

## **CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA - Química**

### **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ADSORÇÃO DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA OS ÍONS $Pb^{2+}$**

**Autor: CAROLINE HASTENREITER COSTA**

**Instituição:** Faculdades Oswaldo Cruz (FOC)  
**Orientador:** Mitiko Yamaura

#### **Resumo**

Metais pesados são um risco à saúde humana. Muitas vezes descartados incorretamente em efluentes industriais, contaminam o ambiente aquático. Esses metais são biocumulativos e causam danos irreversíveis aos animais e ao corpo humano. Outra fonte de poluição ambiental é o acúmulo de biomassas residuais ou sua queima inadequada. O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, conseqüentemente, produz enormes quantidades de bagaço de cana-de-açúcar. A maior parte de bagaço é reaproveitado para diversos fins, mas o excedente torna-se um grave problema ambiental. Atualmente desenvolvem-se estudos de adsorção de metais pesados pela biomassa vegetal e animal. O bagaço, por ser um material lignocelulósico, possui grupos funcionais que têm caráter negativo que se combinam com os metais pesados que possuem carga positiva. Neste trabalho, avaliou-se o potencial de remoção do bagaço para o chumbo (II) em solução nítrica. Assim, realizaram-se estudos em batelada de cinética e as isotermas de adsorção. Os resultados obtidos foram avaliados em porcentagem de remoção e nas isotermas de Langmuir e Freundlich.

#### **Introdução**

O bagaço de cana-de-açúcar é o resíduo da cana após a moagem. A maior parte do bagaço produzido é utilizado nas usinas como fonte de energia elétrica, para a produção de álcool e açúcar [1] e energia mecânica nas moendas. Outra parte desse montante de bagaço produzido é utilizada como ração animal [2] ou em artesanato. O excedente é estocado a céu aberto atraindo animais ou é queimado sem cuidados devidos, provocando problemas respiratórios aos moradores da região.

O chumbo é um metal pesado considerado tóxico, é usado na produção de baterias de automóvel, tintas, soldas [3] etc. Também é utilizado como proteção em reatores nucleares e transporte e armazenagem de compostos radioativos. O chumbo tem efeito cumulativo no organismo, sendo considerado altamente tóxico, pois causa sérios danos ao sistema nervoso e aos órgãos [4]. No Brasil, a quantidade máxima de chumbo (II) aceitável na água potável é de 10 ppb [5]. Existem diversos tratamentos que a água proveniente de uma fonte contaminada deve receber como precipitação, extração por solventes, osmose reversa e adsorção. A adsorção é um processo

realizado muitas vezes com carvão ativado, cujo custo é elevado e sua produção pode derivar de fontes não renováveis. Atualmente são desenvolvidas pesquisas que visam à substituição desse adsorvente por outro proveniente de biomassas tais como: resíduos de castanha, casca interna de amendoim, casca de laranja, algas, casca de semente de algodão, casca de banana, resíduos de nozes, palha de coco, palha de fibra de linho [6] etc.

A adsorção é um processo espontâneo que ocorre quando um gás ou líquido entra em contato com um outro líquido ou sólido. As moléculas do gás ou líquido ficam retidas na superfície do outro líquido ou sólido. Esse processo pode ser físico ou químico.

Quando se deseja avaliar quantitativamente a adsorção utilizam-se isotermas [7]. Isotermas de adsorção são curvas representadas em um gráfico de quantidade de material adsorvido ( $Q_{eq}$ , mg/g) em função da concentração de equilíbrio em solução ( $C_{eq}$ , mg/L) à temperatura constante. Neste trabalho avaliaram-se dois modelos de isotermas, de Langmuir e de Freundlich.

A isoterma de Langmuir propõe que adsorção aumenta de forma linear com a concentração do soluto e aproxima-se de um valor constante quando todos os sítios estão ocupados. A forma linearizada da isoterma de Langmuir é descrita na equação 1.

$$\frac{C_{eq}}{Q_{eq}} = \frac{1}{QK_L} + \frac{C_{eq}}{Q} \quad (1)$$

Sendo:

- $C_{eq}$  é a concentração de equilíbrio do soluto na fase líquida (mg/L);
- $Q_{eq}$  é a quantidade do adsorvato retido pelo adsorvente (mg/g);
- $K_L$  é a constante de Langmuir relacionada com a energia de adsorção (mg/L);
- $Q$  é a capacidade máxima de adsorção (mg/g).

A isoterma de Freundlich propõe adsorção baseada na distribuição logarítmica de sítios ativos. O adsorvato pode se acomodar em várias camadas, assim o adsorvente pode acumular infinitamente o adsorvato. Este modelo é descrito na equação 2.

$$\log(Q_{eq}) = K_F + \frac{1}{n} \log C_{eq} \quad (2)$$

Sendo:

- $C_{eq}$  é a concentração de equilíbrio do soluto na fase líquida (mg/L);
- $Q_{eq}$  é a quantidade do adsorvato retido pelo adsorvente (mg/g);
- $K_F$  indica a capacidade de adsorção (mg/g);
- $1/n$  indica a intensidade da adsorção (L/g).

## **Objetivos**

Avaliar as propriedades de adsorção do bagaço de cana-de-açúcar para os íons  $Pb^{2+}$  e verificar sua viabilidade como adsorvente natural, biodegradável e de baixo custo.

## Metodologia

Recolheu-se o bagaço em uma feira livre, este foi lavado com água e secado ao sol por 5 dias, em seguida triturado e peneirado. Prepararam-se soluções de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  em diferentes pH e concentrações. Realizaram-se experimentos de adsorção utilizando o procedimento em batelada. Foram estudadas as influências do pH da solução de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , como pH 2, 3, 4, 5 e 6; do tamanho da partícula do bagaço nos intervalos de 30 – 42, 42 – 60, 60 – 100 e 100 – 170 mesh; do tempo de contato ou tempo de equilíbrio, 20, 30, 60, 90, 120 e 150 min e da concentração do íon  $\text{Pb}^{2+}$ , 5, 10, 25, 50 e 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ .

## Desenvolvimento

Para cada estudo, 3 mL de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  foram colocados em contato com aproximadamente 50 mg de bagaço e agitados a 300 rpm em intervalos de tempos pré-determinados. Em seguida, centrifugou-se a amostra por 15 min e separou-se o sobrenadante por filtração em papel faixa preta. A concentração de  $\text{Pb}^{2+}$  foi determinada por espectrometria de emissão com fonte de plasma ICP-OES. Os resultados foram avaliados por porcentagem de remoção e pelos modelos de isoterma de adsorção.

## Resultados

No estudo da influência do pH, os parâmetros fixados foram:  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  100  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , bagaço  $\leq 32$  mesh e 60 min de contato. Com isso obteve-se remoção máxima de 26% em pH 4, conforme mostra figura 1. Para pH menores a adsorção foi menor porque os íons  $\text{H}^+$  presentes nas soluções de pH ácido competem com íons  $\text{Pb}^{2+}$  para ocupar os sítios ativos do bagaço. À medida que se aumenta o pH essa tendência diminui. Para pH acima de 4 há formação de espécies de caráter negativo que não tem afinidade com o bagaço. Valores altos de pH não foram estudados devido à precipitação do  $\text{Pb}^{2+}$  na forma de  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ .

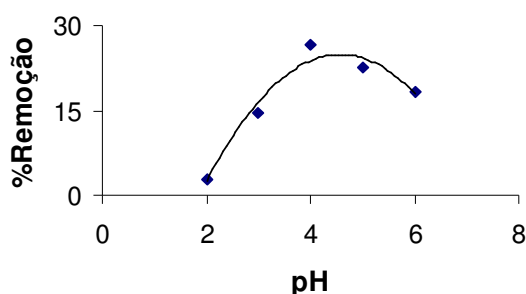


Fig. 1 – Influência do pH na adsorção de íons  $\text{Pb}^{2+}$ .

O estudo do tamanho da partícula foi realizado fixando-se  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  25  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , pH 5 e 60 min de contato. Neste caso encontrou-se uma remoção superior a 70% de  $\text{Pb}^{2+}$ , conforme mostra figura 2. Observa-se que quanto maior o mesh, ou menor o tamanho da partícula, maior sua remoção, isso se deve ao aumento da superfície de contato, o qual propicia que um número maior de íons seja retido nos sítios ativos.

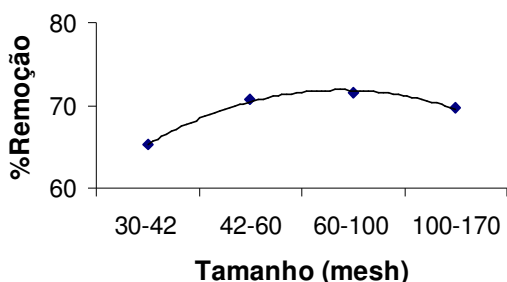


Fig. 2 – Influência do tamanho da partícula de bagaço na adsorção de íons  $\text{Pb}^{2+}$ .

Para o tempo de contato fixou-se:  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  25  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , pH 5 e bagaço 60 – 100 mesh. A cinética de equilíbrio mostrou-se muito rápida, com o tempo de 1 min obteve-se remoção maior que 70% e a remoção máxima encontrou-se em 30 min, conforme figura 3. Tempos maiores, possivelmente, promovem o desprendimento do  $\text{Pb}^{2+}$  do bagaço para a solução.

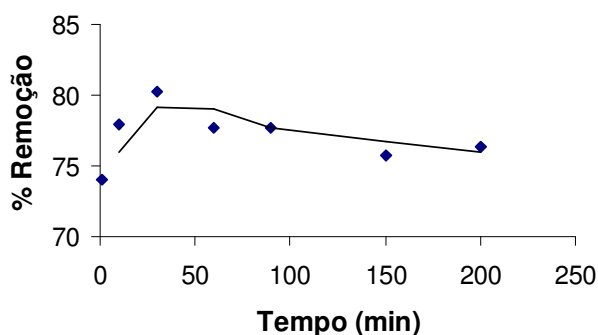


Fig. 3 – Influência do tempo de contato na adsorção de íons  $\text{Pb}^{2+}$ .

Variando-se as concentrações de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  e mantendo-se o pH 5, o bagaço 60 – 100 mesh e o tempo de contato a 60 min estudou-se a isoterma de adsorção dos íons  $\text{Pb}^{2+}$  pelo bagaço, conforme figura 4.

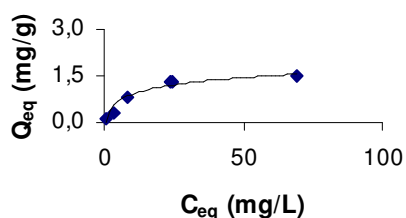


Fig. 4 – Isoterma de adsorção de íons  $\text{Pb}^{2+}$  pelo bagaço, à temperatura ambiente.

Pelo formato da isoterma é possível inferir que em determinado momento atinge-se a capacidade máxima de remoção dos íons  $Pb^{2+}$  pelo bagaço. Esse comportamento é descrito pela isoterma de Langmuir. A isoterma de Langmuir linear está representada na figura 5.

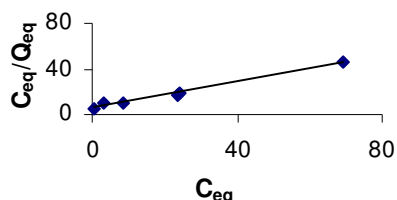


Fig. 5 – Isoterma de Langmuir linear para o  $Pb^{2+}$ , à temperatura ambiente.

Outro modelo de isoterma estudado foi o de Freundlich. A isoterma de Freundlich linear está representada na figura 6.

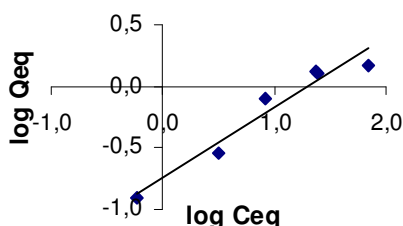


Fig. 6 – Isoterma de Freundlich linear para o  $Pb^{2+}$  à temperatura ambiente.

Os parâmetros mostrados na tabela 1 relacionam as isotermas de Langmuir e Freundlich para o estudo realizado com o bagaço. Para Langmuir tem-se que a capacidade máxima de remoção ( $Q$ ) é igual 1,75 mg de  $Pb$ / g de bagaço, observado na figura 4, onde a adsorção atinge um patamar. As constantes  $K_L$  e  $K_F$  referem-se aos modelos Langmuir e Freundlich, respectivamente. Neste caso,  $1/n$  é menor que 1 o que indica adsorção favorável. Pela análise do coeficiente de correlação linear, a isoterma de Langmuir parece descrever melhor o fenômeno de adsorção ocorrido no bagaço.

Tab. 1 – Parâmetros das isotermas de Langmuir e Freundlich para o processo de adsorção de  $Pb$  no bagaço de cana-de-açúcar.

Pb (II)	Q (mg/g)	$K_L$ (mL/mg)	$K_F$ (mg/g)	$1/n$ (L/g)	$r^2$
Freundlich	-	-	0,1811	0,574	0,9594
Langmuir	1,75	10,247	-	-	0,9832

### **Considerações Finais**

O bagaço apresentou ótimo potencial na remoção dos íons  $Pb^{2+}$  de soluções aquosas. Índices superiores a 70% de remoção foram encontrados, e à medida que se diminui a concentração por remoção sucessiva com o bagaço esse índice pode chegar próximo de 100%.

A utilização do bagaço, um resíduo agroindustrial, como adsorvente de chumbo (II) contribuirá de forma significativa no aspecto social, econômico e ambiental, tendo em vista o seu baixo custo, geração de novos empregos e aplicação de estratégias de controle de resíduos agroindustriais e de metais pesados. Entretanto para sua viabilização como alternativa a outros adsorventes existentes atualmente no mercado, outros estudos como influência de outros metais e testes com rejeitos reais devem ser realizados.

### **Fontes Consultadas**

[1] “Co-Geração de Energia - Processamento do álcool”  
<http://www.biodieselbr.com/energia/alcool/cogeracao-energia-etanol.htm> Acesso em agosto 2006.

[2] “BAGAÇO DE CANA: alimento animal versus produção de energia elétrica”  
<http://www.fundaj.gov.br/docs/tropico/desat/bagaco.html>. Acesso em agosto 2006.

[3] J. D. Lee, Química Inorgânica não tão Concisa, 5 ed, São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

[4] F. R. Moreira; J. C. Moreira, “A cinética do chumbo no organismo humano e sua importância para a saúde”, *Ciência saúde coletiva*, v.9, pp. 161 -181 (2004).

[5] “MINISTÉRIO DA SAÚDE, PORTARIA N.º 518, DE 25 DE MARÇO DE 2004”  
[http://www.agrolab.com.br/portaria%20518\\_04.pdf](http://www.agrolab.com.br/portaria%20518_04.pdf). Acesso em agosto de 2006.

[6] “Removal of metal ions from wastewater with natural wastes,”  
[http://www.netl.doe.gov/publications/proceedings/98/98hbcu/liang\\_hu.pdf](http://www.netl.doe.gov/publications/proceedings/98/98hbcu/liang_hu.pdf). Acesso em agosto de 2006.

[7] P. W. Atkins, Físico-Química, 7 ed, v. 3. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2001.