

AVALIAÇÃO DA INTERMITÊNCIA DE OPERAÇÃO DOS SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS COMO TÉCNICA DE DESCOLMATAÇÃO DO MEIO POROSO

DENIS LEOCÁDIO TEIXEIRA¹, DELILAH VIEIRA TEIXEIRA², ANTONIO TEIXEIRA DE MATOS³, MATEUS PIMENTEL DE MATOS⁴

¹Eng. Agrícola e Ambiental, Prof. Adjunto, Instituto de Ciências Agrárias, UFVJM, Unaí-MG, Fone: (38) 3677-9950, denis.teixeira@ufvjm.edu.br.

²Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Instituto de Ciências Agrárias, UFVJM, Unaí-MG.

³Eng. Agrícola, Prof. Titular, Depto. de Eng. Sanitária e Ambiental, UFMG, Belo Horizonte-MG.

⁴Eng. Agrícola e Ambiental, Prof. Adjunto, Depto. de Recursos Hídricos e Saneamento, UFLA, Lavras-MG.

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

RESUMO: O desenvolvimento de técnicas de fácil execução para descolmatagem de sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial (SACs-EHSS) é essencial para torná-los operacionalmente mais simples e com maior tempo de vida útil. Deste modo, este trabalho teve por objetivo avaliar a porosidade drenável e a extensão do leito com escoamento superficial, após terem sido drenados e submetidos a diferentes períodos de repouso. Foram avaliados três sistemas, um cultivado com capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), outro com capim-tifton 85 (*Cynodon* spp.) e um controle, no qual não houve cultivo, todos utilizados no tratamento de esgoto sanitário, estando na condição de meio poroso parcialmente colmatado. Houve aumento na porosidade de 18, 19 e 39%, em relação a inicial, para os SACs-EHSS controle e cultivados com os capins tifton 85 e vetiver, respectivamente. O escoamento superficial no leito dos SACs-EHSS cessou totalmente entre o 7º e 13º dia após efetuada sua drenagem.

PALAVRAS-CHAVE: água residuária, remediação da colmatagem, porosidade drenável

EVALUATION OF THE INTERMITTENCY OF CONSTRUCTED WETLANDS OPERATION AS TECHNIQUE FOR UNCLOGGING THE POROUS MEDIUM

ABSTRACT: The development of easy-to-perform techniques for unclogging of horizontal subsurface flow constructed wetlands (HSSF-CWs) is essential to make them operationally simpler and increase their useful life. Thus, the objective of this work was to evaluate the drainable porosity and the extension of the bed presenting surface runoff, after they were drained and submitted to different rest periods. Three systems were evaluated, one was cultivated with Vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*), the other with Tifton 85 (*Cynodon* spp.) and a control, without cultivation, where all were used for the treatment of sanitary sewage and presented conditions of partially clogged porous medium. There was an increase in porosity of 18, 19 and 39% in relative to the initial porosity for the control HSSF-CWs and those cultivated with the Tifton 85 and Vetiver grasses, respectively. Surface runoff in the HSSF-CWs bed stopped completely between the 7th and 13th days after draining.

KEYWORDS: wastewater, remediation of clogging, drainable porosity

INTRODUÇÃO: O processo de colmatção verificado em sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial (SACs-EHSS) é decorrente de inúmeros fatores. Esse fenômeno pode proporcionar redução na condutividade hidráulica no meio poroso, resultando em problemas como o escoamento superficial, aparecimento de zonas mortas e curtos-circuitos, além de diminuir o tempo de detenção hidráulica no sistema, comprometendo a eficiência de tratamento das águas residuárias (KADLEC e WALLACE, 2009; KNOWLES *et al.*, 2011; AIELLO *et al.*, 2016; MATOS *et al.*, 2017). O repouso do sistema na condição não-saturada, constitui uma técnica extremamente benéfica para reversão da colmatção do meio poroso de SACs-EHSS, pois favorece a degradação da matéria orgânica retida nos poros. Além disso, Hua *et al.* (2014) ressaltaram que o período de repouso ideal em SACs-EHSS cultivados deve conciliar os efeitos positivos da recuperação do espaço poroso com as condições propícias à sobrevivência das plantas. Diante do exposto, torna-se evidente a necessidade de maiores informações a respeito da drenagem e repouso dos SACs-EHSS como técnica de descolmatção do meio poroso. Assim, com a condução deste trabalho objetivou-se avaliar a porosidade drenável e a extensão do leito com escoamento superficial, após terem sido drenados e submetidos a diferentes períodos de repouso não-saturado.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram utilizados três SACs-EHSS, um cultivado com capim-vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), outro com capim-tifton 85 (*Cynodon spp.*) e um controle, no qual não foi cultivada qualquer espécie vegetal, todos utilizados no tratamento de esgoto sanitário e em condições de colmatção parcial. Para determinação da porosidade drenável de cada SAC-EHSS, a camada de brita de 0,25 de profundidade foi totalmente saturada com água isenta de sólidos. Em seguida, o SAC-EHSS foi drenado, quantificando-se o volume de água de preenchimento do meio poroso para posterior cálculo da porosidade drenável. Os sistemas foram, inicialmente, avaliados (dia 0), sendo totalmente drenados e submetidos a períodos de repouso em condições de não-saturação por 7, 13, 24 e 40 dias, os quais foram contados a partir da interrupção da alimentação com o esgoto sanitário. Para avaliação da extensão do escoamento superficial, a camada de brita constituinte do leito do SACs-EHSS foi saturada até a altura de 0,2 m (nível operacional do sistema), aplicando-se água limpa, sob uma vazão de 0,22 m³ d⁻¹, até que a vazão efluente se igualou à vazão afluente. Após a estabilização do sistema, mediu-se a distância de alcance do escoamento superficial, com auxílio de fitas métricas instaladas nas bordas dos SACs-EHSS. Os dados de porosidade drenável em cada SAC-EHSS como função do período de repouso não-saturado dos sistemas foram submetidos a análises de regressão, sendo os modelos escolhidos com base na significância dos coeficientes, do coeficiente de determinação (R²) e do comportamento considerado lógico para o fenômeno em estudo. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se os *softwares Statistica*[®] e *Microsoft Excel*[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A porosidade drenável aumentou exponencialmente (Tabela 1) com o tempo de repouso dos sistemas, tendendo a estabilização no SAC-EHSS controle e no cultivado com o capim-tifton 85, embora, neste último, em maior valor. Segundo Hua *et al.* (2014), o aumento na porosidade drenável após os primeiros dias de repouso do sistema e sua posterior estabilização, está relacionado às características bioquímicas do material colmatante. Desta forma, os primeiros dias de repouso do sistema são responsáveis pela maior desobstrução do espaço poroso, o que pode estar relacionado à eficiente degradação aeróbia da matéria orgânica presente nos poros e às alterações físicas no material presente na superfície dos SACs-EHSS, decorrente da secagem do leito, o que repercute na formação de rachaduras e canais, os quais proporcionam maior aeração de todo o sistema. Considerando que todos os sistemas receberam a mesma taxa de carregamento

orgânico e permaneceram em operação durante o mesmo período de tempo, pode-se afirmar que o cultivo do capim-tifton 85 em SACs-EHSS retarda o processo de colmatção do meio poroso.

Tabela 1. Coeficientes do modelo exponencial ($f(x) = a + b[1 - \exp(-cx)]$) ajustado aos dados de porosidade drenável (%), em função do período de repouso não-saturado em cada SAC-EHSS (dias).

SAC-EHSS	a	b	c	R ²
Vetiver	18,269**	7,217*	0,058 ^{ns}	0,959
Tifton	23,652**	4,247**	0,107*	0,989
Controle	18,810**	3,166**	0,203*	0,993

em que: ^{ns} não significativo, * e **, significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Verifica-se na Tabela 1, que os dados experimentais se ajustaram bem ao modelo exponencial, como pode ser observado pelos altos valores obtidos para os coeficientes de determinação (R²) e pela significância dos coeficientes ajustados. Portanto, pode-se verificar que a drenagem do meio poroso dos SACs-EHSS, com posterior período de repouso não-saturado, constitui uma técnica extremamente simples e eficaz de descolmatção parcial desses sistemas. A porosidade drenável para o SAC-EHSS cultivado com capim-vetiver aumentou, aos 40 dias de repouso não-saturado, 39% em relação à porosidade inicial, valor muito superior aos observados nos sistemas controle e cultivado com capim-tifton 85, que foram de, respectivamente, 18 e 19%. A colmatção de SACs-EHSS também pode ser monitorada utilizando-se, como critério, a medição da extensão do escoamento superficial, embora se saiba que esta variável não representa o estado de colmatção do leito em todo seu perfil. Ainda assim, seu conhecimento indica o grau de colmatção superficial desses sistemas. Neste trabalho, o escoamento superficial em parte do comprimento dos SACs-EHSS foi observado apenas até o 7º dia de repouso não-saturado desses sistemas, tendo sido totalmente cessado no 13º dia (Figura 1).

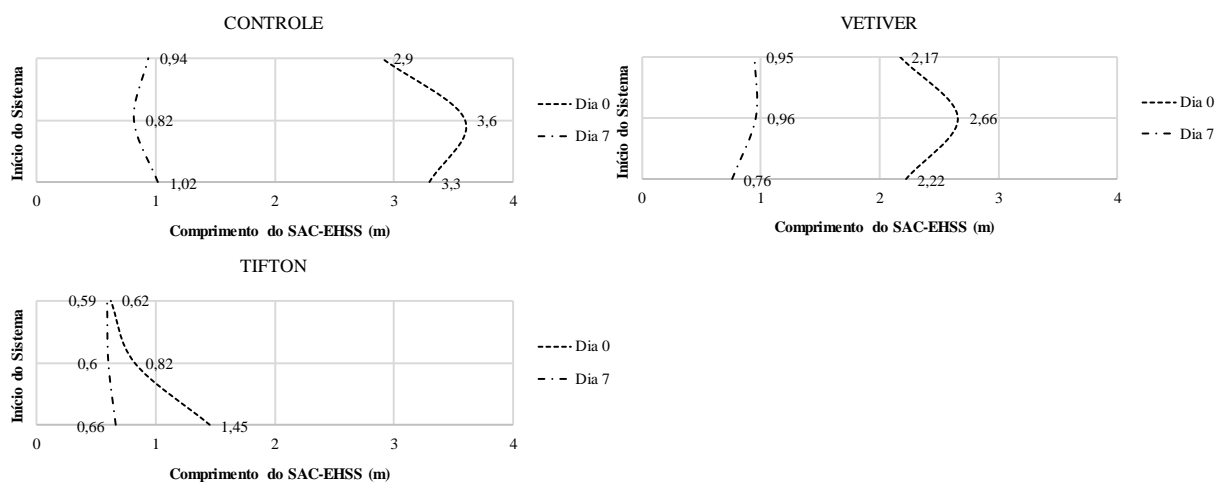


Figura 1. Extensão do escoamento superficial (m) nos SACs-EHSS controle e cultivados com os capins vetiver e tifton 85.

Observa-se na Figura 1 que o SAC-EHSS controle era o que apresentava a maior extensão do escoamento superficial, seguido dos sistemas cultivados com os capins vetiver e tifton 85. Essa diferenciação é consequência do cultivo dos capins no leito dos sistemas, pois em todos os SACs-EHSS foram aplicados, em média, a mesma taxa de carregamento orgânico e o mesmo tempo de detenção hidráulica. Estando em mais avançado estágio de colmatção, o

SAC-EHSS controle foi o que apresentou a maior redução na extensão do escoamento superficial, após ter sido submetido ao período de repouso não-saturado por 7 dias. Deste modo, pode-se inferir que apesar de serem mais susceptíveis à obstrução dos espaços porosos, unidades não cultivadas apresentam condições que favorecem à redução do escoamento superficial. Segundo Knowles *et al.* (2011), em sistemas cultivados, o vento promove a oscilação das hastas das plantas, efeito conhecido como braço de alavanca, que provoca rachaduras na camada de lodo sobre a superfície do leito, aumentando a infiltração da água e, conseqüentemente, reduzindo o escoamento superficial. O SAC-EHSS cultivado com o capim-vetiver, por estar, inicialmente, em condições de maior colmatção, apresentou, ao 7º dia de repouso não-saturado, maior redução na extensão do escoamento superficial, que o cultivado com o capim-tifton 85. A maior efetividade na redução do escoamento superficial no SAC-EHSS cultivado com capim-vetiver, pode estar relacionado com as diferenças morfológicas entre os sistemas radiculares e as partes aéreas dos referidos capins. De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, o processo de descolmatção do meio poroso decorrente da drenagem e repouso não-saturado do sistema, refletiu de forma mais acentuada na redução da extensão do escoamento superficial do que no aumento da porosidade drenável, demonstrando ser as alterações proporcionadas na camada superficial colmatada, o principal responsável pela desobstrução dos poros do sistema. A recuperação da porosidade drenável proporcionada pela drenagem e repouso não-saturado dos SACs-EHSS pode ser considerada pequena, porém, ao se comparar os resultados obtidos nesse trabalho com os obtidos por outros autores, conclui-se que essa técnica apresentou bons resultados e, devido à sua simplicidade e facilidade de aplicação, torna-se altamente indicada para descolmatção parcial de SACs-EHSS colmatados.

CONCLUSÕES: A porosidade drenável aumentou exponencialmente com o tempo de repouso, tendo sido obtido, após 40 dias de repouso não-saturado, aumentos de 18, 19 e 39%, respectivamente, na porosidade drenável dos SACs-EHSS controle e cultivados com os capins tifton 85 e vetiver. A extensão do escoamento superficial nos leitos reduziu após a drenagem e repouso não-saturado dos SACs-EHSS, tendo sido totalmente cessada entre o 7º e 13º dia de repouso dos sistemas.

REFERÊNCIAS:

AIELLO, R.; BAGARELLO, V.; BARBAGALLO, S.; IOVINO, M.; MARZO, A.; TOSCANO, A. Evaluation of clogging in full-scale subsurface flow constructed wetlands. **Ecological Engineering**, v.95, p.505-513, 2016.

HUA, G. F.; ZENG, Y.; ZHAO, Z.; CHENG, K.; CHEN, G. Applying a resting operation to alleviate bioclogging in vertical flow constructed wetlands: an experimental lab evaluation. **Journal of environmental management**, v.136, p.47-53, 2014.

KADLEC, R. H.; WALLACE, S. D. **Treatment wetlands**. 2^{ed}. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 2009. 1016 p.

KNOWLES, P.; DOTRO, G.; NIVALA, J.; GARCÍA, J. Clogging in subsurface-flow treatment wetlands: Occurrence and contributing factors. **Ecological Engineering**, v.37, n.2, p.99-112, 2011.

MATOS, M. P.; SPERLING, M. V.; MATOS, A. T.; MIRANDA, S. T.; SOUZA, T. D.; COSTA, L. M. Key factors in the clogging process of horizontal subsurface flow constructed wetlands receiving anaerobically treated sewage. **Ecological Engineering**, v.106, p.588-596, 2017.