



Estudo da perda de água em tanques de evapotranspiração (TEvap) cultivados com diferentes espécies vegetais.

Water loss on Evapotranspiration tanks cultivated with different vegetal species.

FERREIRA, Raquel Ceroni¹; REIS, Marine Cirino Grossi²; BORGES, Alisson Carraro³; MOREIRA, Michelle de Sales⁴; ROLIM, Bruno Barbosa⁵

¹Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, campus Rio Pomba, ceroniraquel@gmail.com;

²Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, campus Rio Pomba,

marine.grossi@ifsudestemg.edu.br; ³Universidade Federal de Viçosa, borges@ufv.br;

⁴Univesidade do Estado de Minas Gerais, unidade de Ubá, michelle.sales@uemg.br; ⁵Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, campus Rio Pomba, bruno.de.rolim@gmail.com;

RESUMO EXPANDIDO

Eixo Temático: Manejo de Agroecossistemas

Resumo: O tanque de evapotranspiração (TEvap) é uma ecotecnologia apropriada à zona rural. Esta pesquisa teve por principal objetivo avaliar a perda de água em TEvap cultivados com capim BRS capiaçu (CAP), taioba (TAI), bananeira (BAN) e sem planta (S/P). Mediu-se a evapotranspiração por meio da reposição das lâminas evapotranspiradas com esgoto sanitário sintético. Os resultados foram comparados estatisticamente, por meio da ANOVA e teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Definiu-se os critérios de projeto: coeficiente do tanque (KTEvap) e taxa de evapotranspiração. O capim BRS capiaçu apresentou capacidade evapotranspirativa significativamente superior aos demais tratamentos, igual a $1396,48 \pm 154.19$ mm (90 dias). Os KTEvap foram iguais a 7.15 ± 0.79 , 2.50 ± 0.37 , 3.33 ± 0.59 e 1.65 ± 0.12 , para CAP, TAI, BAN e S/P, respectivamente. Acredita-se que o capim BRS capiaçu seja uma opção apropriada para uso nos TEvap, desempenhando papel de planta colonizadora, consorciada com outras espécies.

Palavras-chave: saneamento ambiental; solução baseada na natureza; esgoto; fossa ecológica; saneamento ecológico.

Introdução

A poluição das águas pelos esgotos sanitários e (agro)industriais é uma realidade no Brasil. A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) mostrou que em 2015 54,0% dos domicílios rurais brasileiros dispunham suas excretas em fossas rudimentares (IBGE, 2015). Através da perspectiva agroecológica, é importante reconhecer que a agricultura familiar representa 77% dos estabelecimentos agrícolas do país (IBGE, 2019). Portanto, é fundamental que alternativas de saneamento ambiental adequadas cheguem a essas propriedades, a fim de garantir a salubridade dessas famílias e dos alimentos por elas produzidos, os quais dependem que, tanto o solo como a água local, estejam livres de contaminação microbiológica.



Nesse sentido, o desenvolvimento e aprimoramento de soluções baseadas na natureza (SBN) é desejável para o saneamento ambiental rural, uma vez que essas soluções têm por base modelos economicamente mais acessíveis e ambientalmente mais apropriados (REIS, 2022) quando comparados a tecnologias de saneamento mais onerosas e convencionais disponíveis no mercado.

Entre as SBN empregadas para o esgoto doméstico (oriundos de residências) está o tanque de evapotranspiração (TEvap). O TEvap é um sistema de tratamento que visa descarga zero, constituído por um tanque retangular impermeabilizado preenchido com camadas de diferentes materiais sob as quais são colocadas plantas de crescimento rápido e alta demanda por água (PAULO et al., 2019).

Não há relatos de trabalhos que avaliem e comparem o potencial evapotranspirativo das espécies cultivadas no TEvap. Assim, a comparação das capacidades evapotranspirativas de diferentes espécies vegetais nas condições específicas do TEvap (ambiente alagado circundado por área seca e com reduzida área superficial) é importante para verificar o potencial de uso dessas plantas nesse tipo de sistema.

Desta forma, neste trabalho objetivou-se principalmente medir a evapotranspiração em TEvap cultivados com capim-elefante (*Pennisetum sp.*), taioba (*Xanthosoma sagittifolium*), bananeira nanicão (*Musa cavendishii*) e em tanques sem planta. Os objetivos específicos foram avaliar a influência das plantas na evapotranspiração (ET_{TEvap}) acumulada e determinar o coeficiente do tanque (K_{TEvap}) para os diferentes tratamentos.

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, 434 metros de altitude. Foram utilizados tanques de evapotranspiração 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 a partir de materiais empregados em sistemas plenos (câmara anaeróbia, material cerâmico, brita, areia e substrato, respectivamente). O plantio das mudas das três diferentes espécies foi realizado no dia 28 de dezembro de 2022.

O fator avaliado foi a espécie vegetal (planta), definindo então quatro tratamentos: CAP (capim), TAI (taioba), BAN (banana) 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), considerando as três diferentes alturas de cobertura da casa de vegetação como blocos.

Os tanques foram preenchidos com esgoto sintético até a formação de lâmina d'água sob superfície do solo no primeiro dia do experimento, logo após o corte das



plantas (capim a 20 cm, taioba e bananeira a 10 cm), dia 07 de fevereiro de 2023. A solução sintética (esgoto sintético) usada para preenchimento dos tanques foi preparada para aproximar as concentrações de sais e matéria orgânica do esgoto de vaso sanitário, conforme realizado por Reis (2022), tendo como base a solução preparada por Araújo et al. (2018).

A evapotranspiração foi determinada por meio da reposição da lâmina evapotranspirada nos tanques. No primeiro dia do experimento, os tanques foram preenchidos com esgoto sintético até o nível do solo. A cada três dias retiraram-se amostras para análises física e química e a lâmina evapotranspirada era repostada com esgoto sintético, sendo a evapotranspiração determinada pela relação entre o volume adicionado e a área do tanque. O volume adicionado era medido gradualmente com o uso de uma proveta plástica graduada de volume de 2L. O processo de reposição terminava ao perceber a formação da lâmina de água sobre a superfície do solo, quando então anotava-se o valor total adicionado. Para efeito de cálculo, o primeiro evento de coleta foi removido da análise pois apresentou erros, devido a desuniformidade da umidade inicial do solo entre os TEvap.

O cálculo da lâmina evapotranspirada é mostrado na Equação 1.

$$ET_{TEvap} = (V_{ad} - V_{am}) / At \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: ET_{TEvap} = evapotranspiração no tanque (mm); V_{ad} = volume adicionado (L); V_{am} = volume da amostra retirada (L); At = área do tanque (0,21 m²);

Os dados meteorológicos obtidos, da estação meteorológica instalada ao lado do experimento, a 2 m de altura em relação ao nível do solo, foram convertidos para a escala diária e inseridos no programa Ref-ET (ALLEN, 2016). Para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET), foi empregada a equação de Penman-Monteith conforme as parametrizações do Boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998).

O coeficiente do tanque (K_{TEvap}) foi obtido dividindo-se a evapotranspiração medida nos TEvap (ET_{TEvap}) pela evapotranspiração de referência (ET_0), conforme Equação 2:

$$K_{TEvap} = ET_{TEvap} / ET_0 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: K_{TEvap} = coeficiente do tanque (adimensional); ET_{TEvap} = média da evapotranspiração medida em cada um dos 3 tanques de cada tratamento (mm d⁻¹); ET_0 = evapotranspiração de referência, obtida por meio da equação de Penman-Monteith (mm d⁻¹).

Os resultados da variável evapotranspiração acumulada foram comparados estatisticamente. Primeiramente, a normalidade dos dados foi testada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov e homogeneidade das variâncias foi avaliada com uso do teste de Bartlett. Uma vez atendidos os pressupostos de normalidade e



homoscedasticidade, foi realizada a análise de variância (ANOVA), considerando-se o teste F. A comparação entre as médias dos tratamentos foi feita pelo teste de Tukey. Todas as análises foram realizadas por meio do programa livre R (R Core Team, 2020), considerando-se um nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão

É possível se observar que o fator avaliado (planta) levou à diferença significativa na evapotranspiração acumulada dos TEvap ($p\text{-valor} = 1,11 \times 10^{-4}$) (Tabela 1). O capim BRS capiaçu (CAP) apresentou capacidade evapotranspirativa significativamente superior aos demais tratamentos e o tratamento TAI foi significativamente superior ao S/P (Tabela 2). Não foram observadas diferenças significativas entre a ET dos tanques com bananeira em relação aos tanques sem planta e com taioba (Tabela 2). A evapotranspiração de referência (ET_0) acumulada foi 195.39 mm.

Em média, os TEvap cultivados com capiaçu removeram 76,95%, 64,97% e 53,40% mais água do sistema do que os tanques sem planta, cultivados com bananeira e taioba, respectivamente. Já os tanques com taioba foram capazes de remover 50,53% mais água do TEvap do que o tanque sem planta. Reis (2022), em experimento similar, já havia atestado o potencial evapotranspirativo do capim BRS capiaçu, o qual obteve ET acumulada de 282,59 mm em 60 dias durante o outono/inverno.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para a evapotranspiração acumulada dos TEvap.

Fator	GL	Quadrado médio
Planta	3	674108*
Bloco	2	3864 ^{ns}
Resíduos	6	13025

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

Tabela 2 - Valores médios da Evapotranspiração Acumulada.

TEvap	ET acumulada
CAP	1,396.48 ± 154.19 ^a
TAI	650.70 ± 115.13 ^b
BAN	489.17 ± 72.94 ^{bc}
S/P	321.84 ± 24.29 ^c

() Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação; CAP = TEvap cultivado com BRS capiaçu; BAN = TEvap cultivado com bananeira; TAI = TEvap cultivado com taioba; S/P = TEvap sem planta.

Pelo fato de o capim ter demonstrado potencial de evapotranspiração elevado desde o início do seu desenvolvimento, acredita-se que uma opção apropriada para uso nos TEvap seria sua implantação após a montagem do sistema,



desempenhando papel de planta colonizadora, podendo ser consorciada com a bananeira e taioba enquanto essas se estabelecem e desenvolvem.

Os valores médios dos K_{TEvap} para os tanques com capim, bananeira, taioba e sem planta foram de 7.15 ± 0.79 , 2.50 ± 0.37 , 3.33 ± 0.59 e 1.65 ± 0.12 , respectivamente. Observa-se que a curva do coeficiente do tanque (K_{TEvap}) para os tanques com capim ficou acima das curvas dos outros tratamentos, os quais foram bem semelhantes entre si (Figura 1). Segundo Reis (2022), esse resultado já era esperado, visto que, de maneira análoga ao que ocorre com o coeficiente das culturas (K_c), o K_{TEvap} é altamente influenciado pela área foliar. Em trabalho semelhante, para o período de 30 dias, Reis (2022) encontrou valores de K_{TEvap} de $2,35 \pm 0,04$ para o tanque contendo capim BRS capiaçu. Acredita-se que esse valor difere do encontrado nesse trabalho por ter sido realizado durante o inverno e também por menor período de tempo.

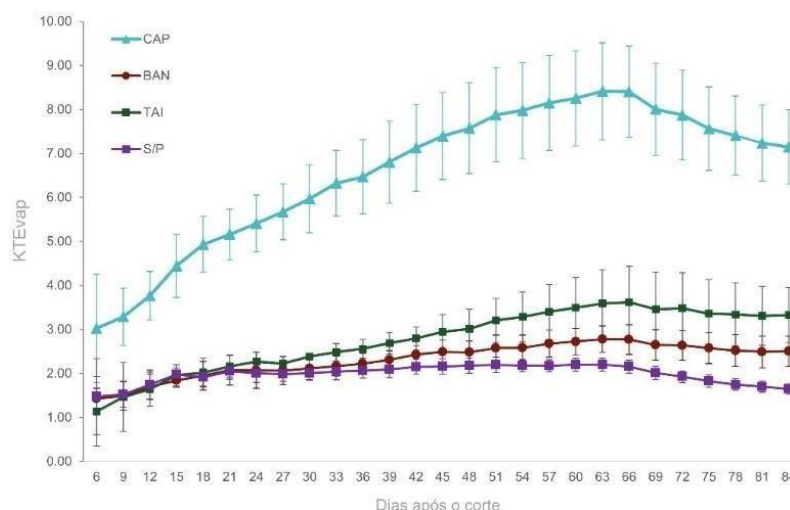


Figura 1 Coeficiente do tanque (K_{TEvap})

Conclusões

O tratamento capim BRS capiaçu demonstrou resultados superiores de evapotranspiração quando comparado aos demais tratamentos. Essa planta, dentro do intervalo de tempo estudado, teve maior capacidade de remover água do sistema TEvap do que a bananeira e a taioba.

Agradecimentos

Agradeço aos órgãos financiadores 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 bibliográficas

ALLEN, Richard. G.; PEREIRA, Luis. S.; RAES, Dirk.; SMITH, Martin. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements – FAO Irrigation and Drainage **Paper 56**. FAO, Rome, Italy, 1998. 300 p.

ALLEN, Richard. G. REF-ET: **Reference evapotranspiration calculation software for FAO and ASCE Standardized Equations**. Version 4.1. Utah State University, Logan-UT, USA, 2016.

ARAÚJO, Edcássio D.; BORGES, Alisson C.; DIAS, Neriamara M.; RIBEIRO, Dimas M. Effects of gibberellic acid on Tifton 85 bermudagrass (*Cynodon spp.*) in constructed wetland systems. **PloS ONE**, v. 13, n. 10, p. 1–26, 2018.

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

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