

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA TRATADA COM OZÔNIO PARA FINS DE IRRIGAÇÃO**DENISE SALVADOR DE SOUZA¹, HENRIQUE VIEIRA DE MENDONÇA²**

¹Graduanda em engenharia agrícola e ambiental, UFRRJ, Seropédica-RJ, Fone:(24) 99825-7212, denise.souza997@outlook.com

²Prof. Doutor, Departamento de Engenharia-UFRRJ, Seropédica-RJ, Fone:(21)2682-1864

Apresentado no XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020 23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: Neste trabalho o ozônio foi aplicado à concentração de 7 mg L⁻¹ (±1), em água residuária da bovinocultura (ARB) previamente tratada em reator UASB. Três tempos de ozonização foram testados: T₁ = 1h, T₂ = 1,5h e T₃ = 2h. Valores de pH aumentaram com o tempo de contato gás/líquido. A eficiência na remoção de cor e turbidez foram superiores a 80%. Sólidos totais a sólidos suspensos totais foram removidos em 65,7 a 93,5%. A condutividade elétrica não variou significativamente entre os tratamentos (p ≥ 0,05). Em relação à presença de cátions como Na⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ foi verificado pouca alteração em relação à água residuária antes da ozonização. A razão de adsorção de sódio (RAS) calculada para T₃ obteve valor de 3,3 apresentando baixo risco de salinização do solo. Foram removidas relevantes concentrações de compostos nitrogenados, no entanto os compostos fosfatados a eficiência foi baixa, podendo favorecer solos pobres em fósforo. A remoção de coliformes foi de 99% em todos os tratamentos, entretanto, para fins de irrigação de culturas ingeridas cruas, somente é recomendada aplicação da ARB ozonizada em T₃. Assim sendo, o objetivo desta pesquisa foi aplicar ozônio à ARB previamente tratada por reator UASB e verificar a qualidade da água para fins de irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: reuso, ozonização, desinfecção

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF CATTLE WASTEWATER TREATED WITH OZONE FOR IRRIGATION

ABSTRACT: In this work, ozone was applied at a concentration of 7 mg L⁻¹ (±1), in cattle wastewater (CWW) previously treated by UASB reactor. Three ozonation times were tested: T₁ = 1h, T₂ = 1.5h and T₃ = 2h. The pH values increased with the time contact gas/liquid. The efficiency in removing color and turbidity was over 80%. Total solids to suspended solids were removed in 65.7 to 93.5%. The electrical conductivity did not vary significantly between treatments (p ≥ 0.05). Regarding the presence of cations such as Na⁺, Ca²⁺ and Mg²⁺, there was little change in relation to wastewater before ozonation. The sodium adsorption ratio (RAS) calculated for T₃ obtained a value of 3.3, presenting a low risk of soil salinization. Relevant concentrations of nitrogenous compounds were removed, however the phosphate compounds had a low efficiency, which may favor soils poor in phosphorus. The removal of coliforms was 99% in all treatments, however, for the purpose of irrigating raw ingested

cultures, only application of ozonized T₃ ARB is recommended. Therefore, the objective of this research was to apply ozone to the ARB with preliminary treatment in UASB reactor and to verify the water quality for irrigation purposes.

KEYWORDS: reuse, ozonation, disinfection

INTRODUÇÃO: A quantidade de dejetos gerados pelos sistemas de manejo intensivo da bovinocultura gera preocupações com o meio ambiente. Para exemplificar, um *free stall* com 1.000 animais confinados pode gerar uma carga orgânica média que equivalente a 13.890 pessoas (MENDONÇA et al., 2016; MENDONÇA et al., 2017). Portanto é uma atividade com um grande potencial poluidor e necessita de visibilidade na área de tratamento. O tratamento como ozônio é uma alternativa eficaz já que é um forte agente oxidante ($E^\circ \approx 2,1$ V) e consegue minimizar a concentração de diversos compostos orgânicos e inorgânicos (MAHMOUD & FREIRE, 2007).

O pós-tratamento com ozônio em outros tipos de águas residuárias como de lixiviado de aterro sanitário, efluente têxtil, indústria papeleira, indústria farmacêutica, derivado da azeitona, efluentes contendo pesticidas/herbicidas, dentre outros (OLLER et al., 2010; MARCELINO et al., 2016), já foi testado apresentando bons resultados. Não há relatos na literatura sobre o uso de ozônio para tratamento da água ARB pré-tratada anaerobiamente por reator do tipo UASB. Dado o exposto, o objetivo desta pesquisa foi aplicar ozônio à ARB anaerobiamente digerida e verificar a qualidade da água tratada para fins de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado com a água residuária de bovinocultura (ARB), coletada na “Fazendinha Agroecológica” (coordenadas: 22° 45’ 21” S; 43° 40’ 28” W), Seropédica-RJ. Antes do tratamento com ozônio a ARB passou por sistema de remoção de sólidos (decantador) e reator UASB (tempo de retenção hidráulica de 7 dias). O experimento foi realizado em escala de bancada utilizando um reator de coluna com leito fixo (DE SOUZA et al., 2020). Para aplicação do ozônio foi utilizado um gerador de O₃ (Ozone Generation, GL-3189A, China), sendo a vazão de ozônio foi de 1 L min⁻¹ com 90% (± 2) de pureza e concentração média de 7 mg L⁻¹ (± 1). A concentração de ozônio aplicada foi determinada pelo método iodométrico por titulação indireta (CLESCERL et al., 2000). O reator foi preenchido com meio plástico (*bioring*) para proporcionar maior tempo de contato do ozônio com a ARB, além disso, a parte superior do reator foi tampada com algodão visando aderir partículas flotas. No fundo do reator foi adicionado um difusor (porosidade de 20 μ m) conectado a máquina de ozônio. A ARB foi exposta a diferentes tempos de contato com o O₃: T₁: 1h, T₂: 1,5h e T₃: 2h, em conformidade com DE SOUZA et al., (2020). Após os tratamentos a ARB ozonizada foi analisada e os resultados discutidos em termos de seu uso para fins de irrigação. Para verificar diferenças significativas entre as médias dos tratamentos foi utilizado o teste de Tukey à 95% de confiança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O pH aumentou no decorrer dos tratamentos (Tabela 1). Em relação a influência do pH sobre aplicação no solo para fins de irrigação, é perceptível que não haveria problemas de acidificação do solo, visto que as faixas de pH em todos tratamentos mantiveram-se próximas ou acima da neutralidade. Ocorreu remoção de sólidos totais (ST) sendo que de T₂ para T₃ houve baixa diferença de remoção, estatisticamente os tratamentos T₂ e T₃ não apresentaram diferenças significativas entre as médias ($p \geq 0,05$). Segundo MARCELINO et al., (2016), o ozônio destrói as partículas sólidas da matéria orgânica principalmente no início da reação, o que explica também a relevante redução da turbidez. No experimento foi observado que houve arraste de partículas pelo gás O₃ para o algodão posicionado na parte superior do reator. Quanto à qualidade da ARB ozonizada para

fins de irrigação, foi verificado que nos tratamentos, os valores de ST são muito próximos aos valores encontrados em águas limpas superficiais usadas para irrigação (540 mg L^{-1}), segundo BARRETO et al., (2009). Também ocorreu remoção de sólidos suspensos totais (SST) de forma eficiente, variando entre 66,7% e 93,5%. Para que tenha baixo risco de entupimento de gotejadores é necessário que o SST esteja a baixo de 50 mg L^{-1} (NAKAYAMA, 1982), portanto todos os tratamentos atingiram a recomendação dos autores. É relevante ser destacado que como no tratamento do T₃ se obteve a concentração mínima de SST (6 mg L^{-1}) podemos considerar que este seria um valor razoável, tanto para não ocasionar obstrução de gotejadores quanto para evitar o selamento superficial do solo. Em relação à cor, ocorreu a clarificação da ARB apresentando eficiências de remoções em T₁ de 67,2%, T₂ de 83,4% e T₃ de 93,4%. Quando a remoção de óleos e graxas (O&G) de origem animal ou vegetal todos os tratamentos removeram por completo esse parâmetro. Esse fato pode ter ocorrido em decorrência da baixa concentração inicial de O&G (18 mg L^{-1}). Quanto a condutividade elétrica, estatisticamente não foram verificadas diferenças significativas ($p \geq 0,05$), portanto a condutividade elétrica apresentou poucas alterações após os tratamentos. O nitrogênio amoniacal (NH_4^+), nitrogênio total de kjeldahl (NTK) e o nitrato (NO_3^-) foram removidos eficientemente, principalmente no T₃ apresentando remoções 94,7%, 92,8%, 99,7%, respectivamente. Para uso agrícola a remoção de nitrogênio torna a ARB ozonizada pouco atrativa para uso em fertirrigação de culturas agrícolas, mas nada impede que seja usada como água para fins de irrigação. Já a remoção de fósforo total foi baixa, alcançando uma eficiência de somente 40,1% restando $22 \text{ mg P}_t \text{ L}^{-1}$ na ARB ozonizada em T₃. Do ponto de vista agrônômico, esta água residual tratada poderia ser utilizada para fins agrícolas em solos pobres em fósforo, como é o caso de várias áreas do território brasileiro, principalmente onde há latossolo vermelho-amarelo e latossolo amarelo distrófico.

Também é importante verificar a concentração de coliformes. Foram registradas remoções de coliformes totais de 99,44% (T₁), por outro lado nos tratamentos T₂ e T₃ as remoções foram de 99,90% e 99,99% respectivamente. A remoção mínima de coliformes termotolerantes foi de 99,56% (T₁) e a máxima foi de 99,99%. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2006) para irrigação de culturas ingeridas cruas é recomendado que o efluente possua valor menor ou igual a $10^3 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$ de coliformes termotolerantes. Mesmo com eficiências expressivas na remoção de coliformes registradas nesta pesquisa somente em T₃ o valor recomendado pela OMS foi alcançado ($200 \text{ NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$), portanto em termos microbiológicos, este efluente poderia ser utilizado para irrigação de culturas consumidas cruas.

Tabela 1. Caracterização dos tratamentos com ozônio (APHA, 2012).

Parâmetros	T ₁	T ₂	T ₃
pH	7,5 (0,08)	7,7 (0)	8,2 (0,01)
Turbidez (NTU)	43 (1,6)	20 (0,5)	15 (0,1)
ST (mg/L)	420 ₍₅₅₎	315 _(10,8)	308 (2,3)
SST (mg/L)	30 ₍₃₎	16 (0,8)	6 (0,5)
Cor (uH)	990 ₍₆₁₎	500 (9,4)	190 ₍₃₎
CE ($\mu\text{S/cm}$)	1.566 (33)	1.498 ₍₅₅₎	1.456 ₍₂₄₎
O&G (mg/L)	ND	ND	ND
NTK (mg/L)	47 (4)	37 (3,1)	20 (0,3)
NH_4^+ (mg/L)	32,9 (3)	27,9 (0)	8 (0,02)
NO_3^-	7,84 (0)	0,25 (0)	0,25 (0)
P_t (mg/L)	26 (2,2)	23 (0,5)	22 (0)
Coli. Termotolerantes (NMP/100 mL)	$2,0 \times 10^{+5}$ ($3 \times 10^{+2}$)	$2,0 \times 10^{+3}$ ($2 \times 10^{+1}$)	$2,0 \times 10^{+2}$ ($2 \times 10^{+1}$)
Coli. totais (NMP/100 mL)	$2,5 \times 10^{+5}$ ($1 \times 10^{+2}$)	$3,0 \times 10^{+4}$ ($6 \times 10^{+1}$)	$8,0 \times 10^{+2}$ ($1 \times 10^{+1}$)

CE (condutividade elétrica); ST (sólidos totais); SST (sólidos suspensos totais); O&G (óleos e graxas); NTK (Nitrogênio total de kjeldahl); NH_4^+ (nitrogênio amoniacal); NO_3^- (nitrato); P_t (fósforo total); ND (Não detectado). Valores entre parêntesis indicam desvio padrão.

CONCLUSÕES: A aplicação de ozônio como pós tratamento de reatores UASB foi considerada eficiente, principalmente a tempo de contato de 2 horas (T3). O processo de oxidação e flotação concomitantes proporcionaram relevantes remoções de cor e turbidez da ARB. As concentrações de sólidos residuais após os tratamentos foram baixas e não alarmantes para entupimento de gotejadores ou mesmo causar selamento superficial do solo. Em T₃ os coliformes termotolerantes foram removidos de forma que a água residuária poderia ser utilizada para irrigação de culturas ingeridas cruas.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas e Iniciação Científica (Pibic) e a CAPES pela concessão da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS:

- APHA (American Public Health Association) (2012). Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater. 22 ed. (Washington, DC).
- Barreto, A.C., & Campos, C.M.M. (2009). Avaliação de um sistema de irrigação autopropelido aplicando água residuária de suinocultura. *Ciênc. Agrotec., Lavras*, 33, 1752-1757.
- Clescerl, L. S., Greenberg, A. E., & Eaton, A. D. (2000). Standard methods for the examination of water and wastewater (p. 1220). American Water Works Association: Denver.
- De Souza, D. S. et al. (2020). Optimization of Ozone Application in Post-Treatment of Cattle Wastewater from Organic Farms. *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 231, n. 7.
- Mahmoud, A., & Freire, R. S. (2007). Métodos emergentes para aumentar a eficiência do ozônio no tratamento de águas contaminadas. *Química Nova*, 30(1), 198–205.
- Marcelino, R. B., Leão, M. M., Lago, R. M., & Amorim, C. C. (2017). Multistage ozone and biological treatment system for real wastewater containing antibiotics. *Journal of environmental management*, 195, 110-116.
- Mendonça, H. V., Ometto, J. P. H. B., & Otenio, M. H. (2017). Production of Energy and Biofertilizer from Cattle Wastewater in Farms with Intensive Cattle Breeding. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(2) 1-14.
- Mendonça, H. V., Ometto, J. P. H. B.; Rocha, W. S. D., Martins, C. E.; Otenio, M. H., & Borges, C. A. V. (2016) Crescimento de cana-de-açúcar sob aplicação de biofertilizante da bovinocultura e ureia. *Revista Agronegócio e Meio Ambiente*, 9 (4), 973-987.
- Nakayama, F.S. (1982). Water analysis and treatment techniques to control emitter 436 plugging. Proc. Irrigation Association Conference, Portland, Oregon
- Oller, I., Malato, S., & Sánchez-Pérez, J. (2011). Combination of advanced oxidation processes and biological treatments for wastewater decontamination—a review. *Science of the total environment*, 409(20), 4141-4166
- World Health Organization (WHO). (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Wastewater use in agriculture (Volume II) p.182. 4 ed. Switzerland.