

## EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO DE TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA PARA REÚSO AGRÍCOLA

TAMIRES LIMA DA SILVA<sup>1</sup>, RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN<sup>2</sup>, JOÃO GABRIEL THOMAZ QUELUZ<sup>3</sup>, VALDEMIRO SIMÃO JOÃO PITORO<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda, Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Botucatu, SP, Fone: (14) 98138-6020, tamires.l.silva@unesp.br

<sup>2</sup> Professor Doutor, Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Botucatu, SP.

<sup>3</sup> Pós-Doutorando, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), Rio Claro, SP.

<sup>4</sup> Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem). Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade de Lúrio, Campus de Unango, Moçambique.

Apresentado no  
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021  
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

**RESUMO:** Tecnologias de tratamento de água residuária doméstica (ARD) descentralizadas, de fácil instalação, operacionalidade e baixo custo são as opções mais viáveis para instalação em áreas rurais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de um sistema de baixo custo de tratamento de água residuária doméstica composto por um leito biológico filtrante (LBF) e um reator de desinfecção solar (SODIS) para fins de reúso agrícola. O sistema de tratamento experimental foi instalado na Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Unesp, campus Botucatu, SP, Brasil. Para avaliar a influência das variações da radiação solar ao longo das estações do ano na eficiência do processo de desinfecção, foram realizadas coletas em dois períodos: de maio a julho de 2018 (período outono-inverno) e de dezembro de 2018 a março de 2019 (período primavera-verão). O LBF apresentou eficiência média de remoção de 50,9%, 86,2%, 21,3%, 95,8%, 97,8%, 57,4%, 63,2% e 62,1% para DBO, DQO, CE, SST, turbidez, N, P e K, respectivamente. A ARD tratada pelo LBF e direcionada ao SODIS, com quatro horas de exposição solar, nos dois períodos analisados, apresentou qualidade em acordo com a diretriz estabelecida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para irrigação irrestrita (coliformes fecais  $\leq 1.000 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$ ).

**PALAVRAS-CHAVE:** desinfecção solar, filtro biológico, irrigação.

## EFFICIENCY OF A LOW-COST WASTEWATER SYSTEM FOR AGRICULTURAL REUSE

**ABSTRACT:** Decentralized technologies for DWW of easy installation, operationality and low-cost are the most viable options for installation in rural areas. The objective in this work was to evaluate the efficiency of a low-cost system of domestic wastewater treatment consisting of a biological filter bed (BFB) and a solar disinfection reactor (SODIS) for the purpose of agricultural reuse. The pilot study was conducted at College of Agronomic Sciences (FCA), Unesp, Botucatu campus, SP, Brazil. With the goal of evaluating the influence of the solar radiation variations along the year on the efficiency of the disinfection process, DWW samples were collected in two periods: from May to July 2018 (Autumn-

winter period), and from December 2018 to March 2019 (Spring- summer period). The BFB presented average removal efficiency of 50.9%, 86.2%, 21.3%, 95.8%, 97.8%, 57.4%, 63.2%, and 62.1% for BOD, COD, EC, TSS, turbidity, N, P and K, respectively. The DWW treated by the BFB and directed to the SODIS, with four hours of exposure to direct sunlight, in the two periods tested, presented quality in accordance with the World Health Organization (WHO) guideline for unrestricted irrigation (Fecal coliforms  $\leq 1.000$  MPN 100 mL<sup>-1</sup>).

**KEYWORDS:** solar disinfection, biological filter, irrigation.

**INTRODUÇÃO:** A distribuição espacial desigual dos recursos hídricos no Brasil aliada ao aumento na demanda de uso tem levado a buscas por fontes alternativas de água, sendo a água residuária doméstica (ARD), uma das opções com maior potencialidade de adoção. A irrigação está entre as atividades econômicas de uso consuntivo dos recursos hídricos que apresentam grande demanda, segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2020), em 2019, a agricultura irrigada foi responsável pela retirada, consumo e retorno de água proveniente de corpos hídricos, equivalente, respectivamente, às vazões de 1038,1; 743,5 e 294,3 m<sup>3</sup>/s. Com a tendência de crescimento da população brasileira, haverá maior demanda por alimentos, o que, por consequência, aumentará a retirada de água para irrigação, visto que a técnica de irrigar permite aumento da produtividade e é imprescindível para a expansão de áreas agrícolas. A ARD pode ser fonte de nutrientes, energia, matéria orgânica e outros subprodutos úteis, rentáveis e sustentáveis. No contexto de uma economia circular, em que o desenvolvimento econômico é equilibrado com a proteção dos recursos naturais e a sustentabilidade ambiental, a ARD representa um recurso amplamente disponível e valioso (UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME, 2017). Contudo, o reúso agrícola da ARD deve ser feito com cautela devido à presença de microrganismos patogênicos que representam risco à saúde pública. A reutilização de forma segura da ARD por comunidades rurais irá depender da eficiência do processo de tratamento adotado. Para áreas rurais, as melhores soluções tecnológicas serão aquelas que apresentam baixo custo de instalação e fácil operacionalidade. Levando-se em consideração estes aspectos, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de um sistema de baixo custo de tratamento de água residuária doméstica, composto por um leito biológico filtrante, modelo desenvolvido por Queluz (2016), e um reator de desinfecção solar, desenvolvido por Queluz e Sánchez-Román (2014), para fins de reúso agrícola.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O sistema de tratamento de baixo custo (Figura 1) foi instalado na Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA), Unesp, campus Botucatu, São Paulo, nas coordenadas geográficas: 22°51'9.74"S; 48°25'49.57"O e altitude de 782 m acima do nível do mar. O leito biológico filtrante (LBF) foi instalado conforme modelo desenvolvido por Queluz (2016), definido como “Alagado 1” (sem macrófita). O LBF consiste de quatro caixas d’água retangulares (100 x 35 x 31 cm) de fibra de vidro, conectadas por tubulação de 50 mm (material PVC), saturadas até a altura de 30 cm com material brita #0 (granulometria de 4,8 mm a 9,5 mm). A fim de promover o escoamento por gravidade, abaixo da primeira até a terceira caixa d’água, foram colocadas placas de madeirite com as seguintes espessuras: 6 cm (1º caixa d’água), 4 cm (2º caixa d’água), e 2 cm (3º caixa d’água), a última caixa d’água ficou disposta ao nível do solo. O volume de vazios do material suporte (brita #0) foi estimado utilizando-se água destilada e uma proveta graduada, sendo obtido o valor de 65% de porosidade. Cada LBF apresentou volume útil de aproximadamente 160 L. Durante o período de pesquisa, a vazão média do efluente secundário proveniente da Estação de Tratamento de

Esgoto da cidade de Botucatu (ETE-Lageado) liberada no LBF foi de 150 L d<sup>-1</sup>. O tempo de detenção hidráulica da ARD no LBF foi de aproximadamente 1,06 dia. A eficiência do LBF foi avaliada através da Equação 1, sendo os seguintes parâmetros avaliados segundo a 22<sup>a</sup> edição do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), condutividade elétrica (CE), sólidos suspensos totais (SST), turbidez, nitrogênio total (N), fósforo (P) e potássio (K). A ARD tratada no LBF, foi direcionada para o reator de desinfecção solar (SODIS), que apresentava modelo, conforme descrito por Queluz e Sánchez-Román (2014): base de concreto, formato de tronco cônico invertido e dimensões de altura, raio maior e menor, respectivamente, iguais a 0,30, 1,00 e 0,25 m. Essas dimensões foram estabelecidas porque resultam em um ângulo de inclinação igual a 21,8°, valor próximo à latitude de Botucatu (22° S), o que implica em menor formação de sombras no reator. No reator SODIS, uma lâmina de ARD de 20 cm foi testada. Essa lâmina foi exposta à radiação solar por um período de 10 horas (das 08:00 às 18:00 horas) e os parâmetros radiação solar global e *Escherichia Coli* (*E. coli*) foram monitorados a cada duas horas. A análise de *E. coli* (bactéria usualmente utilizada como microorganismo indicador de contaminação fecal) ocorreu conforme o método 9223B (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012). Os dados para radiação solar global foram obtidos na Estação Meteorológica Lageado, que está localizada a aproximadamente 700 metros do SODIS. Na estação automática é utilizado o piranômetro modelo CMP3, fabricante Kipp e Zonen. A ferramenta Geeraerd e Van Impe (GIInFiT) (GEERAERD; VALDRAMIDIS; VAN IMPE, 2005) foi utilizada para gerar a curva de inativação da *E. coli*, essa curva relaciona a população (concentração) de *E. coli* em log (logarítmico) com o tempo de exposição solar (radiação solar acumulada). Para verificar a influência das variações da radiação solar ao longo das estações do ano na eficiência do processo de desinfecção, foram realizadas seis coletas em dois períodos: de maio a julho de 2018 (período outono-inverno) e de dezembro de 2018 a março de 2019 (período primavera-verão), totalizando 12 coletas. Nas três últimas coletas do período primavera-verão (13/02/2019; 14/03/2019 e 20/03/2019) foram realizadas análises de reativação bacteriana, para tal, alíquotas de 250 ml de ARD foram retiradas às 18:00 h (tempo de exposição= 10h), utilizando-se frascos de vidro âmbar previamente esterilizados. Em seguida, as amostras foram armazenadas em estufa microbiológica à 37°C por um período de 72 horas. Alíquotas de 100 ml foram retiradas às 48 horas e às 72 horas para análise de coliforme fecais (*E. coli*). Todas as análises foram realizadas no laboratório de Recursos Hídricos e Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas, Unesp, campus Botucatu.

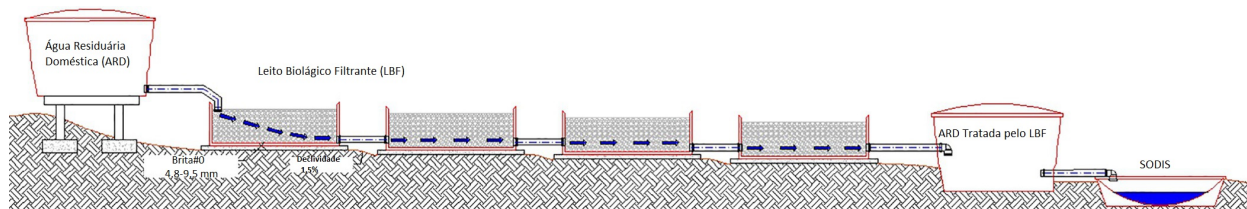


FIGURA 1. Sistema de tratamento de água residuária doméstica composto por um leito biológico filtrante (LBF) + reator de desinfecção solar (SODIS).

Fonte: Silva et al. (2020).

$$\text{Eficiência de remoção (\%)} = (C_1 - C_2) / C_1 * 100 \quad (1)$$

em que,

C<sub>1</sub>- concentração do parâmetro na entrada do LBF (afluente);

C<sub>2</sub>-concentração do parâmetro na saída do LBF (efluente).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** O LBF apresentou eficiência média de remoção de 50,9%, 86,2%, 21,3%, 95,8%, 97,8%, 57,4%, 63,2%, 62,1% para DBO, DQO, CE, SST, turbidez, N, P e K, respectivamente (Tabela 1). Observa-se que o LBF apresentou boa eficiência na redução da carga orgânica (DBO e DQO) e sólidos (SST e turbidez). O valor médio observado na saída do leito biológico filtrante (SLBF) de 10,7 mg. L<sup>-1</sup>, classifica a ARD como baixo risco de entupimento de emissores segundo a classificação proposta por Nakayama e Bucks (1991). Segundo as diretrizes da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura-FAO (AYRES e WESTCOT, 1985) para interpretação da qualidade da água para irrigação, águas que apresentem CE < 700 µS/cm podem ser classificadas como sem restrição de uso para irrigação; portanto, a ARD tratada pelo LBF (SLBF), considerando este parâmetro, apresenta qualidade em acordo com esta diretriz da FAO. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA) aponta que as concentrações de nutrientes (N, P e K) normalmente encontradas em águas residuárias domésticas que passaram por tratamento secundário variam de 10-30 mg. L<sup>-1</sup>, 5-40 mg. L<sup>-1</sup> e 10-30 mg. L<sup>-1</sup> para N, P e K, respectivamente (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1996). Os valores médios encontrados para ARD tratada pelo LBF estão dentro dessa faixa, 17 mg. L<sup>-1</sup> para N, 5,2 mg. L<sup>-1</sup> para P e 16,0 mg. L<sup>-1</sup> para K (Tabela 1).

TABELA 1. Média e coeficiente de variação (em percentual) dos parâmetros analisados para a entrada do leito biológico filtrante (ELBF), saída do leito biológico filtrante (SLBF) e eficiência de remoção.

PARÂMETRO	ELBF	ELBF	SLBF	SLBF	EF.(%)	EF.
	Média	C.V (%)	Média	C.V (%)	Média	C.V (%)
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	56,33	27,5	25,6	27,3	50,9	34,0
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	360,8	72,2	35,7	27,2	86,2	8,6
CE (µS/cm)	672,9	31,9	499,1	26,4	21,3	61,6
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	397,0	93,7	10,7	57,4	95,8	3,1
Turbidez (NTU)	210,5	61,5	4,9	93,8	97,8	1,3
N (mg.L <sup>-1</sup> de N)	73,2	52,3	17,0	64,7	57,4	11,5
P (mg.L <sup>-1</sup> de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	11,0	12,0	5,2	50,0	63,2	30,4
K (mg.L <sup>-1</sup> de K)	31,5	26,9	16,0	33,7	62,1	16,8

ELBF- Concentração na entrada do LBF; SLBF- Concentração na saída do LBF; C.V- Coeficiente de Variação; EF. – Eficiência de remoção; DBO- Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO – Demanda Química de Oxigênio; CE- Condutividade Elétrica; SST – Sólidos Suspensos Totais; N- Nitrogênio total; P- Fósforo e K- Potássio.

Destaca-se que apesar da presença de macronutrientes (N, P, K) na ARD representar uma economia no uso de fertilizantes químicos, sua aplicação deve ser feita com cautela, sendo importante o conhecimento das concentrações desses nutrientes na ARD tratada destinada à irrigação, uma vez que dependendo da concentração, tipo de cultura e práticas manejo adotadas, elevadas concentrações destes nutrientes poderão causar efeitos deletérios à cultura irrigada. Por exemplo, Lee, Rout e Bae (2021) aplicaram água residuária proveniente de uma estação de tratamento de esgoto doméstico no cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa*) pelo sistema NFT (*Nutrient Film Technology*), a ARD apresentava concentrações de N total, P e K maiores ou iguais a 42,9; 3,9 e 26,2 mg. L<sup>-1</sup>, respectivamente. A aplicação de ARD, em comparação com o tratamento controle, ocasionou a diminuição de 31-40% da altura das plantas de alface e a redução de 36-48% do número de folhas. Os autores atribuíram como

causa desse efeito, a toxicidade dos nitritos (forma iônica do nitrogênio  $\text{NO}_2^-$ ), induzido pela nitrificação parcial (processo de transformação do nitrogênio).

O processo de desinfecção solar pode ser afetado por mudanças na incidência da radiação solar ao longo das estações do ano (primavera, verão, outono, inverno) que são resultantes das alterações no ângulo zenital solar ( $Z$ ), quanto maior for  $Z$ , menor será a irradiância solar. Além disso, cobertura de nuvens, que geralmente são maiores em estações chuvosas, também influenciam os processos de espalhamento e absorção da luz solar que incide sobre a Terra (ACRA; RAFFOUL; KARAHAGOPIAN, 1984). Ressalta-se que, a fim de evitar formação de sombras, recomenda-se que as dimensões do reator SODIS aqui apresentado, sem alterações na forma (tronco cônico invertido), sejam determinadas com o intuito de obter-se um ângulo de inclinação próximo à latitude do local de instalação do reator. Verifica-se que houve variação da radiação solar global registrada para os dias de coletas nos dois períodos avaliados. No período outono- inverno, a radiação solar acumulada foi menor que a observada no período primavera-verão. Considerando o tempo de exposição de 10 horas ( $t = 10$ ), a radiação solar média acumulada no período outono-inverno foi  $13,90 \text{ MJ m}^{-2}$ , já no período primavera-verão registrou-se média igual a  $15,95 \text{ MJ m}^{-2}$  (Figura 2).

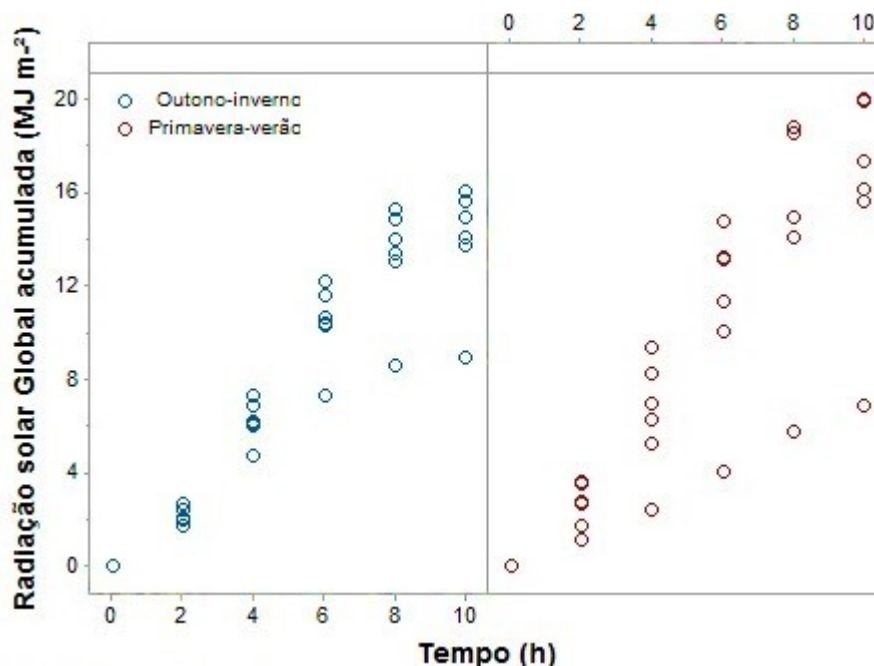


FIGURA 2. Gráfico de dispersão da radiação solar global acumulada em função do período de exposição solar da ARD nas etapas primavera-verão e outono- inverno.

Diferenças na radiação solar global observadas entre os períodos primavera-verão e outono- inverno (Figura 2) influenciaram no tempo de inativação da *E. coli* conforme as curvas de inativação apresentadas na Figura 3, a curva do período primavera-verão apresenta-se bem mais acentuada que a do período outono-inverno, principalmente, no período compreendido entre 0 h (coleta realizadas às 08:00 horas da manhã) e 6 h (coleta realizadas às 14:00 horas). Todavia, com quatro horas de exposição solar (4 h = coleta realizada às 12:00 horas), em ambos períodos analisados, a ARD previamente tratada pelo LBF, o que ocasionou redução de sólidos, turbidez e carga orgânica (Tabela 1), apresentou concentração de *E. Coli* (coliformes fecais)  $\leq 1.000 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$ , estando, portanto, com qualidade em acordo com a diretriz estabelecida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para irrigação irrestrita (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006). A OMS através do uso de ferramentas de análise de perigo e avaliação de cenários de exposição, projetou diretrizes com o intuito de

estimular o reúso seguro de água residuária na agricultura irrigada, de forma que, o valor limite de coliformes fecais (*E. coli*)  $\leq 1.000$  NMP  $100 \text{ mL}^{-1}$ , representa um cenário no qual a saúde dos agricultores, de suas famílias, da comunidade no entorno da área irrigada e dos consumidores dos produtos por eles produzidos, é assegurada, ou seja, o risco à saúde desses indivíduos foi considerado baixo. As recomendações da OMS têm influenciado o desenvolvimento de políticas de reúso de água residuária e a definição de normas técnicas em vários países que a adaptaram ou a adotaram sem alterações.

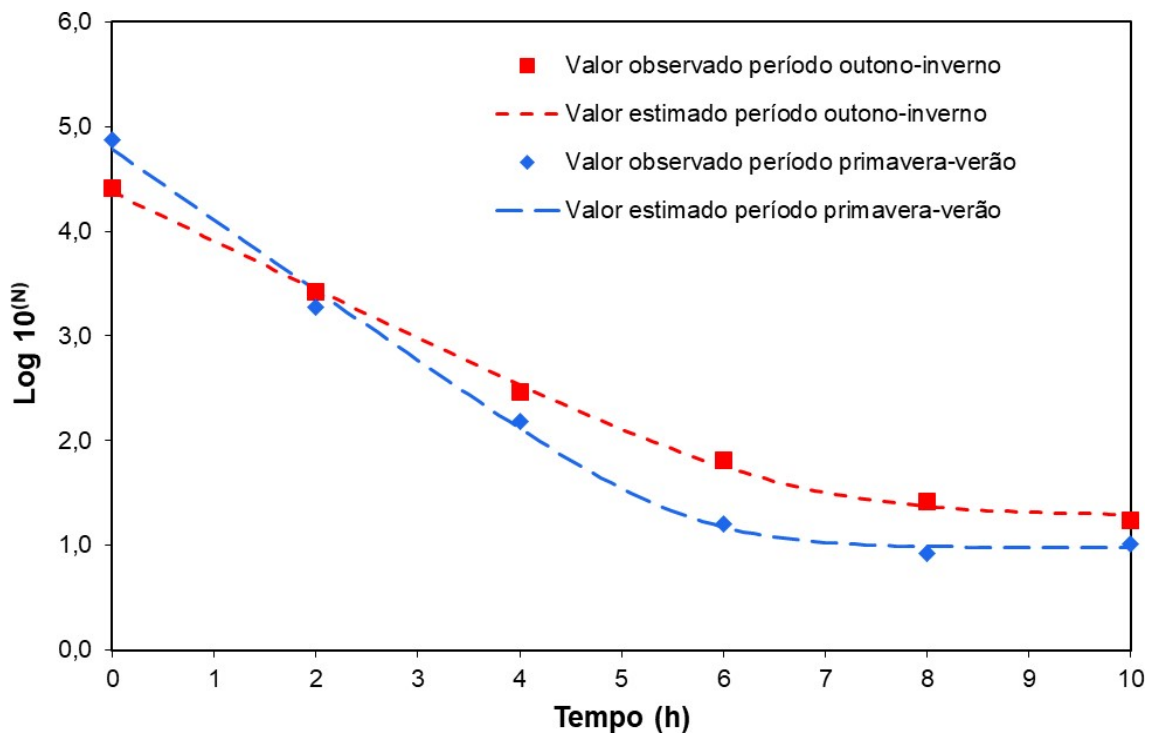


FIGURA 3. Curva de inativação da *E. coli* (em  $\log_{10}$ ) na lâmina de água residuária doméstica com 20 cm de profundidade nos períodos outono-inverno e primavera-verão.

A desinfecção por radiação solar ocorre por meio de alterações no material genético (DNA, RNA) dos microrganismos patogênicos presentes na ARD. Essas alterações são resultantes da fotólise, que é um processo de dissociação de moléculas complexas devido à absorção de fótons (pequenos pacotes de energia) (BARROSO; WOLFF, 2009; GONÇALVES, 2003). As moléculas de DNA dos microrganismos que estão concentrados na ARD, absorvem fótons até uma dose determinada como “dose letal”, na qual a estrutura helicoidal do DNA é deformada, dificultando, conseqüentemente, sua transcrição e replicação. Contudo, em alguns casos, essa deformação pode ser reparada, o que caracteriza o processo conhecido como fotorreativação quando esse ocorre na presença de luz ou recuperação no escuro, reativação na ausência de luz (LECHEVALLIER; AU, 2004). A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos na análise de reativação da *E. coli* na ausência de luz (recuperação no escuro) para análises realizadas após 48 e 72 horas do tratamento de desinfecção por radiação solar. Observa-se que a reativação da *E. coli* foi praticamente nula, indicando que a quantidade de radiação solar global (fótons) recebida e acumulada pelas bactérias *E. coli* foi suficiente para causar danos irreversíveis ao seu DNA, impedindo assim sua replicação.

TABELA 2. Reativação da bactéria *E. coli* (NMP 100 mL<sup>-1</sup>) após 48 e 72 horas do processo de desinfecção por radiação solar no reator SODIS com lâmina de ARD de 20 cm.

Tempo	Data	<i>E. coli</i>
48 horas	13/02/2019	0 NMP 100 mL <sup>-1</sup>
72 horas	13/02/2019	0 NMP 100 mL <sup>-1</sup>
48 horas	14/03/2019	0 NMP 100 mL <sup>-1</sup>
72 horas	14/03/2019	2,0 NMP 100 mL <sup>-1</sup>
48 horas	20/03/2019	7,0 NMP 100 mL <sup>-1</sup>
72 horas	20/03/2019	0 NMP 100 mL <sup>-1</sup>

**CONCLUSÕES:** O sistema de tratamento de água residuária doméstica de baixo custo proposto neste estudo, composto pela combinação do LBF+ reator SODIS, é uma solução viável para o tratamento de ARD para fins de reúso agrícola em comunidades rurais. O LBF apresenta eficiência de remoção de teor de sólidos, turbidez e matéria orgânica, o que gerou à ARD tratada condições de qualidade físico química que permitem seu reúso em sistemas de irrigação localizada com risco baixo de entupimento de emissores e em acordo com diretrizes de qualidade da água para irrigação estabelecidas pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). Enquanto, no reator SODIS, o processo de desinfecção por meio da radiação solar gerou uma ARD com qualidade microbiológica que permite seu uso seguro do ponto de vista do risco de contaminação bacteriana por exposição à coliformes fecais (*E. coli*), sendo observado processo praticamente nulo de reativação desse microrganismo 48 e 72 horas após o processo de desinfecção da ARD por radiação solar. Em caso de adoção do sistema, recomenda-se a construção do reator SODIS respeitando o formato de tronco cônico invertido, porém com dimensões de raio maior, menor e altura que permitam a obtenção de um ângulo de inclinação próximo à latitude do local de instalação do reator.

**AGRADECIMENTOS:** A FAPESP pela concessão da bolsa de estudos processo N° 2017/14729-3.

#### REFERÊNCIAS:

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2020:** informe anual. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2020. 118 p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** Washington DC, 22 th. ed., 2012.

AYRES, R.S; WESTCOT, D. W. **Water quality for agriculture** (Revised). Rome. FAO: Irrigation and Drainage Paper n° 29. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985.186p.

BARROSO, L. B.; WOLFF, D. B. Radiação ultravioleta para desinfecção de água. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p.1-13, 2009. Ciências Naturais e Tecnológicas.

GEERAERD, A.H.; VALDRAMIDIS, V.P.; VAN IMPE, J.F. GInaFiT, a freeware tool to assess non-log-linear microbial survivor curves. **International Journal of Food Microbiology**, [S.l.], v. 102, n. 1, p.95-105, jun. 2005. Elsevier BV.

GONÇALVES, R. F. (coord.). **Desinfecção de Efluentes Sanitários**. Rio de Janeiro: Abes, 2003. 438 p. Projeto PROSAB.

LECHEVALLIER, M. W; AU, K. K. **Water Treatment and Pathogen Control: Process Efficiency in Achieving Safe Drinking Water**. London: IWA Publishing, 2004. 112 p. Published on behalf of the World Health Organization.

LEE, E.; ROUT, P. R.; BAE, J. The applicability of anaerobically treated domestic wastewater as a nutrient medium in hydroponic lettuce cultivation: nitrogen toxicity and health risk assessment. **Science of the Total Environment**, [S.L.], v. 780, p. 146482, ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146482>.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Water quality in drip/trickle irrigation: a review. **Irrigation Science**, [S.l.], v. 12, n. 4, p.187-192, dez. 1991. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/bf00190522>.

QUELUZ, J. G. T. **Eficiência de alagados construídos para o tratamento de águas residuárias com baixas cargas orgânicas**. 2016. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – Campus de Botucatu, Botucatu, 2016.

QUELUZ, J. G. T.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M. Efficiency of domestic wastewater solar disinfection in reactors with different colors. **Water Utility Journal**, [S.l.], v. 35, n. 7, p.35-44, 2014.

SILVA, T. L; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; QUELUZ, J. G. T.; PLETSCH, T. A. Treatment options for the direct reuse of reclaimed water in developing countries. In: VERLICCHI, Paola (ed.). **Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection: wastewater treatment and reuse- lessons learned in technological developments and management issues**. 6. ed. Online: Elsevier, 2020. Cap. 1. p. 1-31. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S246892892030006X>. Acesso em: 06 set. 2021.

UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP). The United Nations World Water Development Report 2017. **Wastewater: The Untapped Resource**. Paris, UNESCO. 2017.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY-U.S.EPA. Municipal Wastewater, Sewage Sludge, and Agriculture. In: United States Environmental Protection Agency. **Use of Reclaimed Water and sludge in Food crop production**. Washington, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater: Wastewater use in agriculture**. 2. ed. Switzerland: Who Library Cataloguing, 2006.