

Revista  
**Ciência, Tecnologia & Ambiente**

---

## **Esterilizador ultravioleta em estação de tratamento de esgoto visando reúso agrícola**

UV in domestic sewage aiming for agricultural reuse

Lisiana Crivelenti Voltolini<sup>1\*</sup>, Diego Fernando Atoche Garay<sup>1</sup>, Claudinei Fonseca Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Agricultura e Ambiente, Centro de Ciências Agrárias – CCA, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Araras, SP, Brasil. \*Autor para correspondência: lisianacrivelenti@gmail.com

**Como citar:** VOLTOLINI, L.C.; GARAY, D.F.A.; SOUZA, C.F. 2021. Esterilizador ultravioleta em estação de tratamento de esgoto visando reúso agrícola. *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*, vol. 11, e11190. <https://doi.org/10.4322/2359-6643.11190>

---

### **RESUMO**

O lançamento inadequado de esgoto sanitário, além de permitir a transmissão de doenças, gera poluição nos cursos d'água comprometendo seus múltiplos usos como fonte de abastecimento, irrigação, reúso e recreação. O tratamento do esgoto doméstico passa a ser uma alternativa de água e nutrientes no cultivo agrícola, devendo atender aos critérios estabelecidos pela legislação. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a carga patogênica do efluente tratado, proveniente de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), antes e após a aplicação da desinfecção ultravioleta, visando o reúso agrícola. Foram realizadas amostragens semanais antes e depois da desinfecção ultravioleta (A/UV e D/UV) para caracterização do pH, turbidez, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), carbono orgânico total (COT), coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTermo), bem como nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT). Conclui-se que o esterilizador ultravioleta apresentou eficiência à eliminação de bactérias apesar de a carga patogênica final não se enquadrar na legislação vigente, o que impossibilita o reúso agrícola do efluente tratado.

**Palavras-chave:** desinfecção, efluente, agricultura.

---

### **ABSTRACT**

Delinquent release of sanitary sewage, in addition to allowing the transmission of diseases, generates in watercourses, compromising its multiple uses as a source of supply, irrigation, reuse, and recreation. Domestic sewage treatment becomes an alternative for water and nutrients in agricultural cultivation and must meet the criteria defined by legislation. Thus, this work aimed to evaluate the pathogenic load of treated effluent from a Sewage Treatment Plant (ETE) before and after ultraviolet disinfection, demanding agricultural reuse. Weekly samples were taken before and after ultraviolet disinfection (A/UV and D/UV) to characterize pH, turbidity, electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), total organic carbon (TOC), total coliforms (CT), and thermotolerant (CTermo), as well as total nitrogen (NT) and total phosphorus (PT). It is concluded that the ultraviolet sterilizer is efficient in eliminating bacteria even though a final pathogenic load does not comply with current legislation, which makes agricultural reuse of the treated effluent impossible.

**Keywords:** disinfection, effluent, agriculture.



## INTRODUÇÃO

A água é um dos temas que mais vêm sendo discutidos ao redor do mundo não somente pela sua natureza finita, mas principalmente pela realidade de escassez em diversas regiões geográficas. O setor agrícola é responsável por 70% do uso de água doce disponível no planeta (Erthal e Berticelli, 2018), havendo a necessidade de reduzir este consumo fazendo uso de tecnologias que evitem o desperdício, incluindo alternativas de reúso na produção vegetal.

Segundo a FAO (Food and Agriculture Organization, 2010), em 2050 o mundo pode chegar a 9 bilhões de habitantes, sugerindo um aumento significativo na produção de alimentos para suprir toda a demanda. Para isso, é necessário que as plantas expressem seu máximo potencial produtivo e que a água e os nutrientes estejam disponíveis em níveis adequados (Ludwig et al., 2012).

Aproximadamente 9 milhões de domicílios não têm acesso à rede de esgoto no Brasil. Em 2016 quase 3% das residências lançavam seus dejetos no ambiente sem nenhuma forma de tratamento, o que equivale a aproximadamente 2 milhões de domicílios (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020).

O lançamento inadequado de esgoto sanitário, além de colocar em riscos à saúde humana por permitir a transmissão de doenças, gera poluição nos cursos d'água comprometendo seus múltiplos usos como fonte de abastecimento, irrigação, reúso e recreação (Souza et al., 2012).

O esgoto sanitário, quando tratado, pode ser uma fonte alternativa de água e nutrientes no cultivo agrícola (Cuba et al., 2015), reduzindo o uso de fertilizantes químicos e o custo de produção. Mas, para isso, deve atender aos critérios estabelecidos pela Resolução 375 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – bem como pela CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, a nível estadual (Brasil, 2006; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2018).

As estações de tratamento de esgoto (ETE) sanitário possibilitam a adequação do efluente para que possa ser utilizado como fonte de nutrientes na agricultura. O esterilizador de radiação ultravioleta (UV) ganhou grande impulso nas ETE pela sua capacidade de inativar

os microrganismos através da alteração de seu DNA ao absorver a luz (Souza et al., 2012).

A cloração e a ozonização também são métodos utilizados na desinfecção de esgotos. A cloração, apesar da simplicidade e do baixo custo, possui certa desvantagem, em termos ambientais, com relação aos outros métodos (Montaño e Kramer, 2018). A radiação UV vem se mostrando eficaz na inativação microbiana principalmente de organismos resistentes ao cloro, demandando menor área e maior simplicidade operacional, além de não gerar subprodutos prejudiciais à saúde, como pode ocorrer com a cloração e com a ozonização, dependendo da composição do esgoto (Kovalski et al., 2020).

A redução significativa da carga microbiológica, como coliformes totais e *Escherichia coli*, permite o ajuste deste parâmetro sugerido pelo CONAMA (Brasil, 2006), além de trazer maior segurança ao reúso do efluente tratado. Para que o sistema de desinfecção seja efetivo, deve-se considerar a intensidade de radiação, a configuração do reator, o tempo de exposição dos microrganismos e as características físico químicas do esgoto (Feitosa et al., 2017).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a carga de *Escherichia coli* do efluente tratado, proveniente de uma ETE, antes e após a aplicação da desinfecção ultravioleta, visando o reúso agrícola.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), localizado no município de Araras, Estado de São Paulo, onde está instalada a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

A ETE foi dimensionada para receber e tratar 2000 L de esgoto diariamente proveniente dos sanitários e do restaurante universitário da instituição. É composta por quatro unidades de tratamento e o esterilizador UV, sendo caixa de gordura, tanque séptico, tanque de microalgas e *wetlands* (Figura 1). Todas as unidades foram construídas com material impermeabilizado de polietileno para que não ocorram vazamentos e, por consequência, contaminação do solo, lençóis ou aquífero subterrâneo.

A ETE foi dimensionada com base nas seguintes especificações:

- Caixa de gordura em PVC, capacidade para 24 L, utilizada para reter o material grosseiro evitando entupimento;
- Tanque séptico construído conforme a NBR 7.229/93 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993) de volume 5,0 m<sup>3</sup> (1,723 m de diâmetro e 2,57 m de altura), com tempo de retenção hidráulico de 22 horas;
- Tanque de microalgas de 1 m<sup>3</sup> (1,64 m de diâmetro x 0,44 m altura), obedecendo a profundidade máxima de 1 m, o que permite o metabolismo fotossintético com elevado tempo de detenção hidráulica (Von Sperling, 1996). A inoculação ocorreu a partir de 10,5 L de suspensão com cerca de 10<sup>6</sup> células mL<sup>-1</sup> de *Desmodesmus subspicatus*, espécie já adaptada ao efluente da Universidade;
- *Wetlands* de 2 m<sup>3</sup>. Esta unidade foi construída com dois tanques iguais de 1 m<sup>3</sup> cada e instalados de forma paralela. Os tanques foram cultivados com Copos-de-leite (*Zantedeschia aethiopica* L) e suas dimensões são 1,64 m de diâmetro x 0,44 m de altura para cada um;
- Sistema Ultravioleta fabricado em aço inoxidável, marca Sodramar (2020), modelo SUV 7. O sistema é composto por uma lâmpada da marca Philips (2006), modelo TUV 4P S/E de 16W, formato tubular, comprimento de 32,8 cm e vida útil de aproximadamente 7000 horas. A radiação é emitida na banda UV-C, que corresponde a cerca de 260 nm, comprimento de onda com maior efeito germicida.

A dose de radiação ultravioleta da lâmpada utilizada é de 0,43 mWscm<sup>-2</sup> e foi calculada através da densidade da irradiação (mWcm<sup>-2</sup>) multiplicada pelo tempo de exposição do efluente ao UV (segundos), para uma vazão de 1,4 L min<sup>-1</sup> (Philips, 2006).

Foram realizadas amostragens semanais durante os meses de maio, junho e julho de 2015, para caracterização em termos de pH, turbidez, condutividade elétrica (CE), oxigênio dissolvido (OD), carbono orgânico total (COT), coliformes totais e termotolerantes. Também foram feitas quantificações de nitrogênio total (NT), elemento considerado importante na agricultura.

Para as coletas foram utilizados frascos de vidro esterilizados em autoclave, com capacidade de 500 mL. Os pontos de coleta foram: (I) esgoto bruto; (II) depois das primeiras quatro unidades (antes do esterilizador ultravioleta- A/UV); e (III) depois do esterilizador ultravioleta - D/UV. Coletou-se um total de 59 amostras sendo 17 do esgoto bruto, 21 (A/UV) e 21 (D/UV). Após as coletas, as amostras foram encaminhadas imediatamente ao Laboratório de Física do Solo e Qualidade de Água da UFSCar, no qual parte da amostra foi utilizada para realizar as análises e a outra parte foi armazenada e preservada.

A amostragem, a preservação das amostras, análises físicas e químicas e análises bacteriológicas foram feitos de acordo com *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water* (American Public Health Association, 2012).

O pH das amostras foi caracterizado através do peagâmetro de bancada pelo método eletrométrico; a turbidez através do turbidímetro pelo método nefelométrico; para a CE foi utilizado um condutivímetro pelo método eletrodo; para o OD utilizou-se um oxímetro através do método eletrodo-membrana e, por fim, o COT e o NT

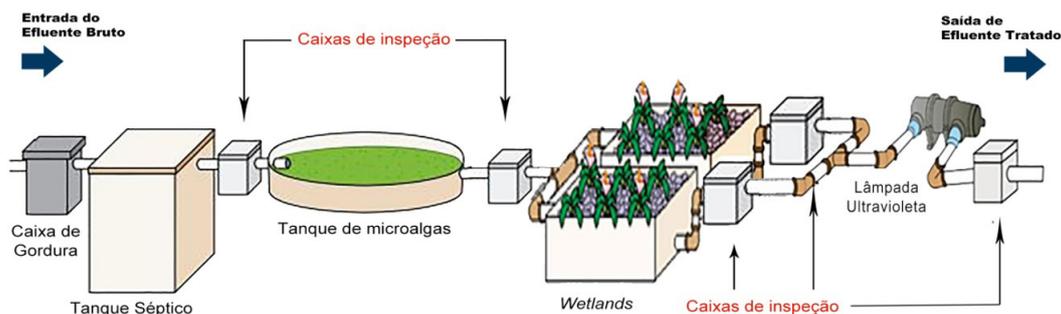


Figura 1. Esquema construtivo da ETE. Fonte: Adaptado de Souza et al. (2015).

foram caracterizados através do analisador de carbono orgânico total pelo método de combustão catalítica e alta temperatura.

Para quantificação de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTermo), foram feitas análises microbiológicas usando o método enzimático (sistema Colilert da IDEXX). Para isso, adicionou-se à amostra um substrato definido, que será degradado por enzimas produzidas por bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes.

O substrato foi misturado e distribuído na cartela Quanti-Tray e, posteriormente, a cartela foi lacrada e incubada à temperatura de 35°C por um período de 24 horas. Após esse período foram realizadas as contagens através da coloração, na qual o amarelo indica a presença de coliformes totais e a fluorescência, vista em câmara ultravioleta e comprimento de onda de 254 nm, indica a

presença de *E. coli*. A concentração de coliformes é expressa em número mais provável – NMP – em 100 mL de água.

A eficiência de cada parâmetro da ETE foi calculada a partir de um equilíbrio entre as médias de entrada e saída de cada unidade de tratamento (Equação 1), aplicando suas respectivas unidades de medidas (Von Sperling, 1996).

$$E = \frac{(C_e - C_s)}{C_e} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

E - eficiência de remoção, %;

C<sub>e</sub> - concentração do parâmetro no efluente de entrada;

C<sub>s</sub> - concentração do parâmetro no efluente de saída.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta a caracterização do efluente bruto a partir das médias das amostras durante o monitoramento de três meses e a Tabela 2 apresenta a redução média dos parâmetros antes e depois da radiação UV durante o período de monitoramento.

O pH é um parâmetro importante tanto para o despejo adequado do efluente em receptores hídricos como para o reúso da água em cultivos agrícolas. Segundo Martínez et al. (2015), o ideal é que esteja entre 5 e 6,5 para facilitar a absorção de nutrientes pelas plantas. No entanto, a Resolução 357/05 do CONAMA (Brasil, 2005) sugere que o pH esteja entre 6 e 9 nas águas classificadas como 1, 2 e 3, destinadas à irrigação de hortaliças, frutíferas, parques e jardins, campos de esporte e lazer, arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

**Tabela 1.** Valores médios do efluente bruto de parâmetros durante o monitoramento de três meses.

Parâmetros	Bruto
pH	6,9 ± 0,43
CE (µS cm <sup>-1</sup> )	769,4 ± 295,07
OD (mg L <sup>-1</sup> )	1,7 ± 1,85
Turbidez (UNT <sup>1</sup> )	265,5 ± 170,29
NT (mg L <sup>-1</sup> )	34,9 ± 13,64
COT (mg L <sup>-1</sup> )	106,0 ± 81,62
CT (NMP <sup>2</sup> 100 mL <sup>-1</sup> )	6,17 x 10 <sup>7</sup>
CTermo (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	3,15 x 10 <sup>6</sup>

CE: condutividade elétrica; OD: oxigênio dissolvido; NT: nitrogênio total; COT: carbono orgânico total; CT: coliformes totais; CTermo: coliformes termotolerantes. NMP: Técnicas utilizadas para contagem de microrganismos, estimando a proporção viável metabolicamente ativa de sua população total ou de um grupo específico (Hexis Científica, 2020). <sup>1</sup>Unidade nefelométrica de turbidez; <sup>2</sup>Número mais provável.

**Tabela 2.** Valores médios do efluente antes e depois da radiação UV durante o período de monitoramento, eficiência de redução dos parâmetros e dados de referência, segundo a Resolução 357/05 CONAMA (Brasil, 2005).

Parâmetros	A/UV <sup>3</sup>	D/UV	Eficiência de redução (%)	Dados de Referência*		
				classe 1	classe 2	classe 3
Ph	7,5 ± 0,16	7,6 ± 0,14	--	5 a 9	5 a 9	5 a 9
CE (dS cm <sup>-1</sup> )	1,02 ± 47,35	1,02 ± 58,66	0,68			
OD (mg L <sup>-1</sup> )	3,4 ± 0,90	4,0 ± 1,52	--	> 6	> 5	> 4
Turbidez (UNT <sup>1</sup> )	20,1 ± 6,15	20,8 ± 8,28	--	40	100	100
NT (mg L <sup>-1</sup> )	46,4 ± 6,87	48,0 ± 10,45	--	13,0	--	16,6
COT (mg L <sup>-1</sup> )	26,5 ± 10,59	26,7 ± 11,12	--	3	5	10
CT (NMP <sup>2</sup> 100 mL <sup>-1</sup> )	5,38 x 10 <sup>6</sup>	7,62 x 10 <sup>5</sup>	85,83	n.a <sup>4</sup>	n.a	n.a
CTermo (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	3,52 x 10 <sup>5</sup>	9 x 10 <sup>4</sup>	74,43	200	1000	4000

CE: condutividade elétrica; OD: oxigênio dissolvido; NT: nitrogênio total; COT: carbono orgânico total; CT: coliformes totais; CTermo: coliformes termotolerantes. NMP: Técnicas utilizadas para contagem de microrganismos, estimando a proporção viável metabolicamente ativa de sua população total ou de um grupo específico (Hexis Científica, 2020). <sup>1</sup>Unidade nefelométrica de turbidez; <sup>2</sup>Número mais provável; <sup>3</sup>Radiação ultravioleta; <sup>4</sup>Não se aplica. \*Resolução 357/05 Conselho Nacional do Meio Ambiente.

O esgoto bruto teve média de pH de 6,9 e aumentou após as primeiras etapas de tratamento. A radiação UV não altera as características do efluente, com exceção dos parâmetros microbiológicos, apontando a proximidade entre as médias A/UV e D/UV.

Souza et al. (2015) observaram um aumento no pH do efluente após tratado. Na ocasião, a ETE era composta por mais uma unidade de tratamento, instalada após o tanque de microalgas. O reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA) foi retirado para reduzir a remoção dos nutrientes e, mesmo com a retirada, o pH teve um aumento de 6%, apontando a adequação deste parâmetro após ser tratado.

Com relação à condutividade elétrica, o esgoto bruto apresentou valor médio de  $769,4 \mu\text{S cm}^{-1}$ . Após passar pelos primeiros tratamentos, aumentou para  $1029,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ , observando uma pequena redução no valor médio após a desinfecção UV. Este aumento inicial pode ser explicado pela biodegradação ocorrida na matéria orgânica presente no esgoto em tratamento. Os valores são similares aos estudos feitos anteriormente na ETE (Souza et al., 2015).

Como resultado do acúmulo de sais na dissolução do solo, a salinidade aumenta o potencial osmótico impedindo ou dificultando a absorção de água pelas raízes. Segundo Almeida (2010), a condutividade elétrica em águas de irrigação possui um intervalo usual que varia de 0 a  $3000 \mu\text{S cm}^{-1}$ , no entanto, elevadas concentrações salinas podem comprometer a cultura e o solo caso a irrigação não seja feita de maneira adequada (Oliveira et al., 2019).

A concentração de oxigênio dissolvido teve uma média de entrada de  $1,7 \text{ mg L}^{-1}$  no efluente bruto. Após os primeiros tratamentos, teve aumento de 95% (A/UV) e finalizou em  $4,0 \text{ mg L}^{-1}$  (D/UV).

Segundo as diretrizes da Resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005), para águas de classe 3, o OD deve ser superior a  $4 \text{ mg L}^{-1}$ . Desta forma, a ETE não cumpre com esta condição para ser considerada de classe 3, 2, 1 ou especial.

A ETE apresentou 92% de eficiência na remoção de turbidez. Para o efluente bruto, a média foi de 256,5 UNT. Após os primeiros tratamentos, a turbidez do efluente reduziu para 20,1 UNT (A/UV) e finalizou em 20,8 UNT

(D/UV). Esta redução ocorre inicialmente pela função do tanque séptico e então é estabilizada pela *wetlands*.

Souza et al. (2015) observaram redução significativa na turbidez após a passagem do efluente pela *wetlands*, bem como Oliveira et al. (2019) também avaliarem a mesma ETE nos anos seguintes (2016 e 2017).

Os valores finais de turbidez estão dentro do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 430/11, que permite até 40 UNT para águas classe 1 e até 100 UNT para águas classe 2 e 3 (Brasil, 2011).

Os resultados do nitrogênio total mostram uma contribuição de 33% após os primeiros tratamentos e 37% após passar pela desinfecção UV. O tanque de microalgas é responsável pela remoção da maior parte do NT presente no efluente (Torres et al., 2014), desta forma, o aumento significativo deste nutriente pode ter ocorrido pelo rompimento das células dos microrganismos presentes no efluente ao entrar em contato com a radiação UV (Souza et al. 2012; Pedroso et al., 2018).

O valor final de NT não atende ao padrão de lançamento sugerido pela Resolução CONAMA 357/05, entretanto é desejável ao reúso agrícola.

A remoção do COT, desde a entrada, com  $106 \text{ mg L}^{-1}$ , até a saída, com  $26,7 \text{ mg L}^{-1}$ , foi de 75%. Estes valores são justificados pela biodegradação da matéria orgânica presente no efluente.

O estudo realizado na mesma ETE por Cuba et al. (2015) indicou  $42,3 \text{ mg L}^{-1}$  de DBO, escapando assim dos limites permitidos pela legislação para águas classe 3 ( $<5 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Com relação aos coliformes totais e termotolerantes, encontrou-se, no efluente bruto, uma média de  $6,17 \times 10^7 \text{ NMP por } 100 \text{ mL}^{-1}$  e  $3,15 \times 10^6 \text{ NMP por } 100 \text{ mL}^{-1}$  respectivamente, indicando uma contaminação microbiológica desta água.

Após os primeiros tratamentos (A/UV) as quantidades diminuem para  $5,39 \times 10^6$  e  $3,53 \times 10^5 \text{ NMP por } 100 \text{ mL}^{-1}$  e, ao passar pela desinfecção UV, estas médias caem para  $7,63 \times 10^5$  e  $9 \times 10^4 \text{ NMP por } 100 \text{ mL}^{-1}$ .

Os primeiros tratamentos da ETE reduziram em 91,3% os CT e 88,3% os CTermo, enquanto só o esterilizador mostrou eliminação de 85,83% e 74,43%, respectivamente, da carga microbiana restante. Assim,

a estação de tratamento mostrou uma eficiência final de 98,8% para eliminação de CT e 97,2% para os CTermo.

Resultados similares foram encontrados por Mesquita et al. (2020) ao avaliarem a inativação de coliformes por lâmpadas UV em águas residuárias, observando remoção de 94,8% de CT e 95,6% de CTermo.

Embora a eficiência tenha sido expressiva, os valores finais não atingiram os níveis microbiológicos adequados para que possa ser considerada água de classe 1, 2 ou 3.

Segundo a Resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005), os limites máximos permitidos para que o efluente tratado possa ser utilizado no cultivo agrícola são de 200 coliformes termotolerantes a cada 100 mL de amostra de águas de classe 1; 1000 coliformes por 100 mL de amostra de águas de classe 2 (irrigação de hortaliças) e 4000 por 100 mL nas amostras de classe 3 (irrigação de frutíferas, jardins, etc).

Observou-se que a grande variação de inativação de microrganismos é causada pela quantidade e qualidade do efluente antes e depois do tratamento. A turbidez e a presença de sólidos reduzem a eficiência da radiação por não atingir inteiramente os microrganismos (Pedroso et al., 2018).

A absorvância relaciona-se tanto com as doses de radiação (Kovalski et al., 2020) como com a concentração de sólidos suspensos totais (SST), componentes orgânicos, inorgânicos e dissolvidos. Neste sentido, maiores valores de absorvância indicam maiores valores de SST e turbidez, o que implica em menor radiação e baixa eficiência de desinfecção (Pedroso et al., 2018).

Pequenas folhas e galhos provenientes do tratamento anterior (*wetlands*) foram encontrados nos dias em que o rendimento foi menor. Quando a água não apresentava sólidos e se caracterizava em menor turbidez, a inativação microbiológica era maior atingindo níveis de quase 98%.

Diferentes materiais orgânicos, inorgânicos e partículas biológicas podem causar a turbidez, impactando a inativação por meio de UV através de diferentes mecanismos, entre eles o espalhamento e absorção da luz UV incidente por estes materiais. Portanto, águas residuárias com valores de turbidez semelhantes podem apresentar potencial de inativação de UV diferente devido ao tipo e concentração desses materiais (Farrell et al., 2018).

Farrell et al. (2018), ao estudarem a relação de turbidez com a eficácia na inativação de microrganismos através de UV, observaram que a presença desses materiais responsáveis por causar a turbidez reduziu substancialmente a eficácia da inativação por UV de *E. coli*, principalmente compostos contendo Fe e ácidos húmicos.

Souza et al. (2012), em concordância com Hijnen et al. (2006), apontam que a eficiência da eliminação por radiação UV é alta quando comparada à ETE sem esse sistema, sendo capaz de inativar todos os microrganismos indicadores de contaminação presentes no efluente doméstico. Os valores de inativação encontrados podem ainda não ter sido o suficiente uma vez que a turbidez e a presença de sólidos podem ter prejudicado o alcance da radiação aos microrganismos presentes, interferindo no processo de inativação celular.

Sugere-se reduzir os compostos absorventes de UV antes da etapa de desinfecção, uma vez que estes compostos atenuam a incidência da radiação. Para isso, a instalação de um filtro de areia fina pode contribuir para a maior remoção destes materiais. Ou ainda, a retirada do tanque de microalgas, o qual promove a produção de material orgânico além de consumir nitrogênio, o que desfavorece o reúso agrícola.

Desta forma, a eliminação da carga microbiológica bem como a qualidade da água podem ser otimizadas através de um manejo mais adequado ao efluente em questão.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que o esterilizador ultravioleta apresentou uma eficiência de 83,1% na redução de *E. coli*, entretanto, a carga patogênica final não apresentou os padrões adequados ao reúso agrícola perante à legislação vigente.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, O.A., 2010. *Qualidade da água de irrigação*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 234 p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA & WATER ENVIRONMENT FEDERATION – WEF, 2012. *Standard Methods for examination of water and wastewater*. 22nd ed. Washington: APHA. 1360 p.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1993. [acesso em 10 maio 2020]. *NBR 7.229: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos* [online]. Rio de Janeiro: ABNT. Disponível em: [http://acquasana.com.br/legislacao/nbr\\_7229.pdf](http://acquasana.com.br/legislacao/nbr_7229.pdf).
- BRASIL, 2005 [acesso em 05 maio 2020]. 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, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil* [online], Brasília, 18 mar. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- BRASIL, 2006 [acesso em 06 maio 2020]. Resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil* [online], Brasília, 30 ago. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5956>
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2011 [acesso em 21 maio 2021]. Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil* [online], Brasília, 16 maio. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB, 2018 [acesso em 06 maio 2020]. *Fundamentos do Controle de Poluição das Águas* [online]. São Paulo: CETESB. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/11/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Polui%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%81guas-T3.pdf>
- Cuba, R.S., Carmo, J.R., Souza, C.F. & Bastos, R.G., 2015. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. *Revista Ambiente & Água*, vol. 10, no. 3, pp. 574-586. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1575>.
- Erthal, E.S. & Berticelli, R., 2018. Sustentabilidade: agricultura irrigada e seus impactos ambientais. *Ciência e Tecnologia*, vol. 2, no. 1, pp. 64-74.
- Farrell, C., Hassard, F., Jefferson, B., Leziart, T., Nocker, A. & Jarvis, P., 2018. Turbidity composition and the relationship with microbial attachment and UV inactivation efficacy. *The Science of the Total Environment*, vol. 624, pp. 638-647. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.173>. PMID:29272833.
- Feitosa, A.P., Batista, R.O., Lemos Filho, L.C.A. & Andrade Filho, J., 2017. Efeito da radiação ultravioleta artificial na inativação de coliformes totais e *coli* da água cinza tratada. In *Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC*, 2017, Belém. Novo Horizonte - BA: UEFS. pp. 1-5.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO, 2010. [acesso em 15 maio]. *Biodiversity for Food and Agriculture. Contributing to food security and sustainability in a changing world* [online]. Rome: FAO. Disponível em: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/biodiversity\\_paia/PAR-FAO-book\\_lr.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/biodiversity_paia/PAR-FAO-book_lr.pdf)
- HEXIS CIENTÍFICA, 2020 [acesso em 14 julho 2021]. *Microbiologia: Método NMP (Número Mais Provável)*. [online]. Jundiaí. Disponível em: [https://suporte.hexis.com.br/app/answers/answer\\_view/a\\_id/1027178/~microbiologia%3A-m%E3%A9todo-nmp-%28n%E3%BAmero-mais-prov%E3%A1vel%29-Hijnen, W.A.M., Beerendonk, E.F. & Medema, G.J., 2006. Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan \(oo\) cysts in water: a review. Water Research, vol. 40, no. 1, pp. 3-22. http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2005.10.030. PMID:16386286](https://suporte.hexis.com.br/app/answers/answer_view/a_id/1027178/~microbiologia%3A-m%E3%A9todo-nmp-%28n%E3%BAmero-mais-prov%E3%A1vel%29-Hijnen, W.A.M., Beerendonk, E.F. & Medema, G.J., 2006. Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo) cysts in water: a review. Water Research, vol. 40, no. 1, pp. 3-22. http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2005.10.030. PMID:16386286).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2020 [acesso em 28 junho 2020]. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – PNAD Contínua* [online]. Brasília: IBGE. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707_informativo.pdf)
- Kovalski, T., Pedroso, C. R., Beber De Souza, J. & Cavallini, G. S., 2020. Análise comparativa de técnicas de desinfecção em efluentes de ETE utilizando microrganismos indicadores. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica*, vol. 13,

no. 2, pp. 582-603. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.2.67778>.

Ludwig, R., Putti, F.F. & Brito, R.R., 2012. Revisão sistemática sobre o uso de efluentes na agricultura. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, vol. 8, no. 6, pp. 167-176. <http://dx.doi.org/10.17271/19800827862012313>.

Martínez, F. Z., Bravo, D. R., CARREÓN-ÁLVAREZ, A. & GUTIÉRREZ-LOMELÍ, M., 2015. Desinfección de águas residuales entres sistemas de humedales construídos híbridos. *Revista Interciência*, vol. 40, no. 6, pp. 409-415.

Mesquita, G.L.B., Fia, F.R.L. & Fialho, D.E.S., 2020. Inativação de coliformes por lâmpadas ultravioletas submersas em águas residuárias. *Tópicos em Ciências Agrárias*, vol. 4, pp. 24. <http://dx.doi.org/10.36229/978-85-7042-233-0.CAP.04>.

Montaño, M. & Kramer, C.R., 2018. Análise de riscos potenciais associados à desinfeção de efluentes: o caso da ETE SJRP (SP). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, vol. 23, no. 5, pp. 1001-1011. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018158247>.

Oliveira, A.A.S., Bastos, R.G. & Souza, C.F., 2019. Adaptation of domestic effluent for agricultural reuse by biological, physical treatment and disinfection by ultraviolet radiation. *Revista Ambiente & Água*, vol. 14, no. 2, pp. 1-10. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2292>.

Pedroso, C.R., Souza, J.B., Kovalski, T., Vidal, C.M.S. & Martins, K.G., 2018. Inativação de microrganismos indicadores de contaminação fecal por radiação ultravioleta e avaliação dos fenômenos de fotoreativação e recuperação no escuro. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, vol. 23,

no. 5, pp. 987-994. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018164557>.

PHILIPS, 2006. [acesso em 15 junho 2020]. *Ultraviolet purification application information* [online]. Netherlands: PHILIPS. Disponível em: <https://goo.gl/1vLPCa>

SODRAMAR, 2020 [acesso em 16 junho 2020]. *Desinfecção UVC para piscinas. Manual de instalação e utilização* [online]. Disponível em: [https://www.sodramar.com.br/downloads/manuais/tratamento-de-piscinas/manual\\_uvc.pdf](https://www.sodramar.com.br/downloads/manuais/tratamento-de-piscinas/manual_uvc.pdf)

Souza, C.F., Bastos, R.G., Gomes, M.P.M. & Pulschen, A.A., 2015. Eficiência de estação de tratamento de esgoto doméstico visando reúso agrícola. *Revista Ambiente & Água*, vol. 10, no. 3, pp. 587-597. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1549>.

Souza, J.B., Vidal, C.M.S., Cavallini, G.S., Quartaroli, L. & Marcon, L.R.C., 2012. Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfeção de esgoto sanitário. *Semina. Ciências Exatas e Tecnológicas*, vol. 33, no. 2, pp. 117-126. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0375.2012v33n2p117>.

Torres, H.S.J., Cassini, S.T.A. & Gonçalves, R.F., 2014. Isolamento, sobrevivência e caracterização da biomassa de microalgas cultivadas em efluente de tratamento de esgoto sanitário visando a produção de biocombustíveis. In: *Anais do IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental*, 2014, Porto Alegre. São Paulo: ABES, pp. 1-15.

Von Sperling, M., 1996. *Princípios básicos do tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte: UFMG. 211 p.