

ESTUDO COMPARATIVO DA UTILIZAÇÃO DE ACELERADORES INDUSTRIAIS DE ELÉTRONS E ADSORÇÃO COM CARVÃO ATIVADO PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Maria Helena de O. Sampa, Paulo R. Rela, Celina Lopes Duarte, Alexandre Las Casas, Manoel Nunes Mori, Nelson M. Omi

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)
Av. Professor Lineu Prestes 2242
05508-000 São Paulo, SP
mhosampa@ipen.br

RESUMO

É apresentado um estudo de viabilidade técnica e econômica da utilização da radiação ionizante proveniente de um acelerador industrial de elétrons em comparação com a tecnologia de adsorção por carvão ativado para o tratamento de efluentes de origem industrial. Para esse estudo utilizaram-se soluções padrões com os compostos orgânicos considerados mais críticos do ponto de vista de contaminação ambiental e efluentes industriais provenientes de uma indústria petroquímica. As irradiações foram realizadas utilizando-se o Acelerador Industrial de Elétrons do IPEN da Radiation Dynamics Inc, de 37,5kW com doses que variaram de 5kGy a 100kGy e na metodologia do processo de adsorção com carvão ativado utilizaram-se os dois tipos de carvão mais comumente aplicados pelas indústrias, o granulado e o pulverizado. Com os resultados obtidos avaliou-se a aplicação dos métodos com os custos relativos aos dois processos.

1. INTRODUÇÃO

O tratamento de efluentes líquidos industriais vem sendo um importante tema das questões ambientais, tanto na área de legislação e prevenção à poluição quanto na área de pesquisa e de aplicações tecnológicas. O tratamento biológico de efluentes líquidos é uma das principais preocupações para a adequação à legislação dos sistemas de tratamento dos diversos setores industriais, incluindo os que possuem efluentes com poluentes tóxicos.

Os efluentes resultantes dos processos industriais, se despejados em corpos de água, podem causar sérios danos ambientais. Com a escassez de água potável no mundo, algumas indústrias tratam seus efluentes para serem reusados e apesar de ser uma água de baixa qualidade, seu preço é de 5% do valor da água normal e apresenta grande importância na preservação dos recursos naturais.

Os danos causados à saúde humana relacionados com os tratamentos inadequados dos efluentes de uma forma geral, têm provocado o surgimento de leis de proteção ao meio ambiente cada vez mais rígidas e conseqüentemente uma procura por técnicas de tratamento de efluentes mais eficazes e de custos aceitáveis. Há uma dependência de uma série de fatores como: legislação, cultura, investimentos, informações, entre outros.

Diversos métodos são utilizados na remoção de poluentes das águas residuárias de origem industrial e doméstica. Entretanto, quando se objetiva a degradação de compostos orgânicos tóxicos, principalmente os recalcitrantes, os tratamentos convencionais, para uma grande maioria dos casos, não possuem o desempenho desejado na eliminação ou diminuição do impacto do despejo no meio ambiente, o que leva à pesquisa de métodos alternativos que visam a melhoria da eficiência dos sistemas de tratamento conjuntamente empregados ou isoladamente.

No seu tratamento, o efluente passa por diversos processos antes de estar pronto para ser liberado para um corpo receptor. A metodologia de adsorção em carvão ativado granulado (CAG) ou carvão ativado pulverizado (CAP), encontra-se em uso crescente como um processo eficiente e econômico na purificação de despejos líquidos, principalmente na remoção de compostos orgânicos, cor, odor e sabor [1].

A utilização da radiação ionizante para este trabalho de pesquisa, tem como finalidade também a remoção de compostos orgânicos em efluentes provenientes de indústrias cujo processo produtivo libera carga tóxica elevada [2].

O objetivo deste trabalho é demonstrar a eficiência e a viabilidade técnica e econômica da utilização da radiação ionizante proveniente de um acelerador industrial de elétrons, para o tratamento de efluentes de origem industrial, considerando-se os compostos orgânicos críticos do ponto de vista de contaminação ambiental, comparando essa tecnologia com a tecnologia de aplicação de adsorção com carvão ativado.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Os ensaios foram realizados com soluções padrões preparadas com os compostos orgânicos: clorofórmio, 1,2 – dicloroetano, tolueno, benzeno, xileno, bromofórmio, tricloroetileno, metil isobutil cetona e amostras reais provenientes da indústria petroquímica.

Foram realizados ensaios de adsorção com carvão ativado granulado e pulverizado, com os tipos de carvão mais utilizados na indústria e determinados os parâmetros mais importantes desses processos, ou seja, a eficiência de adsorção considerando a concentração dos compostos orgânicos no efluente, o tempo de contato da amostra com o carvão, a determinação de saturação ou capacidade de adsorção.

O processamento por radiação foi realizado no acelerador industrial de elétrons, modelo Dynamitron II, com energia máxima de 1,5 MeV e corrente variável limitada em 25 mA, sendo que as amostras foram dispostas em placas de Petri e bandejas tipo “Pyrex”, de forma a manter uma lâmina de solução de no máximo 4 mm ao serem irradiadas. As amostras receberam doses de 5kGy a 300kGy [3].

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Amostras padronizadas

Para a determinação da capacidade de adsorção ou saturação do carvão ativado granular e utilizando uma coluna de leito fixo, a concentração dos compostos diminui conforme o aumento das eluições e a partir da oitava eluição chega-se a saturação da coluna, determinando-se assim a capacidade de adsorção da coluna de carvão ativado granular utilizada.

Na Figura 1 são apresentados os valores referentes a capacidade de máxima de adsorção ou saturação do carvão ativado granulado do clorofórmio, do 1,2, Dicloroetano, do benzeno e do tricloroetileno (superior) e xileno, do bromofórmio, da metil isobutil cetona e do tolueno (inferior).

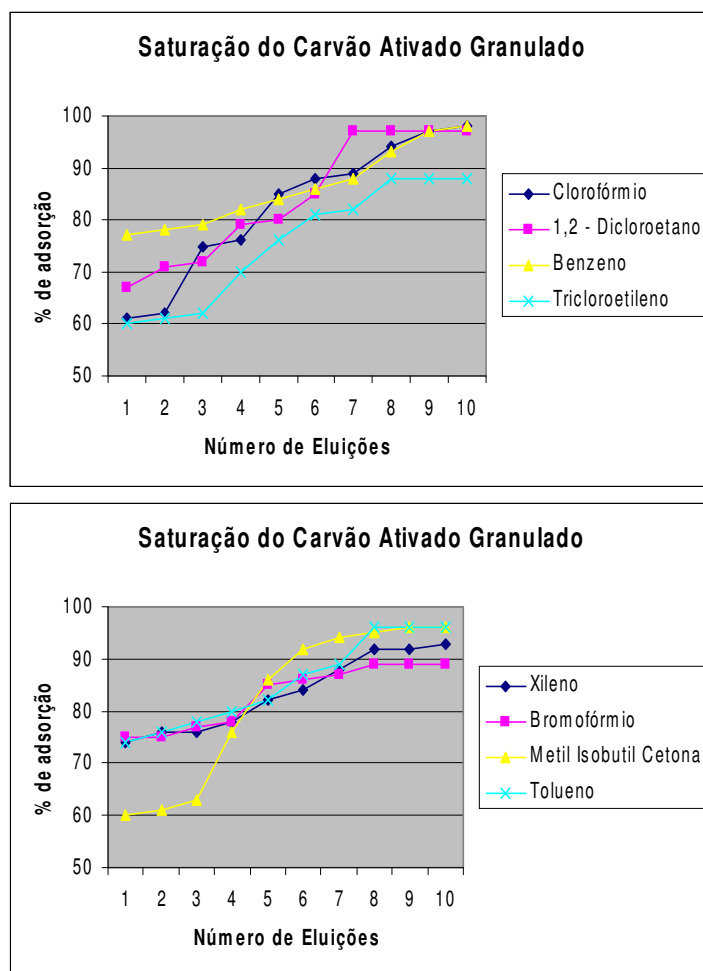


Figura 1 Capacidade máxima de adsorção ou saturação do Carvão Ativado Granulado

3.2. Amostras Reais

Com as amostras reais provenientes de um efluente de uma indústria petroquímica, foram realizados ensaios para verificar a capacidade de adsorção ou saturação, a eficiência de adsorção com carvão ativado granulado e pulverizado, bem como a remoção da cor e do odor característicos do efluente.

Também foram realizados ensaios com a irradiação utilizando acelerador industrial de elétrons para determinar a eficiência de remoção dos compostos orgânicos do efluente.

Nos ensaios para verificar a capacidade de adsorção ou a saturação do carvão ativado granulado foram realizadas eluições, por dez vezes consecutivas utilizando uma coluna de leito fixo, amostras com volumes de 20 mL do efluente. Coletaram-se amostras de 15 mL, que foram analisadas por cromatografia gasosa para determinar a concentração de todos os compostos contidos na amostra.

A Figura 3 representa a eficiência do carvão ativado granulado comparando-se as experiências com as três eluições realizadas.

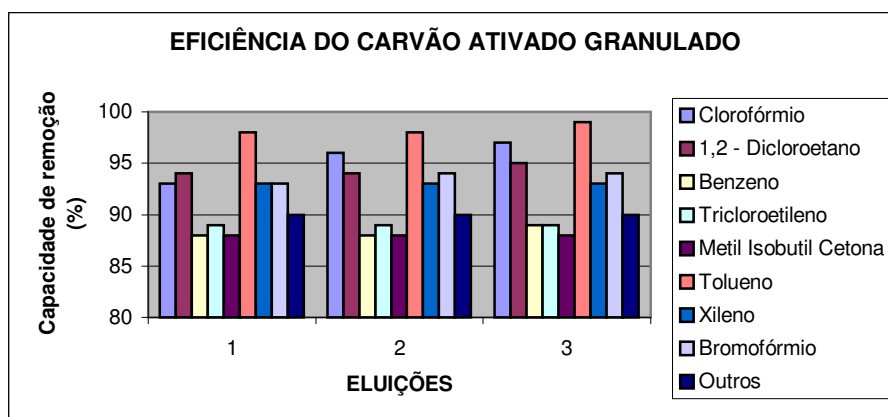


Figura 3 Eficiência de adsorção do carvão ativado granulado com amostra real após eluições consecutivas

3.3. Processamento por irradiação

Com a finalidade de comparar os resultados obtidos na aplicação da metodologia de adsorção por carvão ativado e por irradiação com feixe de elétrons irradiaram-se amostras das soluções padrões com diferentes doses para verificar a eficiência de remoção desses compostos com essa metodologia.

Na Tabela 1 observam-se os resultados obtidos com doses até 50kGy, pois acima desse valor a eficiência de remoção foi em torno de 100%.

TABELA 1– Eficiência Remoção dos Compostos Orgânicos pela Irradiação

Compostos	Concentração Inicial (mg/mL)	Dose (kGy)/% de Remoção				
		5	10	20	30	50
Benzeno	0,1470	93	97	99	99	>99
Tolueno	0,1250	89	99	>99	>99	>99
1,2 Dicloroetano	0,0880	89	94	96	99	>99
Clorofórmio	0,1610	96	97	98	99	>99
Bromofórmio	0,0800	99	>99	>99	>99	>99
Tricloroetileno	0,0865	99	99	>99	>99	>99
Metil isobutil cetona	0,2830	76	94	97	>99	>99

Comparando-se os resultados de remoção dos compostos orgânicos obtidos com o carvão ativado granular e a irradiação observou-se que os dois métodos apresentaram excelentes resultados com valores próximos a 100%, como pode ser visualizado na Figura 4.

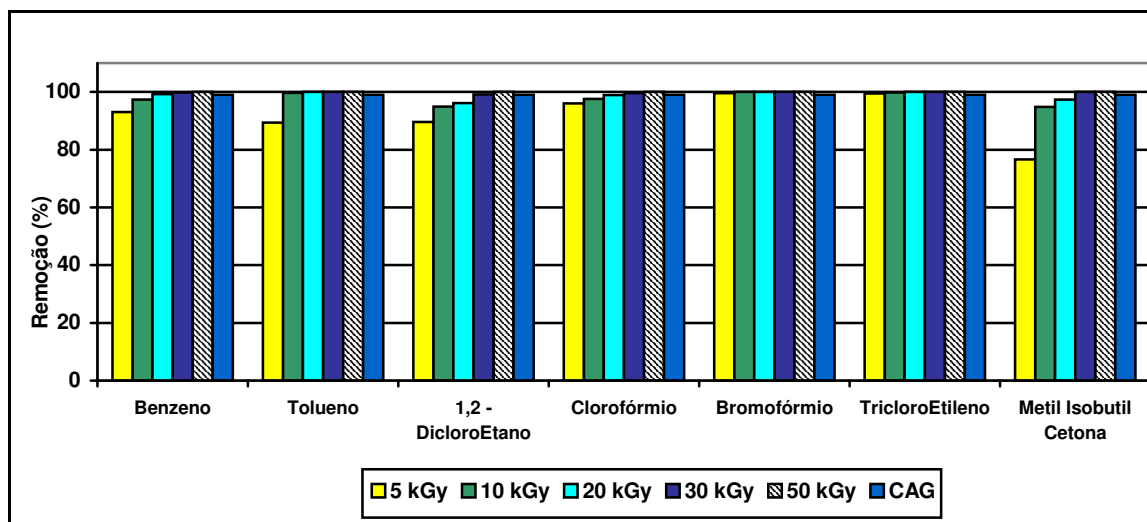


Figura 4 - Remoção dos compostos orgânicos por Irradiação e por Carvão Ativado Granulado

4. ESTIMATIVA DE CUSTOS DO PROCESSO DE IRRADIAÇÃO

Uma importante avaliação para a opção entre diferentes tipos de tecnologias de processos de tratamento de efluentes industriais é o custo associado a cada uma delas.

Tanto na determinação dos custos correspondentes ao uso do carvão ativado como na utilização da por irradiação com aceleradores de elétrons, na composição dos custos unitários deve-se levar em consideração os custos fixos (capital investido, custos administrativos, depreciação, etc.) e os custos variáveis (materiais, mão de obra, utilidades e manutenção) que dependem da quantidade a ser processada [4,5].

Os experimentos utilizando a metodologia de irradiação com Acelerador Industrial de Elétrons permitiram selecionar as doses de 20kGy e 50kGy como aquelas que apresentaram valores altos de eficiência de remoção dos compostos orgânicos da solução padrão e do efluente da indústria. Esses resultados são mostrados na tabela 2.

Tabela 2 - Custo unitário do processamento de efluentes

Dose (kGy)	Custo/hora (US\$)	Vazão (L/min)	Eficiência (%)	Energia (MeV)	Potência (kW)	Custo unitário (US\$/m ³)
Acelerador de elétrons com energia de 1,5MeV e potência de 97,5kW						
1,0	67,0	24.000	80	1,5	7,3	2,8
2,0	68,4	24.000	80	1,5	14,6	2,9
5,0	71,3	24.000	80	1,5	36,5	3,0
10,0	76,0	24.000	80	1,5	72,9	3,2
11,7	79,2	24.000	80	1,5	97,5	3,3
15,0	79,2	18.720	80	1,5	97,5	4,2
20,0	79,2	14.040	80	1,5	97,5	5,6
50,0	79,2	5,616	80	1,5	97,5	14,1

5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos com o carvão ativado granular e com o carvão ativado pulverizado verificou-se que a eficiência de adsorção dos compostos orgânicos apresentou excelentes resultados com valores próximos a 100% de eficiência tanto para a solução padrão quanto para amostras reais proveniente da indústria petroquímica.

Com relação ao processo de regeneração obteve, tanto para a solução padrão quanto para amostras reais, resultados excelentes acima de 80% de remoção dos compostos orgânicos dos poros do carvão ativado.

Os resultados obtidos com a utilização da metodologia da radiação ionizante com acelerador industrial de elétrons também mostraram valores próximos de 100%, apresentando uma excelente eficiência na remoção dos compostos orgânicos.

A viabilidade econômica referente aos dois experimentos utilizando a metodologia de irradiação com Acelerador Industrial de Elétrons e adsorção por carvão ativado permitiu selecionar para a irradiação as doses de 20kGy e 50kGy como aquelas que apresentaram valores altos de eficiência de remoção dos compostos orgânicos da solução padrão e do efluente da indústria. Já para o processo de adsorção por carvão ativado, tanto para o granulado quanto para o pulverizado, os custos calculados foram inferiores ao da irradiação, levando-se em conta apenas à remoção e a adsorção dos compostos orgânicos da solução padrão e das amostras reais, e o uso tanto de um quanto de outro tipo depende do esgoto a ser tratado na planta de tratamento.

Desta forma, com a finalidade de se aprimorar o conhecimento referente a aplicação do carvão ativado para remoção de compostos orgânicos de efluentes industriais, Deve-se estudar a posterior disposição do carvão ativado após a adsorção dos compostos orgânicos.

REFERÊNCIAS

1. Las Casas, A. **Tratamento de efluentes industriais utilizando a radiação ionizante de acelerador industrial de elétrons e por adsorção com carvão ativado**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.
2. Sampa, M.H.O. et al Application or electron beam irradiation combined to conventional treatment to treat industrial effluents. *Radiat. Phys.Chem.*, **57**, 513-518, (2000).
3. Duarte, C.L. et al., Advanced Oxidation Process by electron-beam irradiation induced decomposition of pollutants in industrial effluents, *Radiat. Phys.Chem.*, **63**, 647-651, (2002).
4. Rela, P.R. et al, Development of an up-flow irradiation device for electron beam wastewater treatment, *Radiat. Phys. Chem.*, **57**, 657-660, (2000).
5. Adams, J.Q., Clark, R.M. Cost Estimates for GAC Treatment Systems. In: Organic Removal by Granular Activated Carbon, *American Water Works Association compilation of selected articles*, (1989).