

## II-021 - AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DO EFLUENTE DE UMA ETE DESCENTRALIZADA, COM VISTAS AO REÚSO

**Ivete Vasconcelos Lopes Ferreira<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil e Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFPB (Campina Grande). Doutora em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Professora Titular do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas.

**Beatriz Melo Marques**

Graduanda de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Alagoas. Bolsista PIBIC/CNPq.

**Marcone Correia de Oliveira Lima Filho**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Alagoas. Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento (UFAL).

**Maria Victoria Oliveira Pereira Rego**

Graduanda de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Alagoas. Colaboradora PIBIC.

**José Fábio Felix de Novais**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Alagoas. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais do Instituto Federal de Alagoas, *Campus Marechal Deodoro*.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua dos Coqueiros, 31 – Condomínio Jardim do Horto I – Gruta de Lourdes – Maceió - AL - CEP: 57052-556 - Brasil - Tel: (82) 32141275 - e-mail: ivete.vlopes@outlook.com.

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efluente de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) descentralizada, em um empreendimento habitacional da cidade de Maceió, considerando os aspectos microbiológicos, especificamente o indicador de contaminação *Escherichia coli*, com vistas ao reúso. A metodologia consistiu na coleta de amostra do efluente do sistema experimental, caracterização microbiológica, e confronto com as diretrizes nacionais para o reúso de efluentes, quais sejam: a NBR 13969/1997 e o Manual sobre Conservação e Reúso da Água em Edificações do SINDUSCON (2005). Os resultados indicaram a baixa eficiência na inativação de *E. coli* na etapa de desinfecção, sendo de 99,58%. A concentração média de *E. coli*, indicador de contaminação fecal, no efluente  $5,67E+04$  UFC/100 mL. Este valor está muito acima dos limites estabelecidos pelas diretrizes nacionais bem como pela Organização Mundial da Saúde e pelas legislações dos Estados Unidos e da Austrália. O efluente avaliado não é indicado para usos urbanos e agrícolas, independentemente de ser restrito (contato controlado com a água de reúso ou alimentos não consumidos crus) ou irrestrito (contato com a água de forma direta ou alimentos consumidos crus). Para aumentar a eficiência do tratamento na etapa de desinfecção, na ETE avaliada, podem ser adotadas algumas medidas como: diminuição dos sólidos suspensos totais que chegam ao canal de desinfecção, com maior controle do tratamento à montante; limpeza das lâmpadas UV; e aumento da dose de radiação UV.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicadores microbiológicos; *E.coli*; Reúso; Desinfecção.

### INTRODUÇÃO

O reúso de efluentes domésticos tem sido colocado em diversos países como uma alternativa à crise hídrica. A prática busca, por meio da reutilização de água para finalidades não potáveis, promover uma diminuição da captação nos mananciais, assim como das vazões de efluentes de esgotamento depositadas nos corpos receptores, contribuindo para a conservação de recursos hídricos. A reutilização de água, portanto, é parte integrante da gestão sustentável dos recursos hídricos na medida em que permite que a água permaneça no ambiente e seja preservada para usos futuros, enquanto cumpre os requisitos de água do presente (GONÇALVES; JORDÃO, 2006; USEPA, 2012).

Do ponto de vista de infraestrutura de sistemas com reutilização de água para fins não potáveis, Otterpohl (2001) propôs um sistema descentralizado ou local para que as águas sejam tratadas e utilizadas em escala residencial. Hespanhol (2002) afirmou que a dificuldade para o reúso de forma centralizada deve-se à

necessidade de maiores investimentos para sistemas duplos de distribuição e aos riscos potenciais de ocorrências de conexões cruzadas.

O reúso urbano de esgoto doméstico deve ser, prioritariamente, para “fins menos nobres”, ou que não exijam qualidade de água potável, por motivos de segurança à saúde pública. Como exemplo de usos não potáveis é possível citar: irrigação de gramados, parques e jardins, lavagem de pisos, ruas e veículos automotivos, descarga de vasos sanitários, reserva de proteção contra incêndios, dentre outros (COSTA, 2007; BREGA FILHO; MANCUSO, 2003).

A maior barreira para o reúso de efluentes são os riscos de contaminação microbiológica pelo contato do usuário durante a atividade de reúso de água. Logo, a determinação dos microrganismos presentes e suas concentrações na água de reúso são fundamentais para evitar a disseminação de doenças de veiculação hídrica. A presença de *E. coli* ou outros organismos entéricos são indicadores de vários patógenos como *Salmonella*, *Shigella* e vírus entéricos como rotavírus, adenovírus e echovírus (ROSE et al., 1991).

No Brasil não há legislação, em nível nacional, específica sobre padrões de qualidade microbiológica para águas de reúso. Assim, tem-se utilizado como referências a NBR 13.969/1997 (ABNT, 1997) e o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (SINDUSCON, 2005), que, muitas vezes apresentam padrões conservadores de qualidade microbiológica, o que restringe a prática do reúso de efluentes no país.

Diante do que foi exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efluente de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) descentralizada, em empreendimento habitacional da cidade de Maceió, considerando os aspectos microbiológicos, com finalidade de reúso, à luz de diretrizes brasileiras sobre o reúso de efluentes.

## MATERIAL E MÉTODOS

### • Descrição do sistema experimental

O sistema avaliado foi uma Estação de Tratamento de Esgotos domésticos (ETE) de um condomínio residencial de classe média da cidade de Maceió, Alagoas, Brasil. A ETE apresenta a seguinte configuração: um reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors*), seguido de um filtro biológico percolador e desinfecção com radiação UV. A etapa de desinfecção consiste em lâmpadas UV posicionadas acima da superfície de escoamento, sem contato com o esgoto (Figura 1).

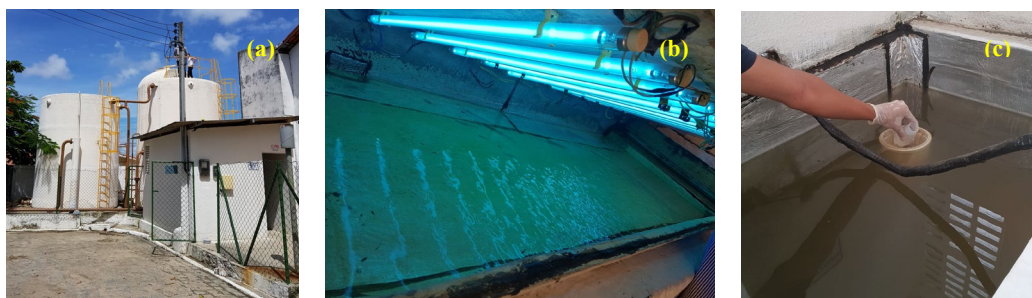


Figura 1: Sistema experimental: (a) aspecto geral da ETE; (b) sistema de desinfecção com luz UV e (c) efluente final.

Fonte: Autores, 2019

### • Caracterização microbiológica dos efluentes

Para a quantificação do indicador microbiológico de contaminação fecal (*E. coli*), foi utilizada a técnica da filtração em membrana, com uso de meio de cultura com substrato cromogênico (Chromocult® Coliform Agar – Merck). A contagem de *E. coli* foi expressa em UFC (Unidades Formadoras de Colônias)/100 mL.

### • Comparação dos resultados com os padrões de referência

Os resultados obtidos a partir da caracterização microbiológica do efluente final foi confrontado com diretrizes brasileiras sobre reúso de efluentes (Tabela 1), a saber: NBR 13969/1997 (ABNT, 1997) e o Manual de

Conservação e Reúso de Águas (SINDUSCON, 2005). Ressalta-se que *E. coli*, microrganismo utilizado como indicador de contaminação, é o principal representante dos coliformes termotolerantes indicados na Tabela 1.

**Tabela 1: Padrões de qualidade microbiológica para água de reúso.**

Reúso não potáveis	NBR 13969/97	SINDUSCON 2005
	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	
Lavagem de veículos	< 200	Não detectáveis
Lavagem de pisos	< 500	Não detectáveis
Descarga de vasos sanitários	< 500	Não detectáveis
Irrigação de jardim	< 500	≤ 200
Construção civil	-	≤ 1000
Agricultura	<5000	-

NMP: Número Mais Provável.

Fonte: Adaptada de ABNT (1997) e SINDUSCON (2005).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 2 estão indicados os resultados da caracterização do efluente do sistema experimental. Foram coletadas amostras do esgoto bruto, do afluente da desinfecção e do efluente final, para efeito da caracterização microbiológica em todas as fases do tratamento.

**Tabela 2: Resultados dos exames microbiológicos dos sistemas experimentais.**

Amostras	<i>E. coli</i> (UFC/100 mL)		
	Esgoto Bruto	Antes da desinfecção	Depois da desinfecção
1	NR	2,20E+07	2,00E+03
2	NR	5,40E+07	6,00E+03
3	1,40E+09	1,00E+06	4,00E+04
4	2,00E+07	3,00E+06	1,00E+03
5	NR	1,00E+06	1,00E+03
6	1,20E+06	5,00E+05	2,90E+05
<b>Média</b>	<b>4,74E+08</b>	<b>1,36E+07</b>	<b>5,67E+04</b>

UFC: Unidades Formadoras de Colônias

NR: Não realizado

Os resultados indicaram a baixa eficiência na inativação de *E. coli* na etapa de desinfecção, 99,58%, ou 2,38 logs. Por outro lado, a eficiência global da ETE foi de 99,98%, ou seja, redução de 3,22 logs, ainda insuficiente para os reúso propostos pela NBR 13.969/97 e SINDUSCON (2005) listados na Tabela 1.

Considerando a grande densidade de microrganismos a serem inativados no esgoto bruto, a eficiência de remoção para diversas atividades de reúso deve superar a eficiência da ETE avaliada. Segundo Gonçalves et al. (2003), se for considerado que a concentração de coliformes de origem fecal (*E. coli*) no esgoto doméstico bruto é da ordem de  $10^7$  NMP/100 mL, a redução necessária para atingir um padrão de reúso agrícola (efluente com  $10^3$  NMP/100 mL) é 4 logs, ou 99,99%. No caso em estudo, sendo a concentração de *E. coli* no esgoto bruto da ordem de  $4,74 \times 10^8/100$  mL, a eficiência global da ETE deveria ser em torno de 5,67 logs, enquanto na etapa de desinfecção deveria ser de 4,13 logs de remoção.

Dentre as tecnologias de desinfecção de efluentes, a utilização da radiação ultravioleta (UV) mostra-se muito competitiva com a cloração/descloração. O mecanismo primário da inativação de microrganismos por luz UV consiste no dano direto aos ácidos nucléicos celulares (GONÇALVES et al., 2003).

Foram muitos os avanços no emprego de radiação UV para desinfecção em ETEs descentralizadas. A principal vantagem dessa tecnologia é a ausência de produtos químicos ou aditivos. Também não há geração

de subprodutos da desinfecção, como ocorre na cloração (SANTOS et al., 2019). Entretanto, os autores relatam dificuldades na obtenção de um efluente clarificado de sistemas biológicos de tratamento de esgotos, como é o caso da ETE aqui avaliada.

A presença de sólidos suspensos e dissolvidos reduz a intensidade de radiação UV quando esta atravessa a lâmina líquida (DANIEL et al., 2001), sendo esse um fator limitante para a utilização dessa tecnologia. Ainda, segundo Daniel et al. (2001), partículas em suspensão podem servir de proteção física aos microrganismos evitando que a radiação incidente atinja o alvo. Neste sentido, a eficiência do processo depende da qualidade do efluente em termos de turbidez, concentração de sólidos e matéria orgânica em suspensão ou coloidal.

A baixa qualidade dos efluentes exigem maiores doses de radiação UV. Quanto pior a qualidade do efluente, maiores serão as doses de radiação resultando em um maior consumo de energia. Santos et al. (2019) destacam que efluentes com 40 mg/L de sólidos suspensos totais (SST) respondem bem à desinfecção com radiação UV.

Na Tabela 3 estão indicados os padrões de referência de indicadores de contaminação permitidos para reúsos urbanos e agrícolas nas diretrizes nacionais, NBR 13969/1997 (ABNT, 1997) e Manual de Conservação e Reúso de Águas (SINDUSCON, 2005), pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 2006) e pelas legislações dos Estados Unidos e da Austrália.

**Tabela 3: Padrões de qualidade microbiológica para água de reúso.**

Uso	Valores de referência para microrganismos indicadores				
	NBR 13.969/1997	SINDUSCON (2005)	USEPA (2012)	WHO (2006)	AUSTRÁLIA (2006)
<b>Urbano</b>	Coliformes termotolerantes NMP/100 mL				<i>E. coli</i> (UFC/100 mL)
Restrito	< 500	< 200	< 200	< 1000	< 100
Irrestrito	< 200	< 200	ND	< 200	< 1
<b>Agrícola</b>					
Restrito	< 5000	-	< 200	-	< 100
Irrestrito	-	< 100	ND	< 1000	< 1

Fonte: Adaptada de AUSTRALIAN GUIDELINES FOR WATER RECYCLING (2006); WHO (2006); USEPA (2012); SINDUSCON (2005); ABNT (1997).

Conforme observado na Tabela 1, a densidade média de *E. coli*, principal representante dos coliformes termotolerantes, no efluente final foi igual a  $5,67 \times 10^4$  UFC/100 mL, e está muito acima dos limites estabelecidos pelas diretrizes nacionais bem como pela OMS e pelas legislações dos Estados Unidos e da Austrália. Portanto, este efluente não é indicado aos usos urbanos e agrícolas, independentemente de ser restrito (contato controlado com a água de reúso ou alimentos não consumidos crus) ou irrestrito (contato com a água de forma direta ou alimentos consumidos crus).

Uma vez que foi constatada a baixa eficiência na desinfecção por luz UV na ETE, inviabilizando o reúso imediato do efluente, sugere-se adotar algumas medidas para aumentar a inativação de microrganismos como: (i) a limpeza das lâmpadas de radiação UV; (ii) limpeza dos canais uma vez que pode haver ressuspensão de sólidos depositados no fundo; (iii) avaliação dos efluentes dos filtros percoladores com relação à quantidade de sólidos suspensos, ou seja, maior controle do tratamento à montante da unidade de desinfecção; (iv) aumento da dose de radiação ultravioleta (produto da intensidade de radiação pelo tempo de exposição), seja pelo aumento do tempo de contato da radiação UV com o efluente ou aumento do tempo de detenção no canal de desinfecção, seja pelo aumento do número de lâmpadas UV provocando uma maior intensidade de radiação.

## CONCLUSÕES

O efluente final da ETE não está apto para reúso imediato, pois não atende aos parâmetros microbiológicos estabelecidos pela NBR 13.969/1997 e pelo SINDUSCON (2005), que controlam o reúso de efluentes no Brasil, na falta de legislação ou norma abrangência nacional específica.

O sistema experimental avaliado apresenta baixa eficiência na inativação de microrganismos indicadores de contaminação, embora contemple a etapa de desinfecção com radiação UV. Essa baixa eficiência da desinfecção pode estar relacionada às características físicas do efluente dos filtros biológicos, como a presença de sólidos e turbidez.

Para aumentar a eficiência do tratamento na etapa de desinfecção, podem ser adotadas algumas medidas como: diminuição dos sólidos suspensos totais que chegam ao canal de desinfecção, com maior controle do tratamento à montante; limpeza das lâmpadas UV; limpeza do canal de desinfecção e/ou aumento da dose de radiação UV.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 13.969: Tanques Sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
2. AUSTRALIAN GUIDELINES FOR WATER RECYCLING: Managing Health and Environmental Risks (Phase1). Natural Resource Management Ministerial Council Environment Protection and Heritage Council Australian Health Ministers Conference, Editing by Biotext Pty Ltd, Canberra, 2006.
3. BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso da água. In: Reúso de água. Cap. 2. Pedro Caetano Sanches Mancuso e Hilton Felício dos Santos (Editores). 2003.
4. COSTA, R. H. P. G. Reúso. Cap. 7. In: Reúso da água, conceitos, teorias e práticas. Dieceu D Álkimin Telles e Regina Helena Pacca Guimarães Costa (coord.). 1ª Edição, São Paulo: Editora Blücher. 2007.
5. DANIEL, L. A. (Coord.). *Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável*. Rio de Janeiro: RiMa, 2001.
6. GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P. Cap. 1 – Introdução. In: Uso Racional da Água em Edificações. Ricardo Franci Gonçalves (Coord.). Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
7. GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P.; ALÉM SOBRINHO, P. In: Desinfecção de efluentes sanitários / Ricardo Franci Gonçalves (Coord.). Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003.
8. HESPANHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. v.7 n.4 Out/Dez 2002, 75-95.
9. OTTERPOHL, R. Black, brown, yellow, grey- the new colors of sanitation. *Water 21*. p. 37-41, out. 2001.
10. ROSE, J. B., SUN, G. S., GERBA, C. P.; SINCLAIR, N. A. Microbial quality and persistence of enteric pathogens in graywater from various household sources. *Water Research*, vol. 25, no.1, p. 37-42. 1991.
11. SANTOS, A. B.; CHERNICHARO, C. A. L.; LAPOLLI, F. R.; VON SPERLING, M.; KATO, M. T.; PIVELI, R. P.; RIBEIRO, T. B. Cap. 4 – Tecnologias de tratamento de correntes de esgotos não segregadas aplicadas a empreendimentos habitacionais. In: Caracterização, Tratamento e Gerenciamento de Subprodutos de Correntes de Esgotos Segregadas e Não Segregadas em Empreendimentos Habitacionais. André Bezerra dos Santos (Organizador). Fortaleza: Imprece, 2019.
12. SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SINDUSCON, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. Conservação e reúso da água em edificações. Prol Editora Gráfica: São Paulo, 2005. ABNT (1997)
13. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. *Guidelines for Water Reuse*. Washington, D.C. September, 2012.
14. WHO. *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater*. v. 2, 3 ed. Geneva, 2006. 668p.