



Esterilização de esgoto através da radiação gama

D. V. Vieira^a; W. M. S. Teixeira^a; C. M. A. Lima^b; F. C. A. Da Silva^{c,d}

^a*Pós-Graduação de Proteção Radiológica em Aplicações Médicas, Industriais e Nucleares, Faculdade Casa Branca, 13700-000, Casa Branca-SP, Brasil*

^b*MAXIM Cursos, 22790-703, Rio de Janeiro-RJ, Brasil*

^c*Faculdade Casa Branca, 13700-000, Casa Branca-SP, Brasil*

^d*Instituto de Radioproteção e Dosimetria/CNEN, 22783-127, Rio de Janeiro-RJ, Brasil*
franciscodasilva13uk@gmail.com

RESUMO

A falta de tratamento dos esgotos e condições adequadas de saneamento podem contribuir para a proliferação de inúmeras doenças parasitárias e infecciosas além da degradação da água. Aproximadamente, cinquenta tipos de infecções podem ser transmitidos de uma pessoa doente para uma sadia por diferentes caminhos, envolvendo os excretos humanos. Os esgotos não tratados podem contaminar a água, o alimento, as mãos, o solo, etc. Epidemias de certas doenças como febre tifóide, cólera, disenterias, etc, e inúmeros casos de verminoses são responsáveis por elevados índices de mortalidade em países do terceiro mundo. Neste trabalho foram analisadas as diversas técnicas de tratamento de esgotos por desinfestação e esterilização destacando o uso e as vantagens da radiação gama bem como os aspectos da proteção radiológica envolvidos. A técnica de esterilização de esgoto utilizando radiação gama é um método de controle de bactérias e microrganismos. Estima-se que mais de 200 irradiadores de grande porte estejam em operação no mundo, dos quais 5 estão no Brasil, para uso geral de esterilização. Estas instalações utilizam grande quantidade de material radioativo, da ordem de milhões de Becqueréis, para a esterilização com altas doses de radiação, podendo assim gerar doses letais em poucos minutos. Essas instalações industriais usam Cobalto-60, sendo são classificadas pela AIEA como Categoria 1 de alto risco, e devem possuir um alto nível de proteção radiológica para execução da esterilização, destacando-se a defesa em profundidade. Legislação específica de proteção radiológica deve ser elaborada para o trabalho seguro e evitar futuros acidentes radiológicos.

Palavras-chave: Esterilização de esgoto, radiação gama, proteção radiológica.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso necessário a todos os aspectos da vida e ao desenvolvimento das atividades humanas. As diversas utilizações da água resultam em esgoto, seja ele de origem doméstica, hospitalar, industrial, entre outros. O esgoto doméstico contém cerca de 99% de água, sendo comum a presença de microorganismos patogênicos, responsáveis por algumas doenças de veiculação hídrica [1].

A contaminação de seres humanos por esgotos sanitários pode ser causada por bactérias, vírus entéricos ou parasitas intestinais (protozoários e helmintos) presentes em grandes quantidades no esgoto sanitário. A diversidade e a quantidade dos organismos patogênicos no esgoto dependem de vários fatores, dentre os quais a quantidade de indivíduos infectados na população e a densidade de organismos patogênicos nos excrementos desses indivíduos [2].

O tratamento de esgoto pode ser realizada por desinfestação e esterilização. A desinfecção é um processo de tratamento que permite a destruição ou a eliminação dos microorganismos suscetíveis de transmitir doenças. A destruição ou a inativação dos microorganismos patogênicos na desinfecção de efluentes domésticos pode ser parcial, de acordo com o uso pretendido para o mesmo. O processo de esterilização é geralmente utilizado como um complemento mais eficaz para a eliminação de todas as formas de vida. Quando realizada corretamente, a esterilização elimina todas as bactérias, fungos, vírus e esporos [3].

Várias técnicas são utilizadas para a desinfestação e esterilização, dentre elas tem-se a radiação gama, como um método de controle de bactérias e microorganismos.

Este trabalho tem como objetivos apresentar as diversas técnicas de desinfestação e esterilização de esgotos destacando o uso e as vantagens da radiação gama bem como os aspectos da proteção radiológica envolvidos para controlar o alto risco estipulado pela AIEA [4].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O método utilizado no estudo foi à pesquisa qualitativa por ter sido uma investigação de nível descritivo. Para contemplar a investigação, realizou-se análise em diversos artigos, revistas, sites eletrônicos e uma biblioteca pública, buscou-se assuntos pertinente ao tema a ser explorado no estudo em questão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diversas técnicas são utilizadas tanto para desinfecção como para esterilização de esgotos. A desinfecção, realizada através de processos químicos, é a eliminação parcial de microorganismos. A esterilização, realizada através de processos físicos e químicos, é a eliminação completa de todas as formas microbianas. Essas técnicas estão baseados nos métodos naturais, químicos e físicos, apresentados a seguir:

- Desinfecção por métodos naturais, constituídos por Lagoa facultativa; Lagoa anaeróbia; Lagoa aerada; Baias e valas de infiltração; Flotação e Lagoa de maturação. Pode-se destacar a Lagoa de maturação, que são lagoas de baixa profundidade, entre 0,5 a 2,5 metros, que possibilitam a complementação de qualquer outro sistema de tratamento de esgotos. Ela faz a remoção de bactérias e vírus de forma mais eficiente devido à incidência da luz solar, já que a radiação ultravioleta atua como um processo de desinfecção [5].

- Desinfecção por métodos químicos, onde vários tipos de desinfetantes de ação química, física ou fotoquímica podem ser empregados na desinfecção de esgoto sanitário. Os agentes desinfetantes químicos mais utilizados são os oxidantes que, por causar danos à parede celular, interferir na biossíntese ou inibir a atividade enzimática dos microorganismos, acaba por destruir ou impossibilitar a reprodução dos patógenos. Dentre os desinfetante mais utilizados podem ser destacados: o cloro, ozônio, peróxido de hidrogênio e o ácido peracético [6].

- Esterilização por métodos físicos, utilizadas no tratamento de resíduos, incluem radiação gama, feixe de elétron, ultravioleta e de raios-X [7, 8, 9]. Podem-se destacar:

(1) Aceleradores de Elétrons: os feixes de elétrons de alta energia, gerados por aceleradores industriais, produzem radiação ionizante. Esse tipo de radiação ao interagir com a água e seus poluentes gera os radicais livres OH e H, que são espécies altamente reativas. Estes radicais, por sua

vez, ao entrarem em contato com as moléculas da água poluída, promovem a degradação química dos compostos orgânicos de origem industrial. Além da degradação desses compostos poluentes, a ionização também é capaz de eliminar microorganismos, como bactérias e vírus, e alguns protozoários e parasitas. 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 [10, 11, 12].

(2) Irradiação gama: similarmente aos feixe de eletrons, a radiação gama mata as bactérias e livra todo tipo de vida ou fica livre de todos os microrganismos, incluindo os esporos bacterianos (formas mais resistentes). Para isso, utiliza uma fonte radoativa de Cobalto-60, com energia de 1,37 MeV, de alta penetração [13, 14, 15]

Da comparação realizado, observou-se que as vantagens da esterilização gama incluem: o produto tratado pode ser utilizado imediatamente; aumento da temperatura do produto é mínimo durante o processo; elevada penetrabilidade; processo de tratamento muito preciso, reprodutível e fácil controle (única dose a ser controlado); sem adição de substâncias químicas; a radiação inativa eficazmente os patógenos do esgoto.

Com relação aos requisitos básicos de proteção radiológica, além dos constantes na Norma CNEN NN 3.01 [16], os seguintes aspectos devem ser levados em conta para a operação das instalações de irradiação: (1) Defesa em profundidade: o sistema de segurança deve ser provido de barreiras múltiplas para que a falha em um nível seja compensada por outro, de modo a não comprometer a integridade do sistema total; (2) Redundância: usar mais do que o número mínimo de itens necessários para cumprir determinada tarefa; (3) Diversidade: é aplicada aos sistemas redundantes possuem a mesma função, mas tem princípios de funcionamento diferentes ou são de fabricantes diferentes ou estão submetidos a diferentes condições de operação; (4) Independência: separação física e funcional entre os sistemas de segurança. Tendo em conta os requisitos básicos de proteção radiológica e conceito de defesa em profundidade, os seguintes requisitos específicos de proteção radiológica devem ser levados em conta para a operação dos irradiadores de grande porte: Monitoramento individuais dos trabalhadores; Monitoramento de trabalho; Controle das fontes radioativas; Testes e manutenção de equipamentos; entre outros.

4. CONCLUSÕES

Diversos métodos de tratamento de esgoto por desinfecção e esterilização foram apresentados para a inativação de microrganismos patogênicos, destacando-se método de esterilização por radiação gama como uma proposta de possível alternativa a cloração e outros métodos convencionais utilizados na desinfecção de esgoto. As pesquisas realizadas sobre esterilização de esgoto e águas residuais apresentam a técnica com radiação gama como o método que elimina a maior quantidade de impurezas.

Apesar de a técnica de esterilização de esgoto com radiação gama possuir o maior índice em relação de desinfetar bactérias e eliminar microrganismos, o Brasil não utiliza ainda essa técnica. Para iniciar esse processo, tanto a Agência Nacional de Águas quanto a CNEN, deveriam elaborar legislações específicas tanto para o uso da técnica como para a proteção radiológica na instalação.

REFERÊNCIAS

1. Handson, C. D. P. O esgoto: a importância do tratamento e as opções tecnológicas. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção Curitiba – PR, 2002.
2. PEREIRA, K. F. Desinfecção de efluentes sanitários. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2013.
3. GONÇALVES, R. F. Desinfecção de efluentes sanitários. Rio de Janeiro: ABES/RiMa, 2003. 438 p.
4. IAEA. Categorization of Radioactive Source. IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. RS-G-1.9. Vienna: IAEA, 2005.
5. SABESP. Tipos de tratamento.
<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=61>. Acesso em 16/09/2017
6. MORAES, A. A. Uso de Ozônio Como Pré e Pós Tratamento de Efluentes da Indústria de Celulose Kraft Branqueada. Dissertação (Pós Graduação Engenharia Civil) – Universidade Federal Viçosa, 2006.

7. BORRELY, S.; CRUZ, A.; DEL MASTRO, N.; SAMPA, M.; SOMESSARI, E. Radiation Processing of Sewage and Sludge. A Review. *Progress in Nuclear Energy*, Vol. 33, No. 1/2, pp. 3-21, 1998.
8. BASFAR, A.; REHIM, A. Disinfection of wastewater from a Riyadh Wastewater Treatment Plant with ionizing radiation. *Radiation Physics and Chemistry*. 2002
9. LESSEL, T. Disinfection of sewage sludge by gamma radiation, electrons beams and alternative methods. *Abwasserverb and Ampergruppe*, Eichenau, Germany, 1993.
10. INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. Acelerador de elétrons limpa efluentes industriais. *Meio Ambiente.*, Ano: 36, Edição Nº: 03, 2003.
11. BORRELY, SUELI. Tratamento de Esgoto Sanitário com o Uso de acelerador de Elétrons. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisa de Energéticas e Nucleares, 1995.
12. CASAS. ALEXANDRE. Tratamento de efluentes Industriais Utilizados a Radiação Ionizante de acelerador Industrial de Elétrons e por Adsorção com Carvão Ativado. 2004. 20 f. Dissertação (Mestrado em Ciência na Área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisa de Energéticas e Nucleares, 2004.
13. SABBAGH, S.; MAHMOUD, A.; DAKHEE, Y. Waste Water Sterilization by Cobalt Co-60 for the Agricultural Irrigation: A Case Study. *International Journal of Water Resources and Arid Environments*, 2014.
14. CALVO, W. A. P. Desenvolvimento do Sistema de Irradiação em um Irradiador Multipropósito de Cobalto-60 Tipo Compacto. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear)- Instituto de Pesquisa de Energéticas e Nucleares, 2005.
15. DIVISION OF RESEARCH ONTARIO WATER RESOURCES COMMISSION. Application of gamma irradiation for the disinfection of municipal waste effluents. Disponível em: <https://archive.org/stream/APPLICATIONOFGAM00VAJD13804.ome/APPLICATIONOFGAM00VAJD13804_djvu.txt> Acesso em: 03 abr. 2016.
16. CNEN. Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. NN 3.01. CNEN, 2014.