



DESINFECÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO PROVENIENTE DE TANQUE SÉPTICO COM USO DO ULTRASSOM

Raphael Corrêa Medeiros⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental (UFV), mestre e doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento (USP-São Carlos). Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Maria – campus Frederico Westphalen, no Departamento de Engenharia e Tecnologia Ambiental.

Joseane Sarmento Lazarotto⁽²⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Maria – campus Frederico Westphalen.

Fernanda Volpatto⁽³⁾

Química (UPF) com mestrado em Química pela Universidade Federal de Santa Maria.

Endereço⁽¹⁾: Linha 7 de Setembro s/n, BR 386, km 40, Departamento de Engenharia e Tecnologia Ambiental UFSM – Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul - CEP: 98400-000 - Brasil - Tel: +55 (55) 3744-0600 – Ramal 740- e-mail: medeiroscg@yahoo.com.br.

RESUMO

As Estações de tratamento de esgoto são dimensionadas prioritariamente para a remoção de material orgânico (DBO e DQO). Com raras exceções, o tratamento biológico secundário não consegue eliminar de maneira eficiente micro-organismos indicadores e patogênicos e, portanto, necessitam de unidades específicas para a desinfecção, a qual se torna barreira imprescindível para diminuição de risco à saúde pública. Neste contexto, o Ultrassom, através de mecanismos químicos, físicos, mecânicos e combinados, pode ser uma ótima alternativa. O presente trabalho objetivou estudar o ultrassom como desinfetante alternativo, a partir de duas frequências diferentes, 25 e 40 KHz, de esgoto doméstico previamente tratado por processo anaeróbio. Verificou-se que a inativação de coliformes totais e *Escherichia coli* esteve diretamente relacionada ao tempo de contato, com até 90% de inativação. Possivelmente as características do efluente possam ter prejudicado o uso deste desinfetante.

PALAVRAS-CHAVE: Cavitação; Efluente doméstico; Inativação.

INTRODUÇÃO

O saneamento seria a intervenção efetiva para a prevenção de infecções intestinais por patógenos, pois há uma associação indissociável entre água, saneamento e higiene com doenças tropicais negligenciadas (SPEICH et al., 2016). Essa assertiva reflete, com maior percepção, o tamanho do desafio para o Brasil, que possui apenas 50,3% de coleta e 42,7% de tratamento de todo o esgoto gerado no país (SNIS, 2017).

As Estações de Tratamento de Águas Residuárias (ETAR) foram primariamente dimensionadas para remoção de carga orgânica, sólidos, nitrogênio e fósforo, com menor atenção à questão microbiológica (KOKKINOS et al., 2015). Somam-se a isso, as altas concentrações de organismos patogênicos, mesmo em efluentes tratados, o que justifica a necessidade do processo de desinfecção, antes do despejo em corpos receptores e até mesmo para reuso futuro (ANTONIADIS et al., 2007; ZHOU et al., 2016).

No Brasil, a maioria das estações de tratamento de efluente não apresentam instalações para a realização da desinfecção e, quando presentes, o processo mais frequentemente empregado é o da cloração. No entanto, estudos indicam que a utilização de compostos clorados pode ser responsável pela formação de subprodutos organoclorados, que devem ser controlados para que não representem risco à saúde da população e à vida aquática (ZHOU et al., 2016).

Entre as formas alternativas para a desinfecção, há o ultrassom, o qual já possui inúmeros resultados em áreas biológicas e que, aos poucos, vem sendo estudado na área da engenharia e tecnologia. Normalmente, frequências acima de 20.000 Hz ocasionam o fenômeno de cavitação, nucleação, crescimento e colapso de bolhas, com consequente liberação de energia.



O processo se baseia em perturbações no líquido que podem combinar em efeitos: mecânicos (turbulência, correntes de circulação e tensão de cisalhamento); químicos (geração de radicais livres); físicos (condições de elevadas temperatura e pressão); efeitos combinados (quando utilizado em combinação com tratamentos químicos, como cloro, peróxido de hidrogênio ou ozônio, por exemplo) nos quais um grande gradiente de pressão intensifica a penetração de oxidantes químicos através a membrana celular microbiana) (BELLO, 2003; GOGATE e KABADI, 2009).

Em razão do exposto, a ação desinfetante se processa com: ruptura da membrana celular, extravasamento do conteúdo celular, bem como a formação de radicais livres e peróxido de hidrogênio (BELLO, 2003; MAHAMUNI e ADEWUYI, 2010).

Devido aos dois últimos casos, o ultrassom vem sendo cada vez mais utilizado como processo oxidativo avançado para o tratamento de águas residuárias (MAHAMUNI e ADEWUYI, 2010). No entanto, no Brasil, ainda são incipientes os estudos no tratamento de água e águas residuárias.

OBJETIVO

O trabalho teve o objetivo de realizar ensaios de desinfecção de efluente doméstico com o ultrassom, em duas frequências, em diferentes tempos de contato, e verificar a inativação de coliformes totais e *Escherichia coli* e seus efeitos em algumas variáveis físico-químicas.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de efluente foram coletadas após o tratamento anaeróbio promovido pelo tanque séptico que trata o esgoto de 36 alunos, residentes em uma casa de estudantes universitários. Para cada ensaio, foram coletados aproximadamente 5 litros de efluente em um galão, previamente lavado e desinfetado. No momento de chegada ao laboratório, eram medidos temperatura e pH do efluente.

Os ensaios foram realizados em triplicata, em dois aparelhos de ultrassom: um com frequência de 25 KHz, modelo USC 2580 e outro de 40 KHz, modelo USC 1600, ambos da marca UNIQUE®.

Em um béquer de 1 litro de capacidade, foram alocados 500 mL de efluente, para então ser exposto ao ultrassom por: 20, 40, 60 e 80 minutos. Em cada tempo de contato, foram retiradas alíquotas para determinação de: pH, temperatura, DQO, DQO filtrada (filtro Whatman® de 8 µm de porosidade), turbidez, coliformes totais e *E. coli*, seguindo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et al., 2005).

A eficiência de inativação dos micro-organismos foi calculada pela fórmula: $-\log(N/N_0)$. Onde N_0 é número de micro-organismos presentes no esgoto antes da desinfecção e N , o número de micro-organismos após a desinfecção em um tempo “t”.

A análise estatística foi executada através da ANOVA, e as diferenças significativas ($p < 0,05$) foram verificadas com o teste “t”, utilizando o software Excel®. O intuito foi avaliar a influência da frequência do ultrassom e o tempo de contato na inativação dos micro-organismos, bem como verificar se eles apresentaram decaimento semelhante.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Algumas características do esgoto proveniente do tanque séptico e utilizado nos ensaios de desinfecção podem ser visualizadas na tabela 1.

Ao ser aplicada a frequência de 25 KHz, ocorreu diminuição na concentração dos dois micro-organismos indicadores, de aproximadamente 1 log (90%), no tempo de 80 minutos de irradiação, como pode ser verificado na figura 1.



Tabela 1: Características físico-químicas do esgoto proveniente do tanque séptico e utilização nos ensaios de desinfecção com ultrassom.

| PARÂMETRO | MÉDIA ± DESVIO PADRÃO |
|------------------------------------|-----------------------|
| pH | 8,22 ± 0,07 |
| Temperatura (°C) | 22,6 ± 2,1 |
| Turbidez (UNT) | 199 ± 18 |
| DQO (mg.L ⁻¹) | 559 ± 14 |
| DQO filtrada (mg.L ⁻¹) | 211 ± 31 |

Este efeito do tempo corrobora com BELLO (2003) e BLUME e NEIS (2002), que dissertam que a porcentagem de morte dos organismos analisados, bem como os níveis de alterações nas estruturas moleculares, aumenta com o tempo de duração da exposição ao ultrassom.

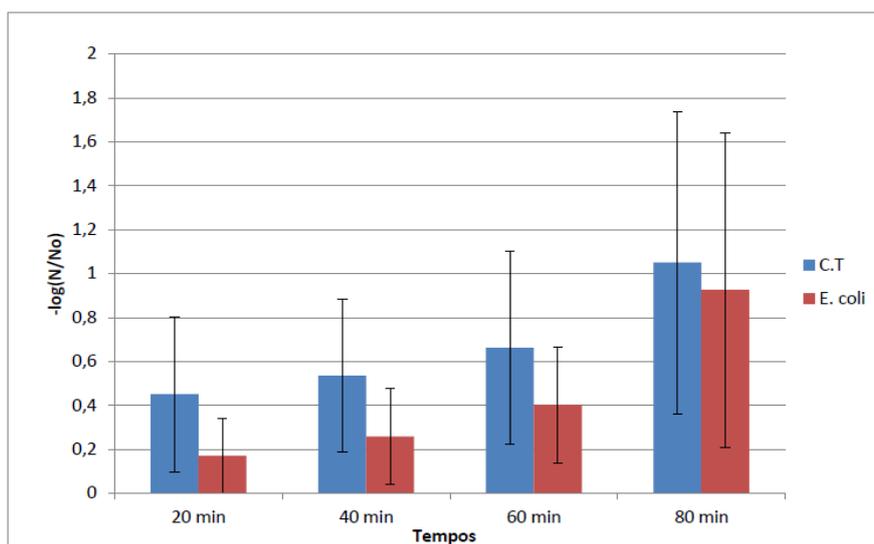


Figura 1: Efeito das doses de radiação US 25 KHz na inativação de coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (*E. coli*), presentes no esgoto proveniente de tanque séptico.

Não houve diferença significativa em relação ao tempo de contato e ao tipo de micro-organismo estudado, devido aos elevados valores de desvio padrão (Teste t, $p > 0,05$).

De forma similar, o efeito da aplicação das ondas ultrassônicas de 40 KHz, nos mesmos quatro tempos pré-definidos, sobre o efluente, não apresentou variações significativas entre elas. Genericamente, também ocorreu diminuição próxima a 1 log para coliformes totais, após 80 minutos de submissão ao ultrassom (Figura 2).

BELLO (2003) relaciona que, além do tempo de exposição ao ultrassom, também a frequência, aos quais os micro-organismos são submetidos, influencia na inativação. Entretanto, esta avaliação não se mostrou distinta significativamente. ANTONIADIS et al. (2007) também relatam que quanto maior a frequência e tempo de contato, maior a inativação.

Os resultados encontrados estão próximos aos de ANTONIADIS et al. (2007), para efluente de tanque séptico, e HULSMANS et al. (2010). Esses autores citam algumas variáveis influenciadoras do processo de desinfecção com ultrassom: volume e vazão aplicada; potência do aparelho relacionada com a energia desprendida; matriz (água, efluente bruto ou tratado); operação da unidade de tratamento (batelada ou contínuo); bem como a concentração microbiana inicial.

Alguns autores citam o uso do ultrassom como pré-tratamento a fim de melhorar a desinfecção posterior, devido ao efeito sinérgico com: dióxido de cloro (AYYILDIZ et al., 2011); radiação ultravioleta (ZHOU et al., 2015); hipoclorito de sódio (ZHOU et al., 2016).

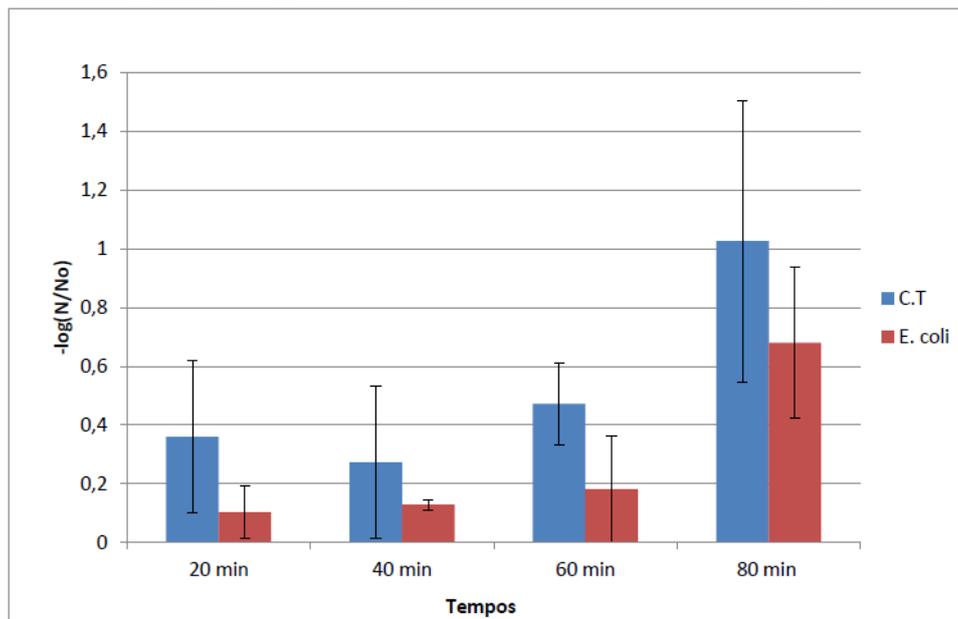


Figura 2: Efeito das doses de radiação US 40 KHz na inativação de coliformes totais e *Escherichia coli*, presentes no esgoto proveniente de tanque séptico

À medida que se analisa as variáveis físico-químicas, espera-se que o ultrassom consiga quebrar alguns compostos orgânicos, com posterior diminuição da turbidez e aumento da DQO filtrada dos efluentes desinfetados, vindo a facilitar a utilização de um desinfetante secundário.

CONCLUSÃO

Apesar da baixa qualidade do efluente, com elevadas turbidez e concentrações de DQO, a aplicação do ultrassom apresentou efeitos positivos no intuito de inativar micro-organismos indicadores.

O maior tempo de exposição ao ultrassom apresentou maior poder desinfetante, alcançando 90% de inativação. De forma geral, os coliformes totais foram menos resistentes em comparação com a *E.coli*, apesar de não apresentar diferença estatística.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANTONIADIS, A., POULIOS, I., NIKOLAKAKI, E., MANTZAVINOS, D. Sonochemical disinfection of municipal wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, v. 146, p. 492-495. 2007.
2. APHA, WEF, AWWA. *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*. 21st edition. 2005.
3. AYYILDIZ, O.; SANIK, S.; ILERI, B. Effect of ultrasonic pretreatment on chlorine dioxide disinfection efficiency. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.18, p. 683-688. 2011.
4. BELLO, A.R.C. Estudo da eficiência das ondas de ultra-som em relação ao hipoclorito de sódio e à filtração adsorção na eliminação de microrganismos em estação de tratamento de água. Rio Claro, 2003. Dissertação de mestrado - Instituto de Biociências - Universidade Estadual Júlio Mesquita Filho, UNESP, 2003.
5. BLUME, T.; NEIS, U. Combined wastewater disinfection using ultrasound. *IWA World Water Congress*. Melbourne, Australia. 2002.
6. GOGATE, P.R.; KABADI, A. M. A review of applications of cavitation in biochemical engineering/biotechnology. *Biochemical Engineering Journal*, v. 44, p. 60-72. 2009.
7. HULSMANS, A., JORIS, K., LAMBERT, N., REDIEERS, H., DECLERCK, P., DELAEDT, Y., OLLEVIER, F., LIERS, S. Evaluation of process parameters of ultrasonic treatment of bacterial suspensions in a pilot scale water disinfection system. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.17, p. 1004-1009. 2010.



8. KOKKINOS, P., MANDILARA, G., NIKOLAIDOU, A., VELEGRAKI, A., THEODORATOS, P., KAMPA, D., BLOUGOURA, A., CHRISTOPOULOU, A., SMETI, E., KAMIZOULIS, G., VANTARAKIS, A., MAVRIDOU, A. Performance of three small-scale wastewater treatment plants. A challenge for possible reuse. *Environmental Science Pollution Research International*, v.22, p. 17744-17752. 2015.
9. MAHANUNI, N.N., ADEWUYI, Y.G. Advanced oxidation process (AOPs) involving ultrasound for waste water treatment: A review with emphasis on cost estimation. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.17, p. 990-1003. 2010.
10. SNIS (2017) Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto - 2015. Brasília. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.
11. SPEICH, B., CROLL, D., FÜRST, T., UTZINGER, J., KEISER, J. Effect of sanitation and water treatment on intestinal protozoa infection: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infectious Diseases*, v.16, p. 87-99. 2016.
12. ZHOU, X., GUO, H., LI, Z., ZHAO, J., YUN, Y. Experimental study on the disinfection efficiencies of a continuous-flow ultrasound/ultravioleta baffled reactor. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.27, p. 81-86. 2015.
13. ZHOU, X., ZHAO, J., LI, Z., SONG, J., LI, X., YANG, X., WANG, D. Enhancement effects of ultrasound on secondary wastewater effluent disinfection by sodium hypochlorite and disinfection by-products analysis. *Ultrasonics Sonochemistry*, v.29, p. 60-66. 2016.