

## **EFEITO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA ARTIFICIAL NA INATIVAÇÃO DE COLIFORMES TOTAIS E *E. COLI* DA ÁGUA CINZA TRATADA**

ALEX PINHEIRO FEITOSA<sup>1\*</sup>; RAFAEL OLIVEIRA BATISTA<sup>2</sup>;  
LUÍS CÉSAR DE AQUINO LEMOS FILHO<sup>3</sup>; JERONIMO ANDRADE FILHO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dr. em Manejo de Solo e Água, Prof. Assistente CMPF, UFERSA, Pau dos Ferros-RN,  
alex.feitosa@ufersa.edu.br;

<sup>2</sup>Dr. em Engenharia Agrícola, Prof. Adj. CCA, UFERSA, Mossoró-RN, rafael.batista@ufersa.edu.br;

<sup>3</sup>Dr. em Engenharia Agrícola, Prof. Adj. CCA, UFERSA, Mossoró-RN, lcalfilho@ufersa.edu.br;

<sup>4</sup>Dr. em Manejo de Solo e Água Prof. Ensino Básico Técnico Tecnológico, IFRN, Mossoró-RN,  
jeronimoandrade@hotmail.com

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017  
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

**RESUMO:** Este trabalho objetivou avaliar a potencialidade do uso da radiação ultravioleta artificial como agente desinfetante de água cinza proveniente de um filtro orgânico contendo concentrações de sólidos suspensos totais que variaram de 13,6 a 21 mgL<sup>-1</sup>. As amostras de água cinza tratada foram provenientes de uma estação de tratamento localizada no Projeto de Assentamento Monte Alegre I, no município de Upanema-RN, microrregião médio oeste potiguar. Os ensaios de desinfecção foram realizados em um reator ultravioleta construído no Parque Zoobotânico (PZO) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) em Mossoró-RN. Este dispositivo foi construído em alvenaria de tijolos nas dimensões de 1,08 m de largura por 1,18 m de comprimento e 0,40 m de profundidade e foram instaladas duas lâmpadas germicidas de 30 W e 254 nm cada. As amostras coletadas foram encaminhadas para laboratório, para posterior determinação analítica. Os tratamentos utilizados na análise do efeito da radiação ultravioleta artificial consistiram de três lâminas de água cinza tratada (0,10 m, 0,20 m e 0,30 m) e cinco tempos de exposição de (0, 1, 2, 3 e 4 h), posteriormente foi realizada uma regressão linear, para a determinação das equações de decaimento da quantidade de microrganismos de cada lâmina estudada. Os melhores resultados foram observados para a lâmina de 0,10 m com o tempo de exposição de 4 horas, visto que atendeu aos padrões exigidos para irrigação de hortaliças.

**PALAVRAS-CHAVE:** Desinfecção artificial, lâmpadas UV, Reúso, Semiárido.

### **EFFECT OF ARTIFICIAL ULTRAVIOLET RADIATION IN THE INACTIVATION OF TOTAL COLIFORMES AND *E. COLI* OF TREATED GRAY WATER)**

**ABSTRACT:** This study evaluated the potential of the use of artificial ultraviolet radiation as a disinfectant agent for gray water from an organic filter containing concentrations of total suspended solids, ranging from 13.6 to 21 mgL<sup>-1</sup>. Samples of treated gray water were taken at a treatment plant located in the Monte Alegre I Settlement Project, in the municipality of Upanema, midwestern region of the state of Rio Grande do Norte. Disinfection tests were performed in an ultraviolet reactor built in the Zoobotanical Park (PZO) of the Federal Rural University of the SemiArid Region (UFERSA), in Mossoró, state of Rio Grande do Norte. This reactor was built in brick masonry in the dimensions of 1.08 m width, 1.18 m length and 0.40 m depth, containing two germicidal lamps (30 W, 254 nm). The collected samples were sent to the laboratory for further analytical determination. The treatments used for analysis of the effect of the artificial ultraviolet radiation consisted of three slides of treated gray water (0.10 m, 0.20 m and 0.30 m) and five exposure times of (0, 1, 2, 3 and 4 h). Data were subjected to linear regression to determine the decay equations of the number of

microorganisms from each slide studied. The best results were found for the 0.10 m slide at the exposure time of 4 hours, since it met the standards required for irrigation of vegetables.

**KEYWORDS:** Artificial disinfection, UV lamps, Reuse, Semiarid.

## INTRODUÇÃO

O lançamento realizado de forma inadequada de águas residuárias domésticas sem tratamento ou apenas parcialmente tratados nos corpos hídricos, proporciona poluição ambiental e riscos diversos à saúde humana, principalmente no que se refere à possibilidade de transmissão de doenças. Os problemas de saúde podem ganhar maiores proporções nas áreas rurais, uma vez que os serviços públicos de abastecimento de água com qualidade assegurada, a destinação adequada dos resíduos sólidos e a coleta e transporte dos esgotos para estações de tratamento são praticamente inexistentes (BRASIL, 2009).

Esse quadro proporciona que a população das áreas rurais, esteja mais susceptível a sofrer com os efeitos da falta de tratamento adequado das águas residuárias domésticas. Estes locais, por não possuírem em sua grande maioria uma infraestrutura de esgotamento sanitário eficiente, despejam seus esgotos diretamente nos rios, lagos, mares ou mesmo no solo localizado nas proximidades de suas moradias (Batista et al., 2013).

De acordo com Oliveira (2003), o interesse na desinfecção dos esgotos é cada vez maior, tendo em vista a crescente deterioração das fontes de abastecimento de água para consumo humano. O principal objetivo da desinfecção de esgotos é destruir os patogênicos entéricos, que podem estar presentes no efluente tratado, para tornar a água receptora segura para o uso posterior.

Segundo Souza et al. (2012), o cloro é o desinfetante mais utilizado no Brasil e no mundo, tanto para desinfecção de água de abastecimento quanto de águas residuárias domésticas, sendo sua ampla utilização relacionada aos aspectos técnicos como a facilidade de implementação, tecnologia mundialmente difundida, eficiência de inativação, principalmente bacteriana, assim como quanto ao aspecto econômico, por ser um desinfetante de baixo custo.

Entretanto, além da toxicidade provocada pelo lançamento de efluentes clorados às comunidades aquáticas dos corpos hídricos, a partir da década de 1970 o uso do cloro começou a ser questionado pela descoberta da formação dos trihalometanos (THMs) e outros subprodutos potencialmente cancerígenos à saúde humana e indesejáveis ao ambiente (Souza et al., 2012). Neste sentido, a utilização da radiação ultravioleta artificial de 254 nm surge como alternativa eficiente na inativação de microrganismos patogênicos e sem risco de surgimento de substâncias carcinogênicas que comprometam a saúde dos seres humanos e a qualidade ambiental (Guo et al., 2009).

A radiação ultravioleta artificial, emitida por lâmpadas especiais, é um mecanismo físico no qual a inativação microbiana ocorre pela absorção da luz que promove uma reação fotoquímica capaz de alterar componentes moleculares essenciais para as funções celulares, causando danos nos ácidos nucleicos (DNA e RNA) dos microrganismos inativando-os. A efetividade dos sistemas de desinfecção com radiação ultravioleta artificial depende de fatores como: intensidade de radiação, tempo de exposição dos microrganismos, configuração do reator, além das características do líquido a ser desinfetado (USEPA, 1999).

Em relação à qualidade da água ou efluente a ser desinfetado, Daniel (2001) comenta que as partículas em suspensão podem servir de proteção aos microrganismos contra a radiação incidente, prejudicando ou mesmo impedindo a penetração da radiação ultravioleta artificial no meio líquido, assim, a qualidade do efluente em termos de turbidez, concentração de sólidos e matéria orgânica em suspensão ou coloidal, interferem na eficiência do processo.

Neste estudo experimental investigou-se o efeito do uso da radiação ultravioleta artificial para a desinfecção de água cinza tratada, com vistas para reúso na agricultura, proveniente de uma Estação de Tratamento de Água Cinza (ETAC), empregando como indicadores para avaliar a efetividade do processo os microrganismos *Escherichia coli* e coliformes totais (CT), visando o reúso agrícola.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Parque Zoobotânico da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) (Figura 1), onde foi construído um reator em alvenaria de tijolos nas dimensões de 1,08 m de largura por 1,18 m de comprimento e 0,40 m de profundidade, recebendo impermeabilização interna, conforme as recomendações de Sanches-Roman et al. (2007).

No seu interior existe uma régua graduada de 0,40 m, que auxiliou a manter a altura da lâmina de água cinza tratada variando de 0,10 m a 0,30 m para exposição à radiação ultravioleta artificial (Figura 2). A água cinza tratada foi proveniente de uma estação de tratamento, localizada no Projeto de Assentamento Monte Alegre I, no município de Upanema-RN, microrregião médio Oeste potiguar, foi transportada até o reator onde encontravam-se instaladas as lâmpadas de radiação ultravioleta artificial. O clima predominante na região é quente e seco – tipo BSw<sup>h</sup>, segundo a classificação climática de Köppen (Alvarez et al., 2014).

Para a aplicação da radiação ultravioleta artificial, duas lâmpadas de radiação ultravioleta (UVC) de 30 W, cada, foram instaladas em um aparato de madeira para proporcionar a desinfecção do efluente (Figura 3).

As lâmpadas instaladas no reator possuíam vida útil prevista para 8.000 h, sendo as mesmas do modelo G30WT8 da HALOTECH; essas trabalham com vapor de mercúrio de baixa pressão, emitindo comprimentos de onda curtas com pico de radiação de 254 nm (UVC) para ação germicida.

O monitoramento do sistema foi realizado no período de outubro a dezembro de 2015. Para tal, o reator foi preparado com distintas lâminas de água cinza tratada (Tabela 1).

Tabela 1. Configuração dos ensaios de monitoramento

	<b>Tempo de exposição (h)</b>	<b>Horário de coleta (h)</b>
Ensaio 1- Lâmina de 0,10 m	0	8:00
	1	9:00
	2	10:00
	3	11:00
	4	12:00
Ensaio 2- Lâmina de 0,20 m	0	8:00
	1	9:00
	2	10:00
	3	11:00
	4	12:00
Ensaio 3- Lâmina de 0,30 m	0	8:00
	1	9:00
	2	10:00
	3	11:00
	4	12:00

No preparo do reator foi realizada a renovação da água cinza tratada cada lâmina ensaiada. Todas as amostras coletadas foram encaminhadas para o Laboratório de Saneamento (UFERSA), visando à identificação e quantificação de coliformes totais, e E. Coli, e para a determinação da turbidez, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e sólidos suspensos totais.

Nas análises de coliformes totais e E. Coli, utilizou-se o sistema Colilert (sistema patenteado por IDEXX Laboratories) que é utilizado para detecções simultâneas, identificações específicas e confirmativas de coliformes totais e E. coli, metodologia, também, preconizada no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Rice et al., 2012).

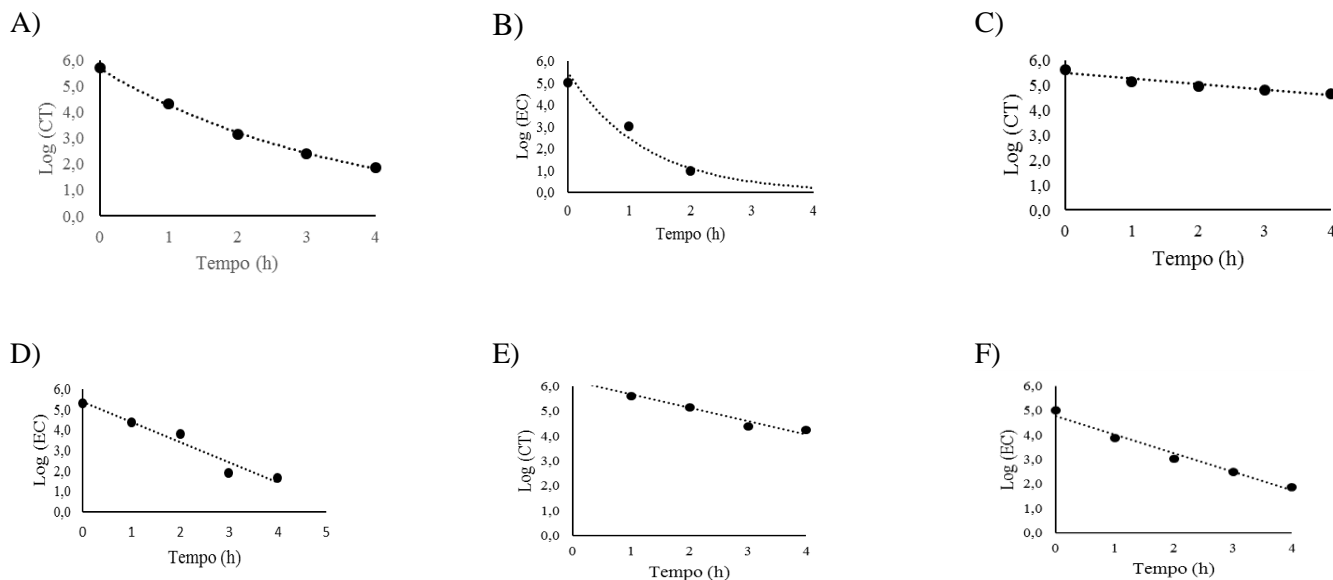
A determinação de sólidos suspensos totais (SST) foi realizada método gravimétrico utilizando papel filtro e membrana Millipore de 0,45 µm conforme descrito no Standard Methods, o qual prevê secagem a 103-105 °C da amostra até peso constante: foi utilizado 2h para a secagem de papel filtro e membrana Millipore de 0,45 µm em estufa, com amostras de 100 mL de água cinza tratada. Após serem secas, foram armazenadas em dessecador por 15 minutos para esfriarem, para depois serem pesadas.

Deve-se ressaltar que as amostras coletadas foram acondicionadas em caixa isotérmica com gelo, à temperatura de 4°C, para preservação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 constam a relação entre a redução dos níveis de coliformes totais (CT) e *E. Coli* (EC) respectivamente, em função do tempo de aplicação da radiação ultravioleta artificial, para as lâminas de 0,10, 0,20 e 0,30 m.

Figura 1. Decaimento do nível populacional de coliformes totais (CT) e *E. Coli* (EC), em função do tempo de exposição à radiação ultravioleta para as lâminas de água cinza de 0,10 m (A, B), 0,20 m (C,D) e 0,30 m (E,F).



O mecanismo de desinfecção por radiação ultravioleta artificial ocorre devido à absorção da radiação pelas proteínas e pelos ácidos nucleicos RNA e DNA. A absorção de altas doses de radiação ultravioleta artificial pelas proteínas presentes nas membranas celulares leva ao rompimento das mesmas e, conseqüentemente, a morte da célula (Daniel, 2001).

Verificou-se pela Figura 1 que houve efeito exponencial na redução do nível de coliformes totais (CT) e *E. Coli* (EC), para a lâmina de 0,10 m, enquanto que para a de 0,20 e 0,30 m o efeito constatado foi linear, resultados semelhantes foram encontrados por (Batista et al., 2013; Naddeo et al., 2009). Entretanto, os resultados foram inferiores aos obtidos pelos mesmos autores, que conseguiram uma redução em tempos menores.

Após a aplicação da radiação ultravioleta, o valor obtido de redução do nível de coliformes totais para lâmina de 10 cm de 72 NMP por 100 mL<sup>-1</sup> no tempo de 4 h encontra-se abaixo do limite de 200 NMP por 100 mL<sup>-1</sup> proposto pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), dessa forma a água cinza tratada pode ser empregada para a irrigação de hortaliças consumidas cruas. Entretanto, todos os demais resultados ficaram acima dos limites preconizados pela referida Resolução.

Ainda, da mesma figura, pode-se observar que para a lâmina de 0,10 m (Figura 2A e 2B), foi onde ocorreu o efeito mais significativo para a redução do nível de coliformes totais e *E. Coli* após a aplicação da radiação ultravioleta artificial, visto que nas outras lâminas analisadas não observou-se a mesma redução, isso pode ter ocorrido por conta de dois fatores; primeiramente como salienta Daniel (2001), a dose de radiação ultravioleta artificial é uma variável que interfere no resultado, diante disso a dose aplicada pode ter sido inferior a necessária, segundo ponto a ser analisado diz respeito a radiação não ter atingido efetivamente os microrganismos, onde os mesmo utilizaram de partículas para se proteger da radiação emitida.

A Tabela 2 apresenta as equações de regressão bem como o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) da redução do nível de coliformes totais e *E. Coli*, nas lâminas de 0,10, 0,20, 0,30 m respectivamente.

Tabela 3. Equações de regressão e coeficiente de determinação para as lâminas de 0,10, 0,20 e 0,30 m.

Lâmina (m)	Coliformes Totais		<i>Escherichia Coli</i>	
	Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
0,10	$CT=5,67e^{-0,28*T}$	0,99	$EC=5,51e^{0,8*T}$	0,96
0,20	$CT=-0,22*T+5,4$	0,92	$EC=-0,98*T+5,3$	0,95
0,30	$CT=-0,53*T+6,2$	0,96	$EC=-0,76*T+4,7$	0,97

Verifica-se pela Tabela 2 que as equações de regressão ajustadas para coliformes totais e *E. Coli* apresentaram coeficientes de determinação semelhantes aos encontrados por Batista et al. (2013). Os referidos autores, mesmo trabalhando com lâminas de esgoto doméstico diferentes, obtiveram equações lineares relacionando a eficiência de desinfecção de coliformes fecais com o tempo de exposição à radiação ultravioleta artificial com R<sup>2</sup> variando de 0,99 e 0,96.

## CONCLUSÕES

Houve redução da população de coliformes totais e *E. Coli*, após a aplicação de radiação ultravioleta artificial para as três lâminas testadas.

Com a lâmina de 0,10 m e o tempo de exposição à radiação ultravioleta de 4 h foi alcançado um nível de desinfecção de *E. Coli* recomendado para irrigação de hortaliças com água cinza tratada.

Observa-se a necessidade do cálculo da dose de radiação ultravioleta artificial, com vistas a otimização do processo, bem como evitar a recuperação de microrganismos inativados.

## REFERÊNCIAS

- Alvarez, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. de M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, Nº. 6, 711–728, 2014.
- Batista, R. O. et al. Efeito da radiação ultravioleta artificial na desinfecção de microrganismos em lâminas de esgoto doméstico. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 9, n. 16, p.122-134, nov. 2013.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Transversal/saneamento básico integrado às comunidades rurais e populações tradicionais: guia do profissional em treinamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: Ministério das Cidades, 2009. 88 p.
- BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>> . Acesso em: 20 jun. 2016.
- Daniel, L. A. (Coord.). Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. Rio de Janeiro: RiMa, 2001.
- Guo, M.; Hu, H.; Liu, W. Preliminary investigation on safety of post-UV disinfection of wastewater: bio-stability in laboratory-scale simulated reuse water pipelines. Desalination, v. 239, p. 22-28, 2009.
- Oliveira, E. C. M. de. Desinfecção de efluentes sanitários tratados através da Radiação Ultravioleta. 2003. 97 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- Rice, E. W.; Baird, R. B.; Clesceri, A. D. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22. ed. Washington: APHA, AWWA, WPCR, 2012. 1496p.
- Sánchez-Román, R. M.; Soares, A. A. ; Matos, A. T. de ; Sediyaama, G. C. ; De Souza, Og ; Mounteer, Ann H. .Domestic Wastewater Disinfection Using Solar Radiation for Agricultural Reuse. Transactions of the ASAE, USA, v. 50, n.1, p. 65-71, 2007.
- Souza, J. B. de et al. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de esgoto sanitário. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 33, n. 2, p.117-126, jul. 2012.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. USEPA. Guidance manual: alternative disinfectants and oxidants. Washington: USEPA, 1999. Report n. 815-R-99-014.