



International Joint Conference Radio 2019

Desenvolvimento de procedimentos e metodos de monitoração individual e de área em uma unidade móvel de irradiação por feixe de elétrons

**Silva T.M., Kodama Y., Somessari S.L., Omi N.M., Normanton K.A.F., Vasques F.M.F.,
Duarte C.L., Sampa M.H.O., Calvo W.A.P.**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP)

Avenida Prof. Lineu Prestes, 2242

Cidade Universitária - São Paulo/SP

thomazmoreira9@gmail.com

Introdução

O despejo de resíduos industriais sem tratamento é um problema para o meio ambiente. Muitos efluentes carregam matéria orgânica poluente ou tóxica que contaminam a água, o solo e o ar. A água pode ser usada pela indústria de diversas maneiras, tais como, na incorporação ao produto, lavagens de máquinas, tubulações e pisos, nos sistemas de resfriamento e geradores de vapor, no próprio processo industrial e nos vasos sanitários.

Considerando a limitação das reservas de água doce no planeta, o crescente aumento pela demanda de água para consumo humano, a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público, assim como as restrições que vêm sendo impostas com relação à liberação de efluentes para o meio ambiente, torna-se necessária a adoção de estratégias que visem maximizar a utilização dos recursos hídricos e minimizar os impactos negativos relativos à geração de efluentes pelas indústrias [7].

O tratamento de efluentes industriais ideal é indicado de acordo com a carga poluidora e presença de contaminantes. Apenas especialistas podem avaliar e realizar a coleta de amostras para análise de diversos parâmetros que representam a carga orgânica e a carga tóxica dos efluentes. Os tratamentos dos resíduos industriais são classificados de acordo com as técnicas utilizadas. Podem ser por meio de reações químicas (químico), processos naturais (biológico) ou por processos de separação (físico) [6].

Dentre os processos físicos, a radiação, também é utilizada com a finalidade de desinfecção. Feixes de elétrons de média ou alta energias, gerados por aceleradores industriais, produzem radiação ionizante. Esse tipo de radiação ao interagir com a água e seus poluentes promove a radiólise da água e gera os radicais livres $\bullet\text{OH}$ e $\text{H}\bullet$, que são espécies altamente reativas. Estes radicais, por sua vez, ao entrarem em contato com as moléculas dos poluentes, promovem a degradação química dos compostos orgânicos de origem industrial, e urbano. Além da degradação desses compostos poluentes, a radiação ionizante também é capaz de reduzir a carga de microorganismos, como bactérias e vírus, e alguns protozoários e parasitas [4,9,11].

Todas as reações físico-químicas do processo ocorrem e são finalizadas em frações de segundos, quando o efluente industrial passa pela zona de radiação produzida pelo feixe de elétrons. A dose de radiação a que é exposto o efluente varia de acordo com a sua composição e origem. Ao contrário da maioria dos métodos tradicionais, o tratamento de água por irradiação não exige a utilização de nenhuma outra substância química. Isso é considerado uma das grandes vantagens do uso da radiação para a limpeza da água [13]. O equipamento responsável pela emissão dos elétrons é o acelerador industrial de elétrons, também conhecido pela sigla em Inglês *EBA* (*Electron Beam Accelerator*).

Diante dessas considerações, o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP) desenvolveu e construiu uma unidade móvel de irradiação por feixe de elétrons para o tratamento de águas residuárias e efluentes industriais, e divulgar a tecnologia em diversas áreas no Brasil. Para implementação deste projeto o Instituto vem concretizando parcerias com empresas nacionais (SABESP, PETROBRAS, NUCLEP e TRUCKVAN) e internacionais (EBTech Co., Ltd.), além do SENAI-SP, da FINEP e CNEN. A Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) financia o projeto *IAEA TC BRA1035 (2016-2018) - Establishing a Mobile Unit with an Electron Beam Accelerator to Treat Industrial Effluents for Reuse Purposes*.

A unidade móvel consiste em uma carreta, cujo compartimento de carga comporta todos os equipamentos necessários ao tratamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos por feixe de elétrons. O projeto idealizado prevê a divisão desse compartimento nos seguintes módulos: a) sala de controle e divulgação técnico-científica; b) acelerador industrial de elétrons, unidades hidráulicas, sistema de ventilação, refrigeração e *bunker* com dispositivo de irradiação; e c) transformador e fonte de potência. A classificação do acelerador a ser utilizado na unidade móvel de irradiação é de média energia (700 keV) e potência de 20 kW [5,8,16].

O objetivo do trabalho é desenvolver procedimentos e métodos de monitoração individual e de área em uma unidade móvel de irradiação por feixe de elétrons, otimizando-se os espaços internos, garantindo-se a segurança radiológica, além de explorar a aplicação dos materiais e revestimentos mais adequados ao *bunker*, com a finalidade de se manter as doses de radiação aos operadores e indivíduos do público tão baixas quanto razoavelmente exequíveis.

Metodologia

Realizar levantamento bibliográfico de algumas unidades móveis com aceleradores industriais de elétrons, destinadas ao tratamento de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, e desinfestação superficial de sementes para plantio, dentre outras aplicações. Além disso, desenvolver procedimentos e métodos em monitoração individual e de área, em especial por meio de detectores Geiger Muller integrados a uma central eletrônica multiplexadora, dosímetros termoluminescentes e *online*, sensores de presença e *microswitches* para intertravamento (segurança intrínseca), dentre outros. Realizar o cálculo da blindagem radiológica na câmara de irradiação (*bunker*), contendo o sistema de exaustão de alta capacidade volumétrica para remover os gases nocivos. Classificar as áreas em controlada, supervisionada e livre, e delimitar a área externa de isolamento, necessária a operação segura da unidade móvel. Por fim, elaborar o Plano de Radioproteção da instalação radiativa.

Resultados

Dentre os resultados esperados com a obtenção dos procedimentos e métodos em monitoração individual e de área, voltados à operação segura da unidade móvel de irradiação destacam-se:

- a) Cálculo e definição dos materiais mais adequados à blindagem radiológica, necessários ao funcionamento do sistema de irradiação, utilizando-se a NCRP-51 e NCRP-49 [14,15];
- b) Plano de Radioproteção, com a classificação das áreas de trabalho e livre, definição das dimensões do isolamento de área e elaboração das listas de verificação dos equipamentos e dispositivos de segurança radiológica durante as operações seguras da unidade móvel nas indústrias [17,18];
- c) Obetção da análise de risco e elaboração da árvore de falhas, que possam ocasionar acidentes ou incidentes, além das ações propostas para restabelecimento da normalidade em situação de emergência, aos eventos propostos [10];
- d) Planos de Emergência Radiológica e de Proteção Física, fundamentados nas normas da CNEN NN 3.01, NE 3.02 e NN 6.02, além de recomendações e guias da Agencia Internacional de Energia Atômica (AIEA) [1-3,12]; e
- e) Levantamento radiométrico na unidade movel de irradiação, com o acelerador industrial de elétrons operando em potência máxima (20 kW).

Conclusões

O projeto, a construção e operação da unidade movel de irradiação com acelerador industrial de elétrons é um marco importante no fortalecimento da tecnologia nuclear no Brasil. Trata-se de uma instalação de demonstração, pesquisa e desenvolvimento, prestação de serviço e ensino, voltada ao treinamento em radioproteção, processamento por irradiação, operação e manutenção de aceleradores de elétrons, sistemas de irradiação e seus periféricos.

Referências

- [1] Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). **Norma CNEN NN 3.01** - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica e respectivas Posições Regulatórias. (Resolução 164/14).
- [2] Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). **Norma CNEN NE 3.02** - Serviços de Radioproteção. (Resolução CNEN 231/18).
- [3] Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN). **Norma CNEN NN 6.02** - Licenciamento de Instalações Radiativas (Resolução CNEN 215/17).
- [4] Cooper, W. Aplicações Ambientais de Alta Tensão, Inc. Disponível em: Irradiação de feixe de elétrons de alta energia: <https://clu-in.org/products/site/ongoing/emertech/highvolt.htm>. Acesso em: 08/05/2019.
- [5] Fraunhofer Institut FEP and Schimdt-Seeger AG. E-ventus Pure Innovation. Disponível em: <http://www.e-ventus.de/Anlagen/451/>. Acesso em: 15/08/2016.
- [6] Guia do Tratamento de Efluentes elaborado pela Terra Ambiental. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/338190/como-funciona-o-tratamento-de-efluentes-industriais>. Acessado em: 13/06/2019.
- [7] HESPANHOL, J. C.; MIERZWA, I. Programa para Gerenciamento de Águas e Efluentes nas Indústrias, Visando o Uso Racional e a Reutilização. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*. V. 04, N.02, p.11-15, 2000.
- [8] High Voltage Environmental Applications, Inc. – High-Energy Electron Beam Irradiation. Disponível em: <https://clu-in.org/products/site/ongoing/emertech/highvolt.htm>. Acesso em: 15/08/2016.
- [9] International Atomic Energy Agency (IAEA). Office of Public Information and Communication. Scientific Forum 2015: **Radiation Technology Helps China's Industries Make Water Cleaner**. By Nicole. 2015. Disponível em: <https://www.iaea.org/newscenter/news/scientific-forum-2015-radiation-technology-helps-china%E2%80%99s-industries-make-water-cleaner>. Acesso em: 05/05/2019.
- [10] International Atomic Energy Agency (IAEA). **Radiation Safety**. 1996.
- [11] International Atomic Energy Agency (IAEA). **Radiation Treatment of Polluted Water and Wastewater**. September 2008.
- [12] International Atomic Energy Agency (IAEA). **Radiation Safety of Gamma, Electron and X Ray Irradiation Facilities**. Specific Safety Guide No. 8. Vienna. 2010.
- [13] Jornal da USP - Universidade de São Paulo, Acelerador de elétrons limpa efluentes industriais. Disponível em: <http://www.usp.br/aun/antigo/exibir.php?id=582>. Acessado em: 13/06/2019.
- [14] NCRP - National Council on Radiation Protection and Measurements. **Radiation Protection Design Guidelines for 0.1-100 MeV Particle Accelerator Facilities**. Report No. 51, 1977.

- [15] NCRP - National Council on Radiation Protection and Measurements. **Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X-Rays and Gamma-Rays up to 10 MeV**. Report No. 49, 1976.
- [16] RELA, P.R. Desenvolvimento de Dispositivo de irradiação para tratamento de efluentes industriais com feixe de elétrons. 2003. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.
- [17] Tauhata, L., et al. - Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos – IRD/CNEN, 10ª Edição, 2014.
- [18] Xavier, A.M., et al. – Princípios de Segurança e Proteção Radiológica, 3ª Edição, Revisada e Ampliada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2014.