

ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DE TRICLOROETILENO E TETRACLOROETILENO UTILIZANDO FEIXE DE ELÉTRONS DE ALTA ENERGIA GERADO EM ACELERADOR INDUSTRIAL.

Bernadete L. R. Silva; Maria Helena O. Sampa; Richard Macedo Avolio;
Elizabeth S.R. Somessari; Jose Mauro Vieira; Paulo R. Rela.

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Caixa Postal 11049
05422-970, São Paulo, SP, Brasil

ABSTRACT

The development of several industries wherein organic substances are used originating wastes to be finally launched in the sewage, as well as the employment of fertilizers, pesticides and fungicides in agriculture, jeopardize the quality of the water which is to be used for human consumption. The pollution of potable water with chlorinated hydrocarbons, mainly trichloroethylene (TCE) and perchloroethylene (PCE), is seriously increasing the problem of contamination of water, specially in highly industrialized areas. Recent studies show that depuration by ionizing radiation has been considered a possible alternative to the control of water pollution, wherein the process by ionizing radiation converts TCE and PCE into approximately 100% carbon dioxide and chloride ions. Water samples containing TCE e PCE were submitted to irradiation in the pilot plant installed in the industrial electron accelerator at IPEN from Radiation Dynamics, Dynamitron II, of 1,5MeV - 25mA, with doses varying from 2kGy to 8kGy, being its parameters analyzed before and after irradiation. TCE and PCE concentrations were determined by the gas chromatography method by liquid-liquid extraction using a gas chromatographer, model CG 90, with an electron capture detector.

INTRODUÇÃO

A contaminação de águas por alguns hidrocarbonetos clorados está sendo um dos maiores problemas para o meio ambiente comprometendo a qualidade das águas que são utilizadas para o consumo humano.

Dos vários contaminantes orgânicos encontrados nas águas, o tricloroetileno (TCE) e o percloroetileno (PCE) são os mais comuns, pois são amplamente utilizados como solventes industriais.

Dentre os diversos métodos utilizados para o tratamento de efluentes industriais cita-se o de adsorção do poluente pelo carvão ativo, sendo que os contaminantes são apenas removidos de um meio para um outro, não ocorrendo a sua decomposição.

Atualmente, uma outra tecnologia de purificação alternativa tem sido estudada, onde pretende-se a oxidação do TCE e do PCE na água resultando em um alto grau de mineralização dos poluentes, isto é, convertendo o poluente em um material inócuo tal como o dióxido de carbono e íons cloreto, que já estão contidos como solutos naturais nas águas.^[1,2]

A ionização e excitação das moléculas da água pela alta energia da irradiação são conhecidas pelo resultado na formação de radicais livres e espécies moleculares, tais como H^+ e OH^- , que são suficientes para a oxidação do TCE e do PCE nas águas e estudos recentes mostram que a degradação por radiação ionizante tem sido considerada como uma alternativa possível para o controle da poluição das águas.

O estudo relatado aqui envolve experimentos utilizando o Acelerador Industrial de Elétrons do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), situado na Coordenadoria de Aplicações na Engenharia e Indústria (GE), onde uma planta piloto para estudos de tratamentos de efluentes foi construída.

MATERIAIS E MÉTODOS

As irradiações foram realizadas na planta piloto construída junto ao Acelerador Industrial de Elétrons, modelo Dynamitron II da Radiation Dynamics Inc e os parâmetros de irradiação foram: energia dos feixes de elétrons 1.5MeV; corrente 0.3mA a 15mA para obter a dose desejada; a potência variou de 4,5kW a 22,5kW; varredura do feixe 112cm e largura do feixe 2.5cm.(figura 1)

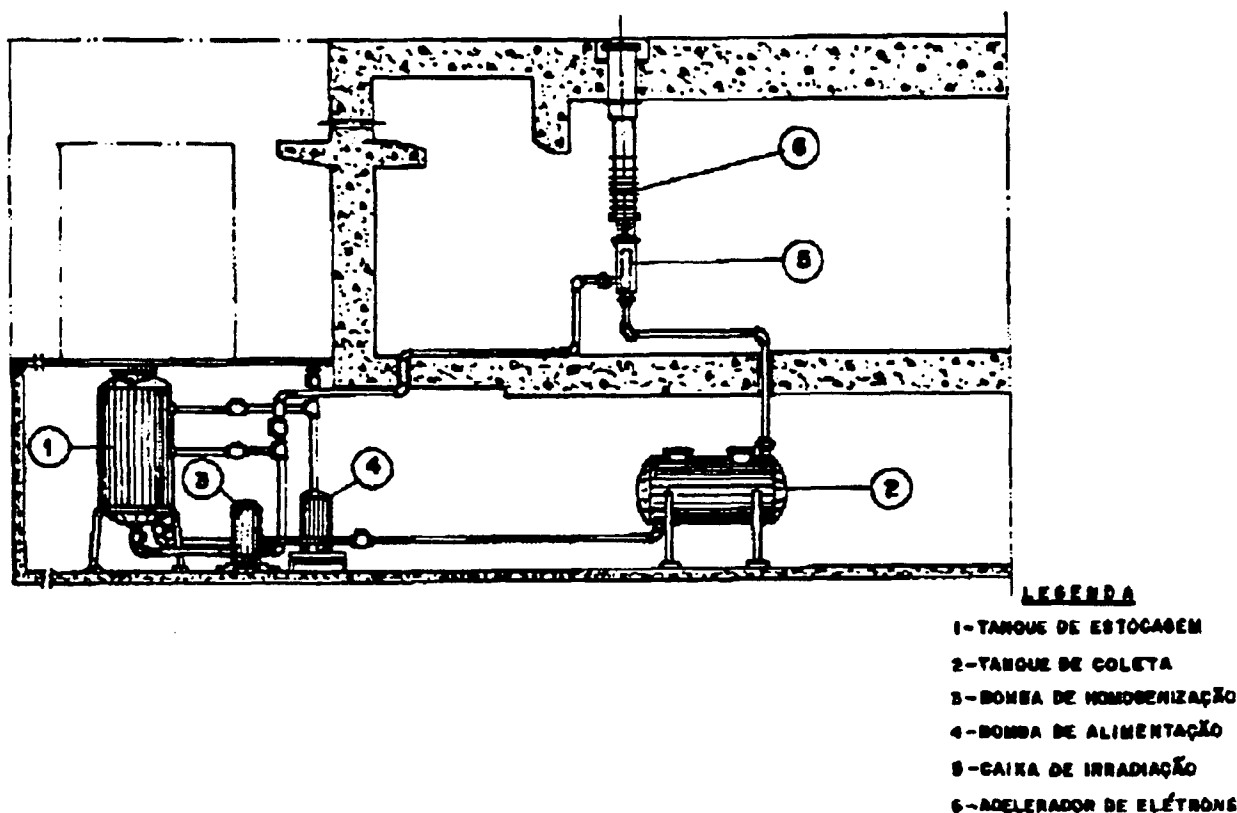
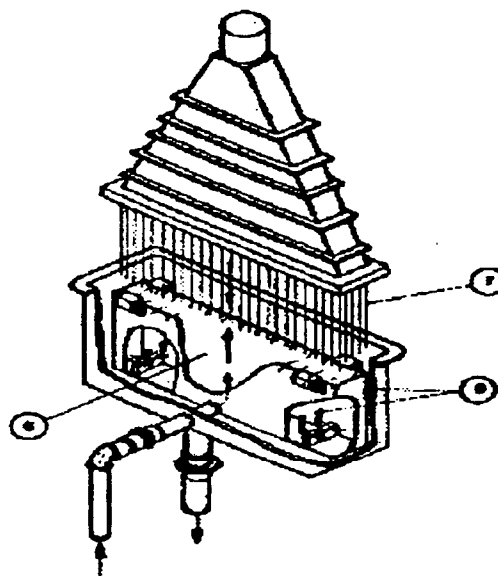


FIGURA 1. Diagrama Esquemático da Planta Piloto Utilizada.

As amostras a serem irradiadas foram colocadas no tanque de estocagem e homogenizadas utilizando uma bomba centrífuga e em seguida alimentou-se o sistema com a amostra a ser irradiada através da caixa de irradiação especialmente projetada para garantir que toda a energia do elétron ($\sim 1.5\text{MeV}$) penetre na amostra a ser irradiada, isto é, a uma profundidade de até 4mm. (figura 2).



CAIXA DE IRRADIAÇÃO

- 7 - FEIXE DE ELÉTRONS
- 8 - MATERIAL A SER IRRADIADO
- 9 - TERMISTORES

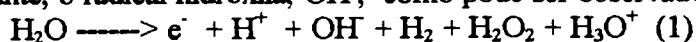
FIGURA 2. Caixa de Irradiação.

Nas experiências com a planta piloto, o TCE e o PCE foram dissolvidos primeiramente no metanol e a seguir na água, sendo homogeneizado pelo sistema de bombeamento e irradiando-se com doses de 4.5kGy a 8 kGy. (figuras 3 e 4)

As concentrações de TCE e PCE foram determinadas por cromatografia gasosa utilizando o método de extração líquido-líquido^[4]. O cromatógrafo utilizado foi o CG 90 com detector de captura de elétrons (DCE) e coluna de borossilicato de 2m x 4mm DI empacotada com 10% de esqualano sobre Chormossorb WAW 80 a 100 mesh e operando nas seguintes condições: temperatura do detector = 250°C; temperatura do injetor = 100°C ; temperatura da coluna = 70°C e como gás de arraste utilizou-se nitrogênio ultra .

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A irradiação da água pelo elétron de alta energia resulta na formação de várias espécies entre as quais destacam-se duas espécies redutoras, elétron, e^- , e o átomo de hidrogênio, H^+ , e uma espécie oxidante, o radical hidroxila, OH^{\cdot} , como pode ser observado na equação 1: ^[5]



A eficiência desse processo em destruir compostos orgânicos resulta da rápida reação de uma ou mais destas espécies com o soluto de interesse. A formação de ambas espécies oxidantes e redutoras ao mesmo tempo e na mesma concentração é única neste processo.

Estudos feitos por Gehringer ^[1,2,3] mostram que o responsável pela reação de decomposição do TCE e do PCE é o radical OH, contudo, existem alguns interferentes tais como os íons bicarbonatos e os nitratos que reagem com este radical; competindo assim com o TCE e com o PCE .

As figuras 3 e 4 mostram os resultados obtidos na decomposição do TCE e o PCE, os quais foram dissolvidos em água potável e irradiados com de 4.5kGy a 8kGy.

Observa-se que para uma dose de 8kGy a redução do TCE foi de 83% e a do PCE foi em torno de 61%.

Alguns dos estudos feito por Gehringer mostram uma redução de até 95% com doses de 0,2kGy a 0,6kGy utilizando irradiação γ ^[1,2,3]. Porém quando utiliza-se a irradiação com feixe de elétrons a taxa de decomposição do PCE e do TCE pode variar. Uma das possíveis razões seria em relação a homoneização no fluxo da água; uma outra é a alta taxa de dose que é próprio dos aceleradores de elétrons, e uma última é a falta de homogeneidade da distribuição da dose que também é uma característica da irradiação com feixe de elétrons.

A alta taxa de dose e a não homogeneidade da distribuição da dose favorece a recombinação dos radicais, e isto pode contribuir para a recombinação do radical OH , influenciando assim, na decomposição dos poluentes.

Os resultados indicam que a radiólise da água é uma fonte potencial do radical OH para a degradação do TCE e do PCE pelo tratamento de oxidação.

O PCE e o TCE são mineralizados em dióxido de carbono e íons cloreto pelo tratamento de radiação com feixe de elétrons, podendo-se formar um pequena quantidade de ácido fórmico na decomposição do TCE. Contudo, na sua maioria, os organosclorados são convertidos em íons cloretos. ^[3]

Os estudos do custo do tratamento usando a tecnologia da irradiação de alta energia com feixe de elétrons depende de muitos fatores, entre os quais a dose requerida para a obtenção da decomposição desejada e o volume de água a ser tratada; porém análises preliminares indicam que o processo pode ser competitivo com as tecnologias convencionais.

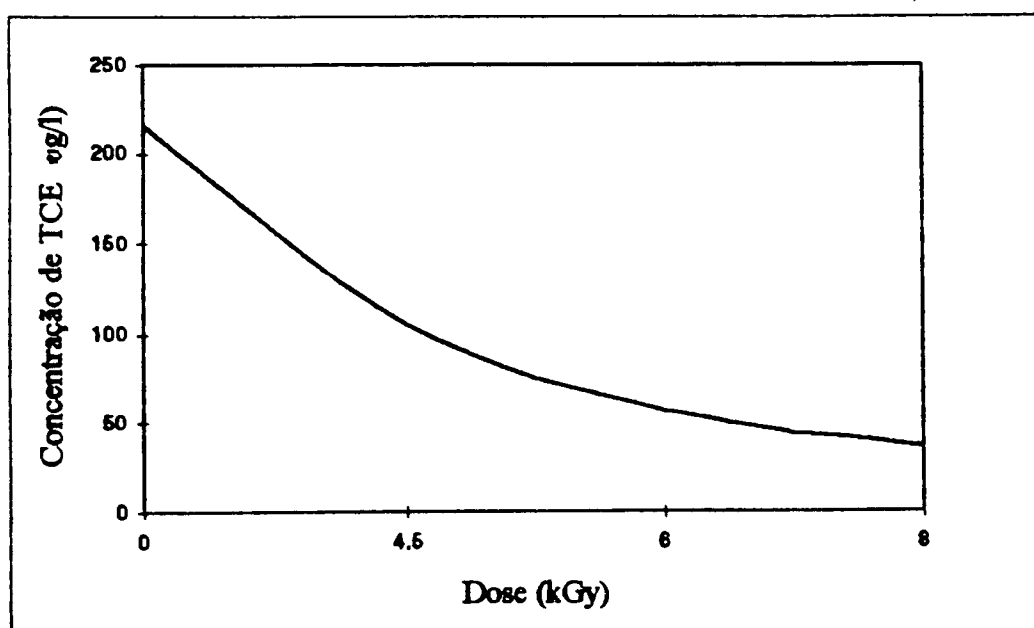


FIGURA 3. Decomposição do TCE com Irradiação de Feixe de Elétrons.

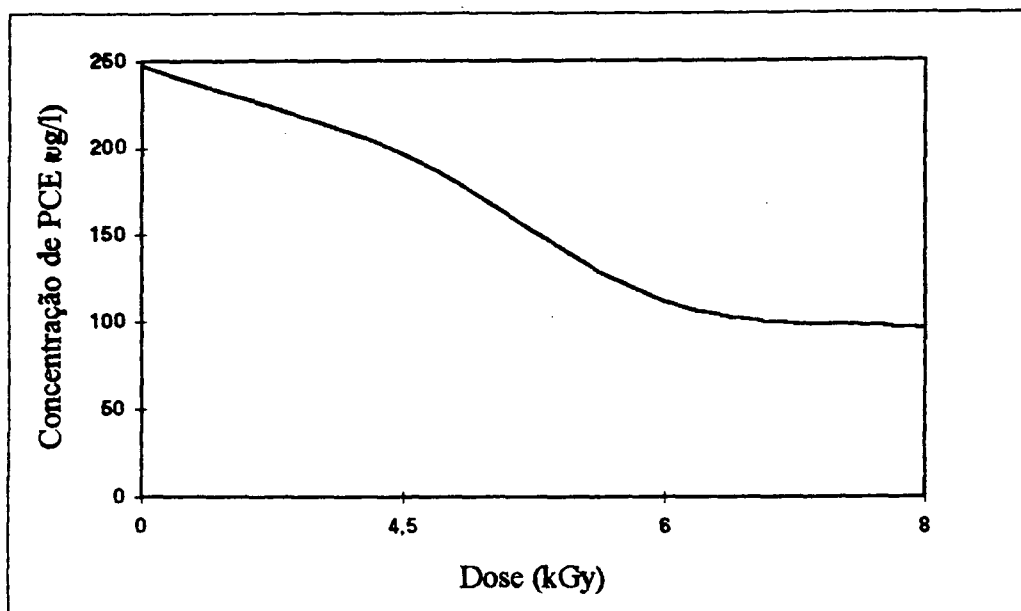


FIGURA 4. Decomposição do PCE com Irradiação de Feixe de Elétrons.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GEHRINGER, P.; ESCHWEILER, H.; SZINOVATZ, W.; FIEDLER, H.; STEINER, R.; and SONNECK, G. Radiation-Induce OH radical generation and its use for groundwater remediation. Radiat. Phys. Chem. vol 42, n° 4-6, pp. 711-714, 1994.
- [2] GEHRINGER, P.; ESCHWEILER, H.; SZINOVATZ, W.; FIEDLER, H.; and SONNECK, G. Radiation processing of groundwater for chlorinated solvents with and without combination of ozone. Proceedings Fifth Forum on Innovative Hazardous Waste Treatment Technologies: Domestic and International Chicago, Illinois, May 3-5, 1994.
- [3] GEHRINGER, P.; PROKSCH, E.; ESCHWEILER, H.; and SZINOVATZ, W. Oxidation of volatile chlorinated contaminants in drinking water by a combined ozone/electron beam treatment. Proceeding 10th Ozone World Congress vol 2- Monaco, March, 1991
- [4] KURUCZ, C.N. et.al. High-Energy electron-beam irradiation of water, wastewater and sludge. Advances in Nuclear Science and Technology. Plenum Press, New York, 1991.
- [5] M.I.T. High energy electron radiation of waste water liquid residuals. National Science Foundation, Dec 1977 (NSF Grant ENV 743016).