

ESTUDO DA CONCENTRAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM TANQUES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP) CULTIVADOS COM DIFERENTES ESPÉCIES VEGETAIS

Raquel Ceroni Ferreira¹
Rafaela dos Reis Giordano²
Maria Laura Moreira de Souza³
Marine Cirino Grossi Reis⁴

Reaproveitamento, reutilização e tratamento de resíduos (sólidos e líquidos)

Resumo

O tanque de evapotranspiração (TEvap) é uma solução baseada na natureza (SBN) para destinação e tratamento do esgoto sanitário apropriada a zonas rurais. Comumente são cultivadas no sistema plantas de folhas largas, como a bananeira e a taioba. Recentemente estudos mostraram também o potencial de cultivo de forrageiras. Entretanto, são poucos trabalhos que avaliam a influência das plantas cultivadas no sistema sobre a matéria orgânica na solução dos TEvap. Dessa forma, essa pesquisa teve como objetivo principal avaliar a influência de diferentes espécies vegetais sobre a concentração da matéria orgânica na solução do TEvap por meio das análises de Demanda Química por Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica por oxigênio (DBO). Foram usados 12 TEvap em escala piloto dispostos em casa de vegetação e preenchidos com esgoto sanitário sintético - ESS (DBO = $496,0 \pm 130,3$ mg L⁻¹, DQO = $1189,5 \pm 223,8$ mg L⁻¹). A reposição das lâminas evapotranspiradas com ESS foi feita a cada três dias e as análises foram feitas quinzenalmente. Os resultados das variáveis DQO e DBO foram comparados estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA), considerando nível de significância de 5%. Constatou-se que não ocorreram diferenças estatísticas entre as concentrações de DBO e DQO nas soluções dos TEvap cultivados com diferentes espécies vegetais (p-valor DQO = 0.29; p-valor DBO = 0.32). Os resultados das duas variáveis, para a maioria dos tratamentos, não ultrapassam valores máximos permitidos pela legislação brasileira relativa ao lançamento de esgotos domésticos, comprovando a eficácia dessa tecnologia social no tratamento de efluentes.

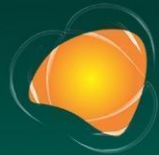
Palavras-chave: Agroecologia; Esgotamento sanitário; Esgoto; Solução Baseada na Natureza; Tratamento de efluentes.

¹ Aluna do Bacharelado em Agroecologia pelo IFSudesteMG, campus Rio Pomba, Departamento de Agricultura e Meio Ambiente, ceroniraquel@gmail.com;

² Aluna do Bacharelado em Agroecologia pelo IFSudesteMG, campus Rio Pomba, Departamento de Agricultura e Meio Ambiente, rafaelargiordano@gmail.com;

³ Aluna do Bacharelado em Agroecologia pelo IFSudesteMG, campus Rio Pomba, Departamento de Agricultura e Meio Ambiente, lalamdesouza@gmail.com;

⁴ Orientação: IFSudesteMG, campus Rio Pomba; Agricultura e Meio Ambiente, marine.grossi@ifsudestemg.edu.br

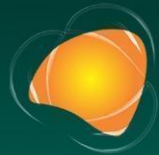


INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural imprescindível à vida humana e por isso é necessário preservá-la. A Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433/97, define que a água é um bem de domínio público, que deve ter sua disponibilidade assegurada para a atual e futuras gerações, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Para isso é essencial que os esgotos domésticos tenham disposição final adequada e não sejam lançados diretamente nos corpos hídricos. Apesar do esgotamento sanitário ser um direito previsto pela Lei nº 14.026/2020, novo marco legal do saneamento básico, 54,0% dos domicílios rurais brasileiros dispõe suas excretas em fossas rudimentares ou não possuem nenhum tipo de esgotamento sanitário (IBGE, 2015). Numa perspectiva agroecológica é importante reconhecer que 23% do território nacional é ocupado pela agricultura familiar e a mesma representa 77% dos estabelecimentos agrícolas do país (IBGE, 2019).

Nesse sentido, o desenvolvimento de soluções baseadas na natureza (SBN) é desejável para o saneamento rural, uma vez que essas soluções “têm por base modelos economicamente mais acessíveis e ambientalmente mais apropriados” (Reis, 2022). Entre as SBN empregadas para o esgoto doméstico está o tanque de evapotranspiração (TEvap), um sistema descarga zero concebido para tratar efluentes provenientes de vasos sanitários, constituído por um tanque retangular impermeabilizado preenchido com camadas de diferentes materiais sob as quais são colocadas plantas de crescimento rápido (Paulo et al., 2019) e elevada evapotranspiração, como as bananeiras e taiobas (Campos et al, 2020). Recentemente estudos também mostraram o potencial do capim do capim BRS capiaçu (Reis, 2022; Ferreira; Rolim; Reis, 2023).

Apesar do sistema TEvap ter sido incorporado na norma da ABNT – NBR 17076:2024, que regulamenta os projetos de sistemas de tratamento de esgoto de menor porte, ainda são poucos os trabalhos científicos que avaliam a biodegradabilidade do sistema, assim como sua capacidade de assimilação e ciclagem de nutrientes (Galbiati, 2009). Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho comparar a concentração de matéria orgânica (DBO e DQO) nas soluções de TEvap cultivados com diferentes espécies vegetais.



METODOLOGIA

O experimento foi realizado em casa de vegetação instalada no Departamento Acadêmico de Agricultura e Ambiente (DAAA) do IF Sudeste MG, *campus* Rio Pomba, cujas coordenadas geográficas são 21° 14' 41" S e 43° 9' 32" O, com 434 metros de altitude. Foram utilizados TEvap em escala piloto, constituídos por recipientes de polietileno de alta densidade, com capacidade aproximada dos tanques de 0,20 m³. Dividido em camadas, seu preenchimento se deu usando os mesmos materiais empregados em sistemas plenos (câmara anaeróbia, material cerâmico, brita, areia e solo). O plantio das mudas das três diferentes espécies foi realizado no dia 28 de dezembro de 2022

O fator avaliado foi a espécie vegetal, definindo-se quatro tratamentos: CAP (capim), TAI (taioba), BAN (bananeira) e S/P (sem planta). Para cada tratamento foram realizadas três repetições, totalizando doze TEvap. O experimento foi realizado empregando-se os tratamentos no delineamento em blocos casualizados (DBC). No primeiro dia do experimento os tanques foram preenchidos com esgoto sintético até a formação de lâmina d'água sob superfície do solo. Depois, a cada três dias foi feita a reposição da lâmina evapotranspirada, totalizando 99 dias. O esgoto sanitário sintético para preenchimento dos tanques foi preparado para se aproximar às concentrações de sais e matéria orgânica do esgoto de vaso sanitário (DBO = 496,0 ± 130,3 mg L⁻¹, DQO = 1189,5 ± 223,8 mg L⁻¹), conforme realizado por Reis (2022), tendo como base a solução preparada por Araújo et al (2018).

As análises de Demanda Química por Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica por Oxigênio (DBO) das amostras retiradas dos tanques tiveram frequência quinzenal, totalizando 6 eventos, realizadas no laboratório do Instituto de Pesquisa e Ciências Aplicadas do IF Sudeste MG – *campus* Rio Pomba, seguindo metodologias da American Public Health Association (APHA, 2017). Para análise da DQO, utilizou-se a método do refluxo fechado por colorimetria. A DBO foi determinada adicionando uma alíquota do efluente a uma solução nutriente aerada, medindo a concentração de oxigênio nas amostras antes e depois de incubação no escuro, a 20°C por 5 dias. O oxigênio dissolvido foi medido usando uma sonda (marca Hanna, modelo HI98193). Os resultados das variáveis DQO e DBO foram comparados estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA), considerando nível de significância de 5%. Por meio do programa R (R Core Team, 2020)



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados da análise estatística (Tabela 1), foi possível observar que não ocorreram diferenças estatísticas nas concentrações de DBO e DQO das soluções dos TEvap cultivados com diferentes espécies vegetais (p-valor DQO = 0.29; p-valor DBO = 0.32).

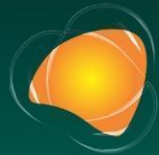
Esse resultado se assemelha aos encontrados por outros autores (Galbiati 2004; Benjamin, 2013), visto que a principal via do efluente no sistema é a sedimentação e retenção no substrato. Com isso, pode-se compreender que os processos aeróbios de decomposição microbiana (Gabialti 2004) durante o trajeto talvez sejam mais influentes no processo de degradação da matéria orgânica (MO) do que as espécies vegetais. Esse resultado permite inferir que é possível estudar diferentes espécies vegetais nos sistemas TEvap sem que haja perda da eficiência na remoção de matéria orgânica. Apesar de não demonstrarem estatisticamente diferença sobre a degradação da matéria orgânica, as espécies vegetais desempenham funções essenciais, como a evapotranspiração (Ferreira; Rolim; Reis, 2023) e a liberação de exsudados pelas raízes (Primavesi, 2002).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para a remoção de poluentes.

Fator	GL	DQO	DBO
		Quadrado Médio	
Planta	3	8017.2 ^{ns}	257.34 ^{ns}
Blocos	2	13725.2 ^{ns}	174.53 ^{ns}
Resíduos	6	6377.8	181.11

(*) Significativo a 5% e (^{ns}) não significativo, pelo teste F. GL = graus de liberdade

A tabela 2, assim como os gráficos 1 e 2 mostram as concentrações médias da DBO e DQO para cada tratamento no decorrer dos 99 dias de experimento. É possível observar que as concentrações de ambas caem ao longo do tempo e no final do experimento todos os tratamentos apresentaram valor de DQO abaixo de 180 mg/, considerado o máximo admitido para que os efluentes possam ser lançados nos corpos hídricos, de acordo com deliberação da COPAM-CERH/MG, 2022, demonstrando a eficiência do sistema TEvap para o tratamento do esgoto doméstico. Acredita-se que os níveis de eficiência da DBO tenham ficado relativamente acima do máximo permitido (60mg/L) possivelmente



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

pelo fato de o ESS diferir microbiologicamente do esgoto doméstico real. Espera-se que em sistemas reais a eficiência em termos de remoção da DBO seja maior pela presença dos microrganismos. Apesar do TEvap ser um sistema que prevê descarga zero é importante verificar se o efluente do sistema atinge concentrações de MO que poderiam ser lançadas nos corpos hídricos de acordo com a legislação.

Tabela 2 - Concentrações médias das variáveis estudadas ao longo do experimento

Tratamento	DQO	DBO
	Média com desvio padrão (mg L ⁻¹)	
CAP	131.34+-74.02	162.2 +-84.9
TAI	140.93+-27.18	136.2+-75
BAN	115.36+-74.9	103.8+-48.28
S/P	140.93+-32.8	127.8+-53.4
E.S.S.	1189,5 ± 223,8	496+-130

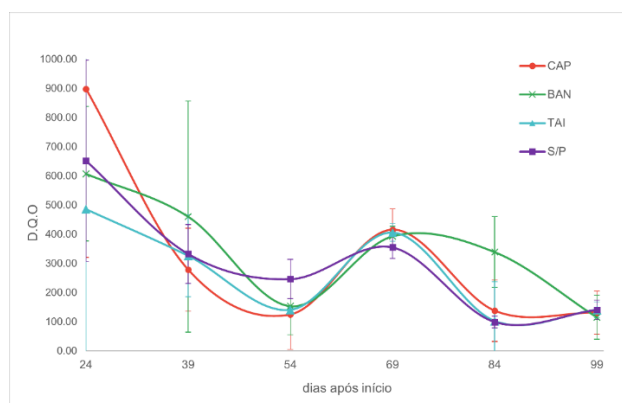


Figura 1 - Gráfico DQO

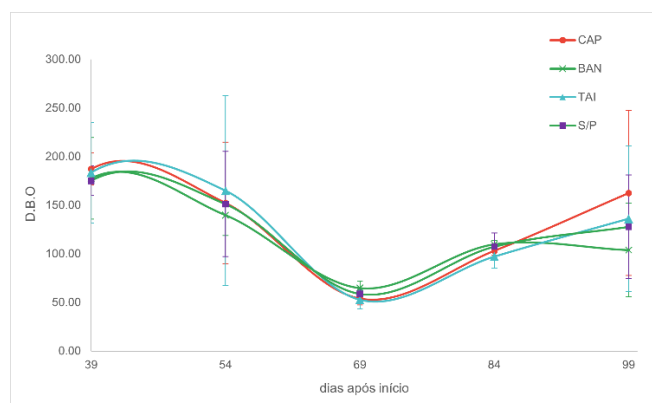


Figura 2 - Gráfico DBO

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de não haver diferença estatística entre as diferentes plantas nas análises de DBO e DQO nos sistemas TEvap, comprovou-se a eficácia dessa SBN no tratamento de efluentes pelos processos físicos e químicos inerentes do sistema. Esse resultado trás mais confiabilidade a essa ecotecnologia, além de direcionar futuras pesquisas à outras variáveis, como acúmulo de sais, por exemplo.



AGRADECIMENTOS

Agradeço aos órgãos financiadores por meio do Programa Institucional de Iniciação Científica e Tecnológica IF SUDESTE MG (Edital 05/2022) e Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Projetos FAPEMIG APQ-02182-22 e APQ-03626-22).

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd Ed. **American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation**. Washington, DC. 1496 p. 2017. ISBN: 9780875530130

BENJAMIN, Amboko M. **Bacia de evapotranspiração: tratamento de efluentes domésticos e de produção de alimentos**. 2013. Dissertação (Mestrado). – Universidade Federal de Lavras, MG, 2013.

DIÁRIO DO EXECUTIVO (Minas Gerais). COPAM-CERH/MG. 21 de novembro de 2022. **DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA COPAM-CERH/MG Nº 8, DE 21 DE NOVEMBRO DE 2022.**, Minas Gerais, 21 nov. 2022.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Agro 2017: população ocupada nos estabelecimentos agropecuários cai 8,8%. **Agência IBGE notícias**, 2019. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/25789-censo-agro-2017-populacao-ocupada-nos-estabelecimentos-agropecuarios.cai-8-8>. Acesso em: 11 Ago. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios 2015**. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?=&t=o-que-e>. Acesso em 11 jul. 2023.

PAULO, P. L.; GALBIATI, A. F.; FILHO, F. J. C. M.; BERNARDES, F. S.; CARVALHO, G. A.; BONCZ, M. Á. Evapotranspiration tank for the treatment, disposal and resource recovery of blackwater. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 147, p. 61-66, 2019.

REIS, M. C. G. **Tanques de evapotranspiração cultivados com forrageiras: balanço hídrico e de poluentes**. 2022. 132 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade de Viçosa, Minas Gerais, 2022.