



## I-275 - ADSORÇÃO DE $CD^{2+}$ ATRAVÉS DA LAMA VERMELHA EM SOLUÇÃO AQUOSA

**Eveline H. C. de Oliveira**<sup>(1)</sup>

Engenheira Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestranda pela Universidade Federal de Pernambuco, do curso de Engenharia Química.

**Daniella Fardes dos Santos e Silva**

Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

**Deborah D.C. da Silva**

Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

**Joelma Morais Ferreira**<sup>(1)</sup>

Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Pesquisadora DCR/FACEPE da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

**Osmar S. Baraúna**

Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Pesquisador e Professor da Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP)

**Mauricio A.da Motta Sobrinho**<sup>(1)</sup>

Doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine – França. Professor adjunto do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: UFPE – Departamento de Engenharia Química – Rua Prof Arthur de Sa s/n.Cidade Universitária, CEP: 50740-521 - Recife, PE - Brasil - Tel: (81) 2126-6278 – Fax (81) 2126-7278 – Cel. (81) 8831-3038 - e-mail: [oleveline@hotmail.com](mailto:oleveline@hotmail.com) ; [joelma@ufpe.br](mailto:joelma@ufpe.br) ; [mottas@ufpe.br](mailto:mottas@ufpe.br)

### RESUMO

A contaminação da água com substâncias que interferem na saúde das pessoas e qualidade de vida é causada pelas atividades humanas. Com o aumento populacional e o crescimento industrial, o risco de contaminação tornou-se maior. Os efluentes originados dos processos industriais são um dos principais agentes responsáveis pelo aumento de doenças provenientes da contaminação da água, pois geram diferentes tipos de resíduos na forma líquida que, na maioria das vezes, são descartados de maneiras inadequadas. Tais efluentes contêm misturas tóxicas, como os metais pesados onde às conseqüências dessas emissões podem levar a sérios problemas que muitas vezes são irreversíveis. O tratamento de efluentes industriais contaminados com metais pesados é um constante desafio para as indústrias, pois devem apresentar baixo custo e uma boa eficiência, uma vez que grandes volumes de efluentes são tratados. Neste trabalho se objetivou avaliar através de processos adsorptivos, o efeito das variáveis: pH, quantidade de adsorvente, ativação do adsorvente e tempo de contato, utilizando a técnica de planejamento experimental, na remoção do metal pesado cádmio em efluentes sintéticos aplicando a lama vermelha como adsorvente. Verificou-se que a variável quantidade de massa da lama vermelha apresentou um efeito mais significativo no processo de adsorção do cádmio, nas condições estudadas. Valores máximos de aproximadamente  $0,21 \text{ mg.L}^{-1}$  de quantidade adsorvida por unidade de massa foi obtido ao se trabalhar com 0,5 g do adsorvente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lama vermelha, adsorção, planejamento experimental, metais pesados, cádmio

### INTRODUÇÃO

Metais pesados são elementos químicos metálicos, de peso atômico relativamente altos, que em determinadas concentrações são muito tóxicos á vida. As atividades industriais têm introduzido metais pesados nas águas numa quantidade muito maior do que aquela que seria natural, causando grandes poluições. Os metais pesados diferem de outros agentes tóxicos porque não são sintetizados nem destruídos pelo homem (Kurniawan *et al*, 2006).

A ação dos metais pesados na saúde humana é muito diversificada e profunda. Entre os mais perigosos encontra-se o cádmio. Os efeitos tóxicos provocados por ele compreendem principalmente distúrbios gastro-intestinais, após a ingestão e, a inalação produz intoxicação aguda, caracterizada por pneumonite e edema pulmonar, além do câncer pulmonar e irritação no trato respiratório.



Portanto, é fundamental que efluentes contaminados com metais pesados sejam tratados antes do descarte no meio ambiente. Nos últimos anos várias pesquisas têm direcionado seu foco na busca de processos e materiais alternativos, de baixo custo, que removam os elementos metálicos via adsorção uma vez que processos físico-químicos convencionais não apresentam boa eficiência ou ainda, são inviáveis economicamente devido altos custos operacionais (Lo *et al.*, 1999).

Entre os materiais utilizados como adsorventes alternativos para remoção de metais pesados em processos adsorptivos, destacam-se os resíduos industriais como a lama vermelha. A lama vermelha é um resíduo inaproveitável da indústria de alumínio gerado através do processo Bayer após a solubilização da alumina ( $Al_2O_3$ ) contida na bauxita.

Os custos econômicos e os riscos ambientais associados à disposição da lama vermelha têm motivado companhias e pesquisadores na busca por alternativas ambientalmente mais seguras, que possibilitem a redução do volume de resíduo encaminhado para a disposição final. Entretanto, as aplicações mais interessantes para a lama vermelha estão no campo ambiental, principalmente no tratamento de efluentes líquidos contaminados com metais pesados (Brunori *et al.*, 2005).

Face ao exposto, o presente trabalho, ciente das necessidades de implementação de métodos e técnicas capazes minimizar os impactos ambientais provocados pelo descarte de metais pesados em efluentes líquidos gerados nos processos industriais, este trabalho tem como objetivo avaliar através de processos adsorptivos, o efeito das variáveis: pH, quantidade de adsorvente, ativação do adsorvente e tempo de contato, utilizando a técnica de planejamento experimental, na remoção do metal pesado cádmio em efluentes sintéticos aplicando a lama vermelha como adsorvente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A seleção de produtos químicos, numa estação de tratamento, em conjunto com a otimização em laboratório A amostra da lama vermelha utilizada nesse trabalho foi coletada após a digestão industrial da bauxita da planta industrial da Alumina do norte S/A (Alunorte).

Para a realização dos experimentos o adsorvente foi submetido à processos de ativação. Foram utilizados dois métodos de ativação da lama vermelha.

a) Método de ativação da lama vermelha 1 (MA1): Este método consistiu apenas na calcinação de uma amostra de 100 g de lama vermelha a temperatura de 400°C para promover a esfoliação do material, aumentando assim a área de contato e possibilitando maior capacidade de adsorção.

b) Método de ativação da lama vermelha 2 (MA2): Este método foi um pré-tratamento ácido que consistiu na fervura de 100 g de lama vermelha em 2L de com ácido clorídrico (HCl) 20%, filtração, lavagem com água destilada, secagem a 100°C e calcinação a 400°C.

A influência das variáveis: pH (P), quantidade de adsorvente (M), ativação do adsorvente (A) e tempo de contato (T) foi estudada utilizando a técnica de planejamento fatorial, com o objetivo de determinar de forma qualitativa e quantitativa, a influência de cada fator. O tipo de planejamento adotado nos experimentos foi o fatorial  $2^4$ . Nesse estudo foram escolhidos os níveis para cada variável e apresentados na Tabela 1. Os experimentos foram realizados em duplicata, totalizando 32 corridas experimentais.

**Tabela 1** – Níveis das variáveis do planejamento fatorial completo  $2^4$  para o cádmio

Variáveis	Codificação	Níveis	
		Inferior (-)	Superior (+)
Massa do adsorvente	M	0,5	1,5.
Ativação da lama vermelha	A	MA1	MA2
Tempo de contato	T	3 horas	9 horas
pH	P	4	10

Os ensaios experimentais foram realizados a partir de soluções sintéticas com concentrações iniciais de  $1mg.L^{-1}$  preparadas partindo do padrão Tritisol<sup>R</sup> de cádmio a 1000mg, sob a forma de cloretos (Merck).



A adsorção do íon metálico  $Cd^{2+}$  pela lama vermelha foi realizado em Erlenmeyers de 250 ml contendo 100 ml de soluções do metal mais o material adsorvente. Os Erlenmeyers foram mantidos em uma mesa agitadora sob agitação constante de 400 rpm por um período determinado e a uma temperatura de aproximadamente 30°C. Ao término da agitação as amostras foram centrifugadas e filtradas em papel de filtro qualitativo. As concentrações finais foram determinadas por espectrometria de absorção atômica por chama no equipamento Variam 240FS e a quantidade adsorvida foi calculada de acordo com a Equação 1.

$$q = \frac{(C_i - C_f)}{M} \times V \quad (1)$$

Onde:  $C_i$  é a concentração inicial do íon metálico ( $mg.L^{-1}$ );  $C_f$  é a concentração final do íon metálico, ( $mg.L^{-1}$ );  $M$  é a massa do adsorvente (g) e  $V$  é o volume (L).

## RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos do planejamento com a resposta (quantidade adsorvida por unidade de massa do adsorvente) em cada combinação de níveis para as variáveis.

**Tabela 2** – Matriz do Planejamento experimental fatorial  $2^4$

Ensaio	M	A	T	P	q ( $mg.L^{-1}$ )
1	-	-	-	-	0,1997
2	+	-	-	-	0,0697
3	-	+	-	-	0,2058
4	+	+	-	-	0,0654
5	-	-	+	-	0,2061
6	+	-	+	-	0,0696
7	-	+	+	-	0,1756
8	+	+	+	-	0,0696
9	-	-	-	+	0,2088
10	+	-	-	+	0,0699
11	-	+	-	+	0,2100
12	+	+	-	+	0,0699
13	-	-	+	+	0,2077
14	+	-	+	+	0,0699
15	-	+	+	+	0,2090
16	+	+	+	+	0,0695
17	-	-	-	-	0,2002
18	+	-	-	-	0,0699
19	-	+	-	-	0,2058
20	+	+	-	-	0,0653
21	-	-	+	-	0,2032
22	+	-	+	-	0,0697
23	-	+	+	-	0,2094
24	+	+	+	-	0,0697
25	-	-	-	+	0,2088
26	+	-	-	+	0,0699
27	-	+	-	+	0,2100
28	+	+	-	+	0,0699
23	-	-	+	+	0,2077
30	+	-	+	+	0,0700
31	-	+	+	+	0,2090
32	+	+	+	+	0,0695

A partir dos resultados obtidos no planejamento experimental (Tabela 2) foi possível, com auxílio do programa computacional *Statistica* 5.0, calcular os efeitos principais e de interação das variáveis sobre a



resposta e determinar quais os efeitos mais significativos através da regressão linear dos dados. O modelo codificado da regressão com apenas os coeficientes estatisticamente significativos ao nível de 95% de confiança, dos dados experimentais, para o íon de cádmio está representado na Equação 2.

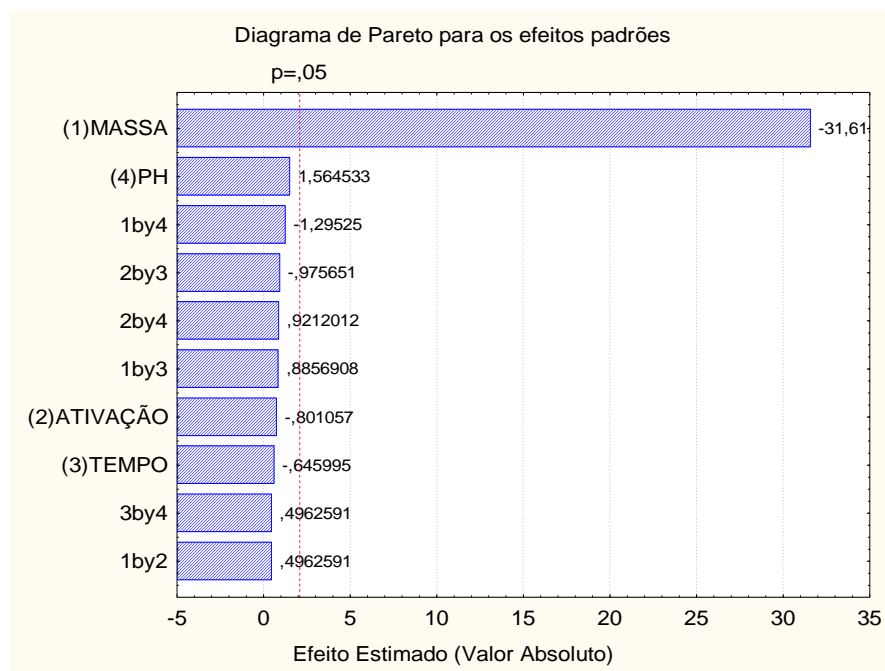
$$q = 0,136 - 0,067 M \quad (2)$$

O modelo linear de q apresentou um coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 0,98. A validade desse modelo foi confirmada analisando a variância dos resultados (ANOVA) representada na Tabela 3, onde foi possível verificar de acordo com o teste F que, o modelo é estatisticamente significativo ao nível de 95% de confiança, e altamente preditivo, pois o  $F_{\text{calculado}}$  foi maior que o valor de  $F_{\text{tabelado}}$ .

**Tabela 3** - Análise da variância para o ajuste do modelo linear (ANOVA) para o íon  $Cd^{2+}$

% variância explicada	93,70
Teste F (calculado)	31,23
F tabelado para 95% de confiança	3,29
F calculado/F tabelado	9,49

De acordo com os ensaios experimentais foi possível construir o diagrama de Pareto (Figura 1) o qual permite observar graficamente o efeito estatisticamente significativo das variáveis nesse processo de adsorção do cádmio.



**Figura 1** – Gráfico de Pareto dos efeitos das variáveis estudadas

O diagrama de Pareto nos permite afirmar que a variável independente, massa do adsorvente ofereceu efeito significativo ao modelo com nível de significância de 5%, apresentando valores a direita do ponto P.



## CONCLUSÕES

Nas condições desenvolvidas nesse trabalho pode-se concluir que a lama vermelha sendo um adsorvente residual abundante torna-se uma opção alternativa de baixo custo na remoção de íons metálicos de cádmio em efluentes líquidos. Verificou-se que o processo de adsorção do cádmio, nas condições estudadas, foi influenciado pela quantidade de massa do adsorvente, obtendo valores máximos de quantidade adsorvida por unidade de massa de aproximadamente  $0,21 \text{ mg.L}^{-1}$  quando se trabalhou com 0,5g de lama vermelha. Um outro aspecto relevante é a possibilidade de reutilização do adsorvente e do metal adsorvido pelo processo de dessorção, resultando assim em redução do volume de rejeito e de custos operacionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRUNORI, C.; CREMISINI, C.; MASSANISSO, P.; PINTO, V.; TORRICELLI, L. – Reuse of a treated red mud bauxite waste: studies on environmental compatibility. *Journal of Hazardous Materials* B117, p. 55-63. 2005.
2. LO, W. H.; CHUA, H.; LAM, K. H.; BI, S. P. – A comparative investigation on the biosorption of lead by filamentous fungal biomass. *Chemosphere* N° 39, p. 2733-2736. 1999.
3. KURNIAWAN, T. A.; CHAN, G. Y. S.; LO, W. H.; BABEL, S. – Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *Chemical Engineering Journal* N° 118, p. 83-98. 2006