

**NOTA TÉCNICA:****TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS CULTIVADOS COM *Heliconia psittacorum* e *Hedychium coronarium***

Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco¹, Debora Moro Soela², Ismail Ramalho Haddade³, Eduardo France Oza⁴ & Milena Monteiro dos Santos⁵

1 - Engenharia Agrícola, Prof^ª do Ifes, campus Santa Teresa-ES. E-mail: paolalm@ifes.edu.br

2 - Estudante de Agronomia, Ifes, campus Santa Teresa-ES. E-mail: deboramoro.s@hotmail.com

3 - Engenheiro Agrônomo, Prof. do Ifes, campus Santa Teresa-ES. E-mail: ihaddade@ifes.edu.br

4 - Estudante de Agronomia, Ifes, campus Santa Teresa-ES. E-mail: eduardo.franceoza@hotmail.com

5 - Estudante de Agronomia, Ifes, campus Santa Teresa-ES. E-mail: millena_monteiro@hotmail.com

Palavras-chave:

eficiência
efluente
plantas ornamentais

RESUMO

Plantas ornamentais têm sido cultivadas em sistema alagados construídos (SACs) em vista do benefício econômico e paisagístico que podem trazer, além da satisfatória eficiência na remoção de poluentes de águas residuárias. Objetivou-se avaliar a eficiência de SACs cultivados com plantas ornamentais e a influência da vegetação na remoção de poluentes de águas residuárias de suinocultura. Os SACs foram submetidos à uma taxa de carregamento orgânico de água residuária de suinocultura de 100 kg ha⁻¹d⁻¹ da DBO, baseado no valor médio da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da água residuária. Para avaliar a eficiência dos sistemas, análises da DBO, sólidos totais (ST), sólidos suspensos (SS), turbidez (T) e nitrogênio total (NT) foram realizadas no afluente e no efluente aos SACs, a cada 15 dias, durante o funcionamento dos sistemas. A eficiência média na remoção das variáveis foi calculada a partir das concentrações e vazões afluente e efluente. Os cultivos de *Heliconia psittacorum* e *Hedychium coronarium* em SACs não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) na eficiência de remoção dos atributos avaliados, quando comparados ao SAC sem cultivo, durante o período de funcionamento dos sistemas. O SAC cultivado com o *Hedychium coronarium* proporcionou eficiências médias de 92,2; 68,7; 79,9; 82,6 e 90,8%, e o SAC cultivado com a *Heliconia psittacorum* proporcionou eficiências médias de 82,4; 81,5; 80,6; 83,4 e 82,3%, na remoção da DBO, SS, ST, T e NT, respectivamente.

Keywords:

efficiency
effluent
ornamental plants

SWINE WASTEWATER TREATMENT IN CONSTRUCTED WETLANDS SYSTEMS CULTIVATED WITH *Heliconia psittacorum* AND *Hedychium coronarium***ABSTRACT**

Ornamental plants have been cultivated in constructed wetlands (CWs) in view of the economic and landscape benefits they can bring, as well as their efficiency in removing pollutants from wastewater. The objective of this research was to evaluate the efficiency of CWs grown with ornamental plants and the vegetation influence on pollutant removal from swine wastewater. The CWs were submitted to an organic loading rate of 100 kg ha⁻¹d⁻¹ swine wastewater based on the mean value of the biochemical oxygen demand (BOD) of the wastewater. In order to evaluate the efficiency of the systems, BOD, total solids (TS), suspended solids (SS), turbidity (T), and total nitrogen (TN) were analyzed in the influent and effluent of the CWs every 15 days. The average removal efficiency for each variable was calculated using the influent and effluent concentrations and each respective flow. *Heliconia psittacorum* and *Hedychium coronarium* crops in CWs did not present statistical differences ($p < 0.05$) for the evaluated attributes of removal efficiency when compared to the non-cultivated wetland during the period of operation. The CW cultivated with *Hedychium coronarium* provided mean efficiencies of 92.2; 68.7; 79.9; 82.6 and 90.8%, and the CW cultivated with *Heliconia psittacorum* provided mean efficiencies of 82.4; 81.5; 80.6; 83.4 and 82.3% during the removal of BOD, SS, TS, T and TN, respectively.

INTRODUÇÃO

A suinocultura no Brasil é uma atividade pecuária que, em escala comercial, se expandiu muito nas últimas décadas, destacando-se as granjas que empregam o sistema de produção de animais confinados. Matos et al. (2009) ressaltam que esse sistema, no entanto, tem como fator de maior preocupação a quantidade de dejetos produzidos, que apresentam alto poder poluente, especialmente quando lançados sem tratamento em corpos hídricos.

Dentre as diversas soluções propostas para o tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico, como é o caso das provenientes de granjas suinícolas, distingue-se a sua disposição em sistemas alagados construídos (SACs) (MATOS et al., 2010). De acordo com Matos et al. (2013), tais sistemas caracterizam-se por serem robustos, de baixo custo e de simples operação e manutenção.

Os SACs são reservatórios preenchidos com materiais porosos, de alta condutividade hidráulica, geralmente constituídos por brita, que servem de suporte para o cultivo de macrófitas. No meio suporte, desenvolve-se um biofilme entremeado pelas raízes das plantas que proporciona a degradação de parte da matéria orgânica em solução, além da remoção, por meio de processos físicos, de sólidos sedimentáveis e sólidos suspensos. Assim, no sistema meio poroso-plantamicroorganismos, ocorre a depuração dos resíduos (PRATA et al., 2013).

Matos et al. (2009) reforçam que a escolha da espécie vegetal é, juntamente com outras variáveis de dimensionamento, de fundamental importância para o sucesso do tratamento de águas residuárias em SACs. Além disso, Matos et al. (2015) têm demonstrado que a planta e seu sistema radicular também contribuem para o aumento do tempo de vida útil das unidades, pela atenuação do progressivo processo de obstrução do meio poroso.

Recentemente, alguns trabalhos vêm reportando o uso de plantas ornamentais em SACs, tais como a *Hemerocallis flava* L. (Prata et al., 2013), a *Zantedeschia aethiopica* (Zurita et al. (2009) e a *Iris pseudacorus* L. (Wang et al., 2009), dentre outras, em razão da satisfatória eficiência na remoção de diversos poluentes de águas residuárias e pelo efeito paisagístico que proporcionam. Zanella (2008) reforça que além do efeito paisagístico, o

uso de plantas ornamentais em sistemas alagados vem proporcionando diminuição nos índices de rejeição do sistema pela população e, com a introdução de espécies de interesse comercial, a possibilidade de geração de trabalho e renda para a população circunvizinha.

Na busca por outras plantas ornamentais que também possam apresentar satisfatória eficiência de remoção de sólidos ou nutrientes das águas residuárias de suinocultura em SACs, vislumbra-se a utilização do Lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*) e a Helicônia-papagaio (*Heliconia psittacorum*) nesses sistemas.

O Lírio-do-brejo e a Helicônia-papagaio são plantas ornamentais com elevada ocorrência no estado do Espírito Santo e se adaptam muito bem em solos úmidos e ricos em matéria orgânica, fatores que favorecem o uso dessas espécies em sistemas alagados construídos no tratamento de águas residuárias de elevada carga orgânica, como as de suinocultura.

No entanto, muito se tem questionado quanto ao papel das macrófitas nesses sistemas, não havendo consenso entre pesquisadores a respeito da efetiva importância das macrófitas aquáticas nos SACs, quanto à eficiência de remoção dos poluentes das águas residuárias.

Fia et al. (2017), ao avaliarem a influência da vegetação em SACs cultivados com taboa (*Typha latifolia*) e capim tifton-85 (*Cynodon spp.*) na remoção de poluentes da água residuária da suinocultura (ARS), verificaram que a forma de cultivo nos SACs, nem mesmo o tipo de espécie cultivada, tiveram influência considerável na remoção de matéria orgânica, de macro e de micronutrientes da ARS. De forma semelhante, Matos et al. (2012), ao avaliarem a influência da presença de vegetação no processo de remoção de poluentes da água residuária de laticínios, verificaram que o SAC não vegetado apresentou desempenho semelhante ao dos SACs vegetados na remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), sólidos totais (ST), sólidos suspensos totais (SST) e sódio (Na). No entanto, os autores verificaram que o SAC cultivado com capim-tifton foi mais eficiente na remoção de NTK em relação ao não vegetado. Dallas & Ho (2005) reportaram melhores desempenhos em SACs cultivados com espécies aquáticas em relação aos não cultivados.

Dessa forma, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar a eficiência de SACs cultivados com plantas ornamentais e a influência da vegetação na remoção de poluentes de águas residuárias de suinocultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado e conduzido no setor de suinocultura do Instituto Federal do Espírito Santo – *campus* Santa Teresa.

Foram construídos 3 SACs, um sem cultivo, que atuou como testemunha, e outros dois cultivados com Lírio-do-brejo (*H. coronarium*) e Helicônia-papagaio (*H. psittacorum*), submetidos a uma taxa de carregamento orgânico (TCO) de ARS de 100 kg ha⁻¹d⁻¹ da DBO, estabelecida para atendimento das recomendações de Kadlec & Wallace (2009) de que deveria estar entre 40 e 250 kg ha⁻¹d⁻¹. A aplicação desta taxa era baseada no valor médio da DBO da água residuária, o que correspondia a um tempo de detenção hidráulico (TDH) em torno de 1,3 dias.

Para a montagem dos SACs, foram utilizados recipientes do tipo “cocho”, confeccionados em polietileno de alta densidade (PEAD), com dimensões de 35 cm de altura, 49 cm de largura e 195 cm de comprimento. Na saída dos cochos, foram colocados drenos com flange e tubo de PVC de 32 mm.

Como meio suporte, foi utilizada a brita # 0 (diâmetro – D60 = 7,0 mm, Coeficiente de Uniformidade D60/D10 = 1,6 e volume de vazios de 48,4%), até a altura de 30 cm, passando cada cocho a ter um volume útil de 0,118 m³.

A ARS era armazenada em um reservatório de polietileno com capacidade de 2000 L, que fornecia a água residuária para 3 caixas de 100 L,

funcionando com sistema de bóia, e posicionadas à montante dos 3 SACs.

Em cada SAC foram plantadas um total de 5 (cinco) mudas de cada planta ornamental.

Após o plantio das mudas, o leito do SAC foi preenchido até a altura de 25 cm (deixando uma borda livre de 5 cm) com água da rede de abastecimento, para iniciar a adaptação das plantas ao meio suporte. Quinze dias após o plantio, o SAC foi preenchido com a ARS, assim permanecendo por 45 dias, com a finalidade de adaptação das plantas ao novo meio suporte e ocorrer a formação do biofilme. Após esse período de adaptação do sistema, deu início a aplicação diária de água residuária de suinocultura na taxa pré-definida, dando início à fase experimental de monitoramento, a qual durou um período de 3 (três) meses. O SAC sem cultivo teve os mesmos tratamentos dos SACs cultivados.

A taxa de aplicação da água residuária foi controlada, diariamente, por meio de uma válvula instalada na tubulação de condução da água residuária posicionada à montante dos SACs, sendo as medições, para ajuste das vazões, efetuadas pelo método direto, utilizando-se um recipiente graduado.

Para avaliar a eficiência dos sistemas, análises da DBO, sólidos totais (ST), sólidos suspensos (SS), turbidez (T) e nitrogênio total (NT) foram realizadas no afluente e no efluente aos SACs, a cada 15 dias, durante o funcionamento do sistema, perfazendo um total de 6 amostras analisadas. Todas as análises foram feitas no Laboratório Qualidade de Água e Resíduos Sólidos do Ifes – *campus* Santa Teresa, em conformidade com o método descrito por Matos (2015). As variáveis avaliadas e os respectivos métodos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis avaliadas e os respectivos métodos utilizados nas análises

Variáveis	Metodologia
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	Quantificação do oxigênio dissolvido pelo método iodométrico (Processo Winkler)
Sólidos totais (ST)	Método gravimétrico
Sólidos suspensos (SS)	Método gravimétrico
Turbidez (T)	Método nefelométrico
Nitrogênio total (NT)	Processo semimicroKjeldahl

Tabela 2. Média dos atributos do afluente aos SACs

pH	ST	SS	NT	T
mg L ⁻¹			UNT
8,5	1.490,9	82,0	6.930,3	67,3

*Em que pH- potencial hidrogeniônico; ST- sólidos totais; SS – sólidos suspensos; NT – nitrogênio total; T – turbidez.

Na Tabela 2 apresenta-se a média dos atributos determinados no afluente aos SACs durante o tempo de operação.

A eficiência (Ef) de remoção de poluentes foi calculada por meio da Equação (1), a partir das concentrações e das vazões afluentes e efluentes, obtidas nas diversas ocasiões em que foram coletadas as amostras.

$$Ef (\%) = \left[\frac{(C_A \times Q_A) - (C_E \times Q_E)}{(C_A \times Q_A)} \right] \times 100 \quad (1)$$

em que,

Ef = eficiência de remoção, em %;

C_A = carga do afluente, em mg L⁻¹ ou UNT;

Q_A = vazão do afluente, L d⁻¹;

C_E = carga do efluente, em mg L⁻¹ ou UNT;

Q_E = vazão do efluente, L d⁻¹.

O experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 3 tratamentos (SACs) e 6 repetições.

A fim de verificar se os valores efluentes dos três SACs atendiam às pressuposições da casualidade, aplicaram-se os testes de Bartlett e Lilliefors, para verificar a homogeneidade e a normalidade, respectivamente, tomando-se as 6 coletas como repetições. Quando os dados apresentavam homogeneidade de variâncias e normalidade, procedeu-se a análise de variância, seguida do teste Tukey, quando havia diferença significativa entre as médias. Para todas as análises estatísticas, considerou-se um valor de 5% para o erro α . As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa estatístico SAEG 9.1 (RIBEIRO JR., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentadas as eficiências de remoção da DBO, sólidos suspensos (SS), sólidos totais (ST), turbidez (T) e nitrogênio total (NT) da

ARS, bem como o erro, desvio padrão e coeficiente de variação, durante o período de monitoramento dos SACs cultivados com Helicônia, Lírio-do-brejo e do SAC sem cultivo.

Para todas as variáveis avaliadas, verificaram-se ausências de diferenças entre os tratamentos avaliados ($P > 0,05$) já na análise de variância, motivo pelo qual não são demonstradas as diferenças entre estes na Tabela 3. Apesar de não ter havido diferença, observou-se tendência de maior eficiência de remoção da DBO, ST, T e NT nos SACs cultivados, quando comparados ao SAC sem cultivo. No caso da variável SS, apenas o SAC cultivado com Helicônia apresentou eficiência maior que o SAC sem cultivo.

Em relação à DBO, os resultados das eficiências obtidas nos SACs cultivados com Helicônia (82,4%) e Lírio-do-brejo (92,2%) indicam que os mesmos foram eficientes na remoção do material biodegradável e podem ser considerados satisfatórios quando comparados a outros trabalhos de pesquisa tratando água residuária em SACs, também cultivados com plantas ornamentais. Prata et al. (2013) obtiveram 83,5% de remoção da DBO em SACs cultivados com Lírio Amarelo, recebendo uma TCO de 98 kg da DBO ha⁻¹ d⁻¹, semelhante a este trabalho, porém, com TDH de 2 dias. Os resultados obtidos neste trabalho são superiores aos encontrados por Zurita et al. (2009) que obtiveram remoções da DBO de 76,0% para SACs cultivados com *Zantedeschia aethiopica* e 77,1% para SACs cultivados com cultura mista (*Strelitzia reginae*, *Anthurium andreanum* e *Agapanthus africanus*), operando com TDH de 4 dias.

Considerando os padrões de lançamento da DBO (60 mg L⁻¹) ou tratamento com eficiência de remoção da DBO em, no mínimo, 60%, estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente N°430/2011 (BRASIL, 2011), verifica-se que os efluentes de todos os SACs atenderam aos padrões de lançamento.

Tabela 3. Eficiências médias de remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos suspensos (SS), sólidos totais (ST), turbidez (T) e nitrogênio total (NT) da água residuária de suinocultura (ARS), no período de monitoramento dos SACs

Variável	Tratamentos	Média ± Erro Padrão	DP	CV
DBO	SAC - Helicônia	82,4 ± 7,5	18,3	22,2%
	SAC - Lírio	92,2 ± 2,5	6,1	6,6%
	SAC - Sem cultivo	73,1 ± 6,5	16,0	21,9%
SS	SAC - Helicônia	81,5 ± 4,2	10,2	12,6%
	SAC - Lírio	68,7 ± 12,2	29,9	43,6%
	SAC - Sem cultivo	71,5 ± 11,2	27,5	38,4%
ST	SAC - Helicônia	80,6 ± 5,4	13,3	16,5%
	SAC - Lírio	79,9 ± 5,7	13,9	17,3%
	SAC - Sem cultivo	67,6 ± 8,0	19,5	28,9%
T	SAC - Helicônia	83,4 ± 5,3	13,0	15,5%
	SAC - Lírio	82,6 ± 6,2	15,2	18,3%
	SAC - Sem cultivo	74,2 ± 7,9	19,3	26,0%
NT	SAC - Helicônia	82,3 ± 6,6	16,1	19,6%
	SAC - Lírio	90,8 ± 3,0	7,5	8,2%
	SAC - Sem cultivo	73,0 ± 9,4	23,1	31,7%

De acordo com a Tabela 3, observa-se elevadas remoções de sólidos suspensos totais (SST) nos SACs cultivados com Helicônia (81,5%) e Lírio-do-brejo (68,7%). De acordo com Metcalf & Eddy (2003), os SACs são eficientes na remoção de SST em decorrência da sedimentação nos interstícios, retenção por restrição ao escoamento (filtração) e adesão aos grânulos do material suporte (em razão da ação da força de Van der Waals). No entanto, observa-se que apenas o SAC cultivado com Helicônia apresentou maior eficiência na remoção de sólidos suspensos (SS) em relação ao SAC sem cultivo (71,5%). Nesse caso, é possível que a menor eficiência de remoção no SAC cultivado com o Lírio-do-brejo em relação ao SAC sem cultivo possa estar relacionada ao fato de que, na rizosfera desta planta ornamental pode haver a formação de caminhos preferenciais que facilitem o arraste de sólidos suspensos fora dos SACs, contribuindo para uma menor eficiência de remoção pelo sistema. Tal fato foi também verificado por Fia et al. (2016) e Matos et al. (2010). Segundo os últimos autores, estima-se que esse comportamento poderá

ser alterado com o tempo de operação dos SACs, à medida que as raízes se aprofundarem mais no substrato poroso e/ou houver maior acúmulo de sólidos.

A eficiência de remoção de SS no SAC cultivado com Helicônia foi superior ao obtido por Prata et al. (2013), que alcançaram 71,6% em SACs cultivados com Lírio-do-brejo, aplicando TCO semelhante a este trabalho, porém, com TDH maior (2 dias), no tratamento de efluente doméstico. Comparando-se com outros tipos de vegetação, observa-se que os resultados obtidos neste trabalho foram inferiores aos de Matos et al. (2010), que obtiveram eficiências de 86, 93, 90 e 89% na remoção de SST, em SACs cultivados com taboa, alternanthera, capim tifton e SAC misto (cultivados com taboa, alternanthera e tifton), respectivamente, no tratamento de águas residuárias de suinocultura, com TCO média de 154,8 kg ha⁻¹ d⁻¹ da DBO.

Quanto à eficiência de remoção dos sólidos totais (Tabela 3), observa-se que mesmo não havendo diferença estatística, observa-se que os SACs cultivados com Helicônia e Lírio-do-brejo

proporcionaram elevadas eficiências (ambos em torno de 80%) em relação ao SAC sem cultivo (67,6%). Tais resultados podem ser considerados satisfatórios quando comparados com os resultados obtidos por Matos *et al.* (2010), que ao avaliarem a eficiência de SACs cultivados com capim Tifton-85, Alternanthera e Taboa no tratamento de água residuária de suinocultura, não obtiveram eficiências superiores a 67% de remoção de ST, aplicando-se uma TCO média de 158,5 kg da DBO ha⁻¹ d⁻¹, porém com TDH muito maior (4,8 dias) que este trabalho (1,3 dias).

Embora não tenha havido diferença estatística entre os SACs cultivados e o não cultivado na eficiência de remoção da turbidez (Tabela 3), verifica-se que os SACs cultivados com Helicônia e Lírio-do-brejo apresentaram tendência de proporcionarem maiores eficiências (83,4 e 82,6%, respectivamente) em relação ao SAC não cultivado (74%). Tal resultado já era esperado em razão da elevada eficiência de remoção obtida nos sólidos suspensos, atributo altamente correlacionado com a turbidez.

Os resultados de remoção de NT, obtidos neste trabalho, foram estatisticamente iguais entre os SACs ($p > 0,05$) com médias de 82, 90 e 73% de remoção de NT para Helicônia, Lírio e o SAC sem cultivo, respectivamente. Mesmo não havendo diferença significativa, observa-se que os SACs cultivados proporcionaram uma eficiência maior na remoção de NT da água residuária de suinocultura, quando comparado com o SAC sem cultivo. De acordo com Rossmann (2011), o melhor desempenho de SACs vegetados em relação aos não vegetados na remoção de nitrogênio é decorrente da absorção deste nutriente pelas plantas e possivelmente, à presença de maior quantidade e diversidade de microrganismos nos SACs vegetados, proporcionando melhores condições de desenvolvimento a estes, como por exemplo, maior estabilidade térmica e maior variedade e disponibilidade de alimentos. A maior quantidade e diversidade de microrganismos certamente potencializam os processos de decomposição e transformação das diferentes formas de nitrogênio e, conseqüentemente, diversificam ainda mais os caminhos da remoção.

As eficiências de remoção de NT obtidas nos

SACs cultivados com Helicônia (82,3%) e Lírio-do-brejo (90,8%) podem ser consideradas altas, contrariando Vymazal (2007), que afirma que a eficiência de remoção deste nutriente em SACs varia entre 40 e 50%. De fato, os resultados obtidos neste trabalho foram superiores quando comparadas com outros trabalhos envolvendo plantas ornamentais, tais como os de Prata *et al.* (2013) e Zurita *et al.* (2009). Prata *et al.* (2013) obtiveram média de 49,4% de eficiência de remoção em SAC cultivado com Lírio amarelo, recebendo TCO semelhante (98 kg da DBO ha⁻¹ d⁻¹) ao deste trabalho, porém com TDH de 2 dias. Zurita *et al.* (2009) obtiveram remoções de 53,7 e 51,7% de NT em SACs cultivados com copo-de-leite e em SAC misto, respectivamente, com TDH de 4 dias, no tratamento de esgoto doméstico.

Comparando-se os resultados obtidos deste trabalho com SACs cultivados com outras espécies vegetais, verifica-se que os resultados também foram superiores. Matos *et al.* (2010) obtiveram remoções de 51; 61; 64 e 64% de NT em SACs cultivados com taboa, alternanthera, tifton-85 e SAC misto (cultivados com taboa, alternanthera e tifton-85), respectivamente, no tratamento de ARS, aplicando-se uma TCO de 158,5 kg da DBO ha⁻¹ d⁻¹. Matos *et al.* (2012) obtiveram remoções de 51 a 70% e de 14 a 50% de NT em SACs cultivados com capim-tifton-85 e capim-elefante, respectivamente, no tratamento de águas residuárias de laticínios, com TDH de 4,8 dias. Fia *et al.* (2017) obtiveram remoções de 37 e 40% de NT em sistemas alagados construídos cultivados com Taboa e capim Tifton-85, tratando água residuária da suinocultura.

A elevada eficiência na remoção de NT (73%) no SAC sem cultivo pode estar relacionada com elevada remoção de matéria orgânica nesses sistemas. Como o nitrogênio apresenta forte associação com o material orgânico (LO MONACO *et al.*, 2009), a retenção de material sólido (ST), que ficou em torno de 68%, de certa forma, pode também explicar os resultados de remoção alcançados em relação ao NT nos SACs sem cultivo. Dessa forma, quanto maior a remoção de sólidos totais da ARS, maiores as remoções de NT.

Além disso, a elevada remoção de nitrogênio nos SACs cultivados e não cultivados pode ser

atribuída à possível perda de nitrogênio por volatilização, evidenciada pelo elevado valor de pH durante o período de operação dos sistemas (Tabela 2), às maiores temperaturas durante o período experimental (meses de outubro à fevereiro), bem como o cheiro característico durante o período de operação dos sistemas.

Como o manejo dos dejetos na suinocultura onde foi realizado o experimento é feito por raspagem, a maior parte do nitrogênio na água residuária está na forma amoniacal (oriundo da urina dos animais), concentrando-se ainda mais em razão da escassez hídrica ocorrida durante o período experimental. Com o pH em torno de 8,5 (Tabela 2), temperaturas maiores e a elevada concentração do nitrogênio na água residuária aplicada aos SACs (Tabela 1), é possível ter ocorrido perda deste elemento por volatilização. Poach et al. (2004) observaram que a volatilização de NH_3 foi o mecanismo de remoção de N dominante (54-79%) quando se aplicaram cargas de N maiores ($15 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) em SACs no tratamento de águas residuárias de suinocultura.

CONCLUSÃO

- Os cultivos de Helicônia e Lírio-do-brejo em SACs não apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) na eficiência de remoção dos atributos avaliados, quando comparados ao SAC sem cultivo, durante o período de funcionamento dos sistemas.
- O SAC cultivado com o Lírio-do-brejo proporcionou eficiências médias de 92,2; 68,7; 79,9; 82,6 e 90,8%, e o SAC cultivado com a Helicônia-papagaio proporcionou eficiências médias de 82,4; 81,5; 80,6; 83,4 e 82,3%, na remoção da DBO, SS, ST, T e NT, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. (2011) Resolução CONAMA 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente -

CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 maio 2011. Seção 1, n.92, p.89.

DALLAS, S.; HO, G. Subsurface flow reed beds using alternative media for the treatment of domestic grey water in Monteverde, Costa Rica, Central America. *Water Science and Technology*, v.51, n.10, p.119-28, 2005.

FIA, F.R.L.; MATOS, A.T.; FIA, R.; BORGES, A.C.; CECON, P.R. Efeito da vegetação em sistemas alagados construídos para tratar águas residuárias de suinocultura. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v.22, n.1, p.303-311, 2017.

KADLEC, R.H.; WALLACE, R.D. *Treatment wetlands*. 2. ed. Florida: CRC Press. 1016p. 2009.

LO MONACO, P.A.V.; MATOS, A.T.; SARMENTO, A.P.; LOPES JÚNIOR, A.V.; LIMA, J.T. Desempenho de filtros constituídos por fibras de coco no tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.17, n.6, p.473-480, 2009.

MATOS, A.T. *Manual de análise de resíduos sólidos e águas residuárias*. Viçosa: Editora UFV, 1ª ed., 2015. 149p.

MATOS, A.T.; ABRAHÃO, S.S.; LO MONACO, P.A.V. Eficiência de sistemas alagados contruídos na remoção de poluentes de águas residuárias de laticínios. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.32, n.6, p.1144-1155, 2012.

MATOS, A.T.; FREITAS, W.S.; LO MONACO, P.A.V. Eficiência de alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da suinocultura. *Ambi-Água*, Taubaté, v.5, n.2, p.119-132, 2010.

MATOS, A.T.; FREITAS, W.S.; LO MONACO, P.A.V. Capacidade extratora de diferentes espécies vegetais cultivadas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura. *Ambi-Água*, Taubaté, v.4, n.2, p.31-45, 2009.

MATOS, M.P.; VON SPERLING, M.; MATOS, A.T.; PASSOS, R.G. Uso de traçador salino para avaliação da colmatção e das condições hidrodinâmicas em sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.35, n.6, p.1137-1148, 2015.

MATOS, A.T.; CHAGAS, R.C.; AZEVEDO, A.A.; LO MONACO, P.A.V.; ZAPAROLI, B.R. Desempenho agrônômico do lírio amarelo cultivado sob diferentes taxas de aplicação de esgoto doméstico em sistemas alagados construídos. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.21, n.1, p.79-88, 2013.

POUCH, M.E; HUNT, P.G.;REDDY, G.B.; STONE, K.C.; MATHENY, T.A.; JOHNSON, M.H.; SADLER, E.J. *Journal Environmental Quality*, v.33, n.3, p.844-851, 2004.

PRATA, R.C.C.; MATOS, A.T.; CECON, P.R.; LO MONACO, P.A.V.; PIMENTA, L.A. Tratamento de esgoto sanitário em sistemas alagados construídos cultivados com lírio amarelo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.33, n.6, p.1144-1155, 2013.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa, MG: UFV, 2001. 301p.

ROSSMANN, M. *Sistemas alagados construídos*

para tratamento de águas residuárias do processamento dos frutos do cafeeiro: eficiência e caracterização das comunidades microbianas. 2011. 77f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

VYMAZAL, J. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the Total Environment*, v.380, n.1-3, p.48-65, 2007.

WANG, R.; KORBOULEWSKY, N.; PRUDENT, P.; BALDY, V.; BONIN, G. Can vertical-flow wetland systems treat high concentrated sludge from a food industry? A mesocosm experiment testing three plant species. *Ecological Engineering*, Amsterdam, v.35, n.2, p.230-237, 2009.

ZANELLA, L. Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: wetlands construídos utilizando brita e bambu como meio suporte. 2008. 189f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas,2008.

ZURITA, F.; ANDA, J.D.; BELMONT, M.A. Treatment of domestic wastewater and production of commercial flowers in vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetlands. *Ecological Engineering*, Amsterdam, v.35, n.5, p.861-869, 2009.