A análise foi realizada com o equipamento da marca Shimadzu 720, no laboratório de caracterizações da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande.

### **Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

A Microscopia Eletrônica de Varredura teve como finalidade verificar a morfologia da argila cinza. As micrografias foram obtidas no microscópio eletrônico de varredura da marca Philips, modelo XL30 EDAX do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares de São Paulo (IPEN-SP) e do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP).

### **Preparação dos Efluentes Sintéticos**

Para a obtenção da concentração de chumbo a 10 e 50 ppm foi utilizado o sal de nitrato de chumbo,  $Pb(NO_3)_2$ , e água deionizada, após a realização dos cálculos, obtivemos as concentrações iniciais do chumbo em solução. O mesmo procedimento foi realizado para preparar a solução de zinco a 10 e 50 ppm, utilizando o nitrato de zinco hexa-hidratado  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ .

### **Banho Finito**

Os ensaios de banho finito foram realizados para determinar a capacidade de adsorção dos metais: chumbo e zinco pela argila cinza, em um reator batelada com agitação constante e com tempo de contato (argila/efluente) determinado.

Foram utilizadas soluções de  $Pb(NO_3)_2$  e  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  na faixa de concentração de 10 e 50 ppm, fonte dos metais removidos. A faixa de variação do pH foi de 3,0 e 5,0 para o chumbo e 6,0 e 8,0 para o zinco, de forma a evitar a precipitação dos metais.

Os ensaios de banho finito constaram da dispersão de 0,5 g de argila cinza, em 50 mL de solução do metal estudado, com o pH sendo controlado a cada hora e com agitação constante durante 5 h. Ao final deste período, foi realizada uma filtração e o filtrado foi analisado por espectrofotometria de absorção atômica, sendo essa metodologia aplicada a todas as amostras.

## **RESULTADOS**

Os resultados foram apresentados em duas etapas, a primeira etapa referente a caracterização da argila e a segunda etapa referente aos resultados da remoção dos metais chumbo e zinco.

## CARACTERIZAÇÃO DA ARGILA CINZA

### Difração de Raios-X (DRX)

A Figura 2 apresenta o difratograma da argila cinza.

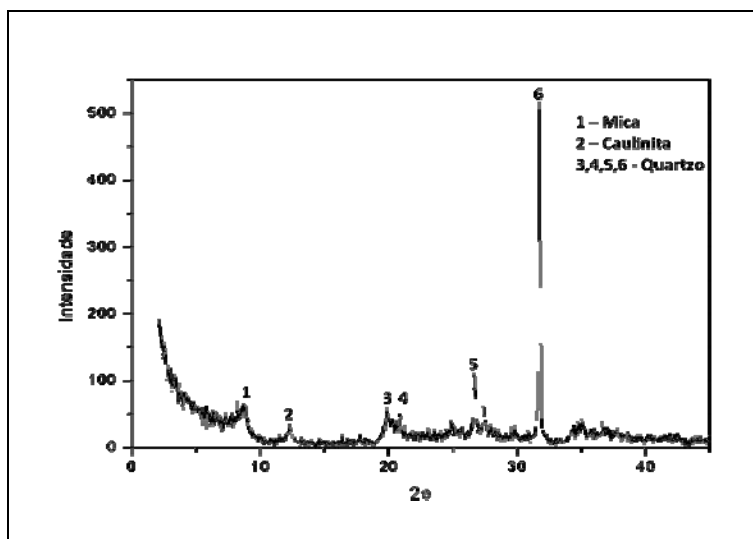


FIGURA 2 - Curva de DRX da argila cinza

De acordo com a Figura 2, pode-se verificar que a argila cinza revelou as linhas de interferência basais do grupo das micas ( $d = 10,01 \text{ \AA}$ ) e do grupo das caulinitas ( $d = 7,59 \text{ \AA}$ ); Além das reflexões basais dos argilominerais, foram observadas reflexões do quartzo ( $d = 4,45 \text{ \AA}$ ), ( $d = 4,29 \text{ \AA}$ ), ( $d = 3,35 \text{ \AA}$ ) e ( $d = 2,49 \text{ \AA}$ ). A identificação por difração de raios-X mostrou que a argila cinza é constituída por uma mistura de argilominerais dos grupos das micas e das caulinitas.

### Espectrofotometria de Raios-X por Energia Dispersiva – EDX

A Tabela 1 apresenta o resultado da composição química da argila cinza, obtida através da técnica de espectrofotometria de raios-x por energia dispersiva (EDX).

TABELA 1 – Constituintes químicos da argila obtidos através do EDX

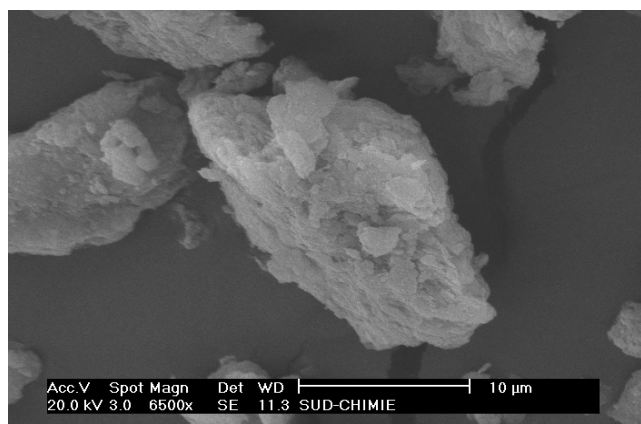
Composição Química	Percentual (%)
SiO <sub>2</sub>	51,63
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,29
K <sub>2</sub> O	3,92
CaO	3,71
MgO	3,04
SO <sub>3</sub>	2,85
Outros	1,95
<b>Total</b>	<b>100</b>

Na Tabela 1 percebe-se, que a presença mais abundante nesta amostra são SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, provavelmente provenientes dos minerais argilosos, da sílica livre e feldspato. Portanto, o material pode ser classificado como sílico-aluminoso, apresentando razão SiO<sub>2</sub>/AlO<sub>3</sub> de 2,19. A estrutura cristalina da mica apresenta como cátion neutralizante o potássio, isso, justifica a presença de quantidades significativas de potássio, K<sub>2</sub>O (3,92%), na amostra. A presença de cálcio, CaO (3,71 %) é geralmente na forma de cátion trocável.



### Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A micrografia obtida a partir da microscopia eletrônica de varredura para a argila está apresentada na Figura 3.



**FIGURA 3 – Micrografia obtida por Microscopia eletrônica de varreduras da argila cinza, com ampliação de 6500x**

Na Figura 3, é possível verificar que não há uma distribuição homogênea de partículas, pois apresentam grãos de diversos tamanhos, ocasionando, portanto, uma distribuição de partículas irregular.

### REMOÇÃO DOS METAIS PESADOS

De acordo com os ensaios de banho finito, foi possível verificar, de acordo com a Tabela 2, que há uma forte interação entre os metais (chumbo e zinco) e a argila cinza.

Para o chumbo foi alcançada remoções de 100% nos ensaios 2 e 4, podendo-se verificar, uma grande vantagem no sistema argila cinza e chumbo nas condições estudadas.

Já para o ensaio 1 e 3 foi obtido valores de 36,46 e 45,22 % respectivamente. O fato dos ensaios 1 e 3 terem resultados menos significativos foi devido ao baixo valor do pH escolhido, na ordem 3,0, pois, quanto mais ácida for a solução, maior será a competição entre os íons  $H^+$  e os íons dos metais de transição para serem adsorvidos, o que dificulta a adsorção destes.

Para a remoção do zinco pode-se observar que a capacidade de remoção nos ensaios 5, 6 e 8, foram na ordem de 93,67, 91,90 e 99,12 % respectivamente, o que denota uma grande afinidade argila cinza e o zinco. Para o ensaio 7, o resultado foi inferior aos ensaios 5, 6 e 8, na ordem de 64,85%, isso provavelmente aconteceu porque em pH considerados ácidos ocorre uma dissolução dos íons de  $Al^{3+}$  da argila, aumentando assim a competitividade com o metal  $Zn^{2+}$ , diminuindo assim a percentagem de remoção.

O resultado de remoção obtido para o chumbo foi superior ao do zinco, atingindo 100 % de remoção contra 99,12 % do zinco.



TABELA 2 – Resultados de remoção para o chumbo e o zinco

Variáveis				Resultado
Experimentos	Concentração do chumbo (ppm)	Concentração do zinco (ppm)	pH	Percentual de remoção (%)
1	10	-	3,0	36,46
2	10	-	5,0	100,00
3	50	-	3,0	45,22
4	50	-	5,0	100,00
5	-	10	6,0	93,67
6	-	10	8,0	91,90
7	-	50	6,0	64,85
8	-	50	8,0	99,12

## CONCLUSÕES

Na primeira etapa do trabalho, a caracterização da argila cinza, pode-se concluir que a argila cinza é constituída por uma mistura de argilominerais dos grupos das micas e das caulinitas, que o material é classificado como sílico-aluminoso, e que possui lamelas irregulares de diferentes tamanhos e presença de agregados não uniformes.

Na segunda etapa, a remoção dos metais pesados, foi possível verificar que o pH é uma variável importante, que influencia diretamente na adsorção dos metais: zinco e chumbo. E observou-se que o estudo da remoção de zinco e chumbo em efluentes sintéticos pela argila cinza, através do processo de adsorção, apontou a possibilidade de utilização para o tratamento de efluentes, pois atingiu remoções de 100% para o chumbo e 99,12% para o Zinco, demonstrando que ambos os metais apresentam grande afinidade com a argila cinza.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AHSAN S.; KANECO, S.; OHTA, K.; MIZUNO, T.; KANI, K.; Use of some natural and waste materials for waste water treatment, *Water Research*, v.35, p.3738-3742, 2001.
2. SILVA, J. P.S; Impactos ambientais causados por mineração, *Revista Espaço da Sophia*, Nº 08, 2007
3. SALGADO, P. E. T. Em Fundamentos de toxicologia; Oga, S., ed.; 2ª ed., Atheneu: São Paulo, 2003.
4. NERBITT, C.C.; DAVIS, T.E; Removal of Heavy Metals from Metallurgical Effluents by the Simultaneous Precipitation and Flotation of Metal Sulfides Using Column Cells. In: *Extraction and Processing for the Treatment and Minimization of Wastes. The Minerals, Metals and Materials Society*, pág.331-342, 1994.
5. INGLEZAKIS, V. J; STYLIANOU, M. A., GKANTZOU, D., LOIZIDOU, M. D.; Removal of Pb(II) from aqueous solutions by using clinoptilolite and bentonite as adsorbents; *Desalination*, v.210, p.248-256, 2007.
6. KAYA, A; ÖREN, A. H; Adsorption of zinc from aqueous solution to bentonite, *Journal of Hazardous Materials*, Buca-Izmir, Turkey, B 125, 183-189, 2005.
7. SOUZA SANTOS, P.; *Ciência e Tecnologia de Argilas*; 2ª edição, volume 1, Ed. Edgard Blücher Ltda; São Paulo – SP, 1989.