

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CURSO SUPERIOR DE AGRONOMIA

**JAYNI ZUCOLOTO GASPARINI**

**TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM SISTEMAS  
ALAGADOS CONSTRUÍDOS CULTIVADOS COM CAPIM-TANGOLA (*Urochloa  
purpuracens x Urochloa arrecta*)**

SANTA TERESA

2021

JAYNI ZUCOLOTO GASPARINI

**TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM SISTEMAS  
ALAGADOS CONSTRUÍDOS CULTIVADOS COM CAPIM-TANGOLA (*Urochloa  
purpuracens x Urochloa arrecta*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenadoria do Curso de Agronomia do Instituto  
Federal do Espírito Santo como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco  
Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Haddad Souza Vieira

SANTA TERESA

2021

(Biblioteca Major Bley do Instituto Federal do Espírito Santo)

G249t Gasparini, Jayni Zucoloto.

Tratamento de água residuária de suinocultura em sistemas alagados construídos cultivados com capim-tangola (*Urochloa purpuracens x Urochloa arrecta*) / Jayni Zucoloto Gasparini. – 2021.

27f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco  
Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Haddad Souza Vieira

Monografia (graduação em Agronomia) – Instituto Federal do Espírito Santo, Coordenadoria do Curso de Agronomia. Santa Teresa, 2021.

Inclui bibliografias.

1. Sistemas alagados construídos. 2. Água residual. 3. Capim-tangola. 4. Suinocultura. I. Lo Monaco, Paola Alfonsa Vieira. II. Vieira, Gustavo Haddad Souza. III Instituto Federal do Espírito Santo. IV. Título.

CDD 23 – 628.3623

**JAYNI ZUCOLOTO GASPARINI**

**TRATAMENTO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM SISTEMAS  
ALAGADOS CONSTRUÍDOS CULTIVADOS COM CAPIM-TANGOLA (*Urochloa  
purpuracens x Urochloa arrecta*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenadoria do Curso de Agronomia do Instituto  
Federal do Espírito Santo como requisito parcial para  
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovado em 18 de outubro de 2021.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



---

Profª. D. Sc. Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Orientadora



---

Prof. D. Sc. Gustavo Haddad Souza Vieira  
Instituto Federal do Espírito Santo



---

Eng. Agrônomo Eduardo France Oza  
Secretário Municipal de Agricultura - Iconha

## RESUMO

Gramíneas tropicais têm sido cultivadas em sistemas alagados construídos (SAC's) em vista por apresentarem alta produtividade e alta capacidade de remoção de nutrientes e demais poluentes da água residuária. Objetivou-se avaliar a eficiência de SAC's cultivados com capim-Tangola e a influência da vegetação na remoção de poluentes de águas residuárias de suinocultura. Os SAC's foram submetidos a uma taxa de carregamento orgânico de água residuária de suinocultura de  $300 \text{ kg ha}^{-1}\text{d}^{-1}$  da DBO, baseado no valor médio da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da água residuária. Para avaliar a eficiência dos sistemas, análises de sólidos totais (ST), turbidez (T), cor, nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT) foram realizadas no afluente e no efluente aos SAC's, 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. O cultivo de capim-Tangola (*Urochloa purpuracens x Urochloa arrecta*) em SAC's 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 capim-Tangola proporcionou remoções médias de 90 a 95% de turbidez, 79 a 80% de sólidos totais, 76 a 82% de cor, 42 a 70% de nitrogênio total e de 51 a 63% de fósforo total, no tratamento de águas residuárias da suinocultura.

**Palavras chaves:** Sistemas Alagados Construídos. Capim-Tangola. Água Residuária de Suinocultura.

## ABSTRACT

Tropical grasses have been cultivated in constructed wetlands systems (CWs) in view of presenting high productivity and high capacity of nutrient removal and other pollutants from wastewater. The objective was to evaluate the efficiency of CWs cultivated with Tangola grass (*Urochloa purpuracens* x *Urochloa arrecta*) and the influence of vegetation on the removal of pollutants from swine wastewater. The CWs were submitted to an organic loading rate of swine wastewater of 300 kg ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> of BOD, based on the mean value of biochemical oxygen demand (BOD) of wastewater. In order to evaluate the efficiency of the systems, analyses of total solids (TS), turbidity (T), color, total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) were carried out in the influent and effluent of the CWs every 30 days, during the operation of the systems. The average removal efficiency for each variable was calculated using the influent and effluent concentrations and each respective flow. Tangola grass 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 Tangola grass provided average removals of 90 to 95% of turbidity, 79 to 80% of total solids, 76 to 82% of color, 42 to 70% of total nitrogen and 51 to 63% of total phosphorus, in the treatment of swine wastewater.

**Keywords:** Constructed Wetlands. Tangola grass. Swine Wastewater.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>8</b>
2.1	REVISÃO DE LITERATURA .....	8
2.1.1	Águas residuárias da suinocultura.....	8
2.1.2	Sistemas Alagados Construídos (SAC's).....	8
2.1.3	Espécies vegetais em Sistemas Alagados Construídos.....	9
2.1.4	Capim-Tangola .....	10
2.2	METODOLOGIA .....	11
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
<b>3</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>23</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>24</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de carne suína cresceu consistentemente na última década, passando de 3,237 milhões de toneladas, em 2010, para 4,436 milhões de toneladas, em 2020, colocando o Brasil como o quarto maior produtor e exportador de carne suína, conforme dados da Associação Brasileira de Produção Animal - ABPA (2020). Tal crescimento é atribuído ao aumento da demanda do seu consumo e de seus derivados. Desse modo, a suinocultura caracteriza-se como uma atividade importante social e economicamente.

O desenvolvimento da suinocultura brasileira pode ser atribuído aos avanços tecnológicos obtidos na cadeia produtiva, tais como o melhoramento genético, nutrição, ambiência, sanidade, dentre outros. De acordo com Ferreira (2012), a atividade trabalha principalmente com sistema intensivo, que se caracteriza pela produção de carne em áreas reduzidas com elevado número de animais. Contudo, esse sistema de produção traz inúmeros problemas, dentre os quais, a grande quantidade de água residuária produzida, principalmente quando lançada sem tratamento em corpos hídricos.

As águas residuárias da suinocultura são ricas em matéria orgânica e nutrientes minerais, provenientes da alimentação desses animais. Quando lançadas sem qualquer tratamento em corpos hídricos causam diversos impactos ambientais como a eutrofização, crescimento excessivo de algas e morte de peixes. Dessa forma, torna-se fundamental o tratamento dessas águas antes de serem lançadas em corpos hídricos.

Dentre as diversas soluções propostas para o tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico, distingue-se a sua disposição em sistemas alagados construídos (SAC's), os quais têm sido considerados como um dos sistemas de tratamento de águas residuárias mais promissores nos últimos tempos, notadamente em áreas agrícolas, em razão do baixo custo e simplicidade na implantação e operação.

Os SAC's 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, nestes sistemas, utiliza-se o meio suporte-planta-microrganismos para a depuração dos resíduos



(CHAGAS et al., 2012). A escolha da espécie vegetal é, juntamente com outras variáveis de dimensionamento, de fundamental importância para o sucesso do tratamento de águas residuárias em SAC's (MATOS et al., 2009).

As espécies vegetais a serem selecionadas para cultivos em SAC's devem ser perenes, ter alta tolerância ao excesso de água e a ambientes eutrofizados, ser de fácil propagação e crescimento rápido, ser de fácil colheita e manejo e possuir alta capacidade de remoção de nutrientes e poluentes (MATOS et al., 2008). As gramíneas, por apresentarem alta produtividade e alta capacidade de remoção de nutrientes e demais poluentes da água residuária, têm sido apontadas como uma família botânica promissora para implantação nesses sistemas.

O capim-Tangola (*Urochloa purpuracens x Urochloa arrecta*) é uma gramínea de clima tropical quente e úmido, com elevada ocorrência no estado do Espírito Santo e boa aceitabilidade por bovinos e equinos, sendo uma planta de fácil propagação, crescimento rápido e adaptada em locais úmidos, fatores que favorecem o uso dessa espécie em sistemas alagados construídos.

Em razão da escassez de dados a respeito dessa gramínea em SAC's, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de sistemas alagados construídos, cultivados com Capim-Tangola (*U. purpuracens x U. arrecta*), na remoção de atributos químicos e físicos de águas residuárias de suinocultura.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 REVISÃO DE LITERATURA**

#### **2.1.1 Águas residuárias da suinocultura**

A suinocultura brasileira avançou notoriamente nas últimas décadas, tanto em termos tecnológicos quanto em termos de relevância no contexto mundial da produção de carnes, tornando o país um dos maiores produtores e exportadores de carne suína no cenário mundial. Entretanto, o aumento da produção vem aliado à grande exigência do mercado, de modo a criar a necessidade de que a produção de suínos no Brasil continue evoluindo, para acompanhar a tendência mundial, respeitando as normas oficiais de bem-estar animal e de proteção ao meio ambiente (ABCS, 2014).

O desenvolvimento da suinocultura tem como fator de maior preocupação a quantidade de dejetos produzidos, que apresentam alto poder poluente. Caso o efluente seja lançado sem tratamento em corpos hídricos, a presença de sólidos suspensos pode reduzir a penetração da luz e prejudicar a fotossíntese pelas algas e conseqüentemente a produção de oxigênio no corpo hídrico (NANDORF et al., 2021).

As águas residuárias da suinocultura (ARS) apresentam principalmente matéria orgânica, organismos patogênicos, sólidos e nutrientes diversos como, nitrogênio, fósforo, potássio, sódio, cálcio, magnésio, manganês, ferro, cobre, zinco e outros elementos incluídos na dieta desses animais (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

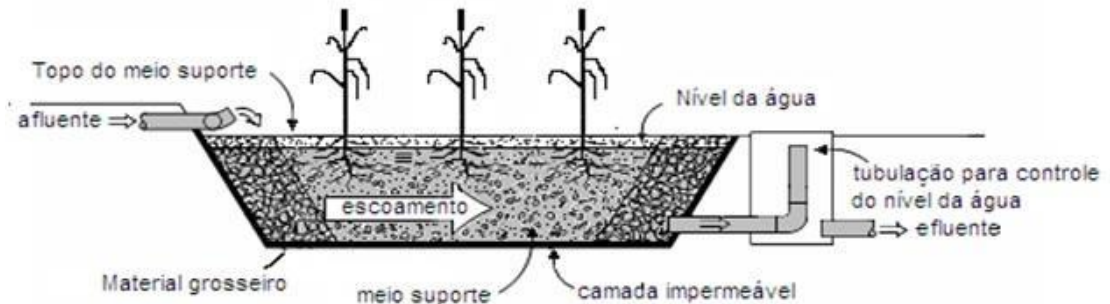
Dentre as soluções simples, propostas para tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico, como é o caso das provenientes de granjas suinícolas, distingue-se a sua disposição em sistemas alagados construídos por ser uma forma viável e de baixo custo para seu tratamento.

#### **2.1.2 Sistemas Alagados Construídos (SAC's)**

Os SAC's de escoamento subsuperficial horizontal (Figura 1) têm sido comumente utilizados para o tratamento secundário de efluentes domésticos de pequenas comunidades (BRASIL; MATOS; LO MONANCO., 2013; CHAGAS et al., 2012; EUSTÁQUIO JÚNIOR et al., 2012; MATOS et al., 2013; ZURITA; ANDA; BELMENT, 2009), mas podem também ser aplicados no tratamento de águas residuárias e agroindustriais, como as de suinocultura (MATOS;

FREITAS; LO MONACO, 2009), laticínios (MATOS; ABRAHÃO; PEREIRA, 2008) e a do processamento dos frutos do cafeeiro (FIA et al., 2010).

**Figura 1** - Sistema alagado construído de fluxo subsuperficial.



Fonte: KADLEC e WALACE (2009).

Os Sistemas Alagados Construídos realizam a remoção de poluentes das águas residuárias através de reações físicas, químicas e biológicas devido ao contato com o meio suporte e com o sistema radicular da vegetação presente no sistema (POLPRASERT; KITTIPONGVISES, 2011).

De acordo com Matos et al. (2013), nestes sistemas, utiliza-se o meio suporte-planta-microrganismos para a depuração dos resíduos, sendo caracterizados por serem robustos, de baixo custo e de simples operação e manutenção. Tais aspectos os tornam ideais para aplicação em regiões carentes de saneamento básico, adequando-se perfeitamente às condições de países de clima tropical, que possuam áreas disponíveis à sua implantação, como é o caso do Brasil.

### 2.1.3 Espécies vegetais em Sistemas Alagados Construídos

O uso de macrófitas em SAC's auxiliam nos processos microbiológicos e bioquímicos de decomposição da matéria orgânica, mineralização de nutrientes e remoção de patógenos, além do importante papel de suas raízes na filtragem, sedimentação e na formação do biofilme (SHELEF; GROSS; RACHMILEVITCH, 2013).

Alguns trabalhos vêm reportando o uso de gramíneas tropicais em SAC's, como a capim-elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum* Schum) (MATOS et al., 2010a), capim-tifton 85 (*Cynodon dactylon* Pers.) (FIA et al., 2011; MATOS et al., 2010 a; 2010 b e 2010 c), azevém (*Lolium multiflorum*) (FIA et al., 2010) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) (FIA et al., 2010)

e têm apresentado sucesso, em SAC's, no tratamento de águas residuárias agroindustriais, obtendo-se ótimos resultados quanto à adaptabilidade dessas espécies e quanto à eficiência de remoção de nutrientes e poluentes de águas residuárias de suinocultura e laticínios tratadas em SAC's.

O cultivo de gramíneas forrageiras tropicais em sistemas alagados pode fornecer um benefício econômico necessário para incentivar pequenas comunidades a manter um sistema de tratamento de esgoto, uma vez que as espécies cultivadas podem ser aproveitadas na alimentação animal.

#### **2.1.4 Capim-Tangola**

O Capim-Tangola (*U. purpuracens x U. arrecta*) é um híbrido natural entre o capim-tannergrass (*Urochloa arrecta*) e o capim-angola (*Urochloa purpuracens*), sendo considerada uma planta anfíbia, ou seja, sobrevive tanto em terra firme quanto na água. Apresenta colmos ocos, que facilitam a difusão do oxigênio para suas raízes e também auxiliam na flutuação da planta em ambientes alagados (TONETTO, 2017).

Além disso, é uma gramínea tropical que apresenta boa aceitabilidade por bovinos e equinos e apresenta alto valor nutritivo, com teores de proteína bruta (PB) superiores a 12% ao longo de quase todo o ano, sem adubação, o que é considerado excelente (ANDRADE et al., 2009).

Não existem estudos avaliando as exigências nutricionais do Capim-Tangola, entretanto, há informações indicando que seu parental (capim-angola) é uma gramínea adaptada a uma ampla gama de solos (de arenosos a argilosos), com fertilidade variando de moderada a alta. Tolerância salinidade moderada e pH acima de 4,5, além de conviver normalmente com os altos níveis de elementos tóxicos que geralmente são produzidos em solos encharcados (COOK et al., 2005).

Em estudo realizado por Figueiredo et al. (2016), verificaram-se que adubações nitrogenadas e potássica, em sistemas irrigados, aumentaram a produtividade do Capim-Tangola durante o outono, indicando que é uma gramínea exigente em fertilidade. Desta forma, sugere-se que este capim se adapta satisfatoriamente em sistemas alagados construídos no tratamento de águas residuárias de suinocultura, em ambiente úmido e efluente reconhecidamente rico em nutrientes.

Em razão dessas características importantes, sobretudo a adaptação em meios encharcados ricos em material orgânico, acredita-se que o cultivo do Capim-Tangola em SAC's no tratamento de águas residuárias de suinocultura seja uma solução promissora na área de saneamento de pequenas comunidades e/ou granjas suinícolas no interior do Espírito Santo.

## 2.2 METODOLOGIA

O experimento foi implantado e conduzido na área adjacente ao Laboratório Qualidade de Água e Resíduos Sólidos do Instituto Federal do Espírito Santo – *Campus Santa Teresa*. A altitude do local é de 150 metros do nível do mar, com coordenadas de 19° 48' latitude sul e 40° 40' de longitude oeste de Greenwich.

**Figura 2** - Área experimental instalada adjacente ao Laboratório Qualidade de Água e Resíduos Sólidos do Instituto Federal do Espírito Santo – *Campus Santa Teresa*.



**Fonte:** Próprio autor (2021).

O setor de suinocultura, onde foi coletada a água residuária, possui infraestrutura de maternal e engorda e, no momento da execução do experimento, a granja contava com 6 (seis) matrizes, sendo que 3 (três) tinham gestação confirmada, e 2 (dois) reprodutores. Esses animais são tratados duas vezes ao dia com ração composta de farelo de milho, soja, trigo e núcleo. A composição da dieta dos animais muda conforme a necessidade da fase produtiva em que se encontram.

A água residuária é gerada através da lavagem das baias da granja. Deste modo, é composta de fezes, urina e restos de ração. Esta água residuária escoar por uma canaleta que a conduz ao tanque de armazenamento.

Foram construídos 4 (quatro) Sistemas Alagados Construídos (SAC's), dois sem cultivo, que atuaram como testemunha, e os outros dois cultivados com Capim-Tangola (*U. purpuracens x U. arrecta*), submetidos a uma taxa de carregamento orgânico (TCO) de ARS de 300 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de DBO, baseando-se no valor médio da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) da água residuária.

Na Tabela 1 apresentam-se as características da água residuária de suinocultura bruta nas 4 tomadas de amostras, durante a fase experimental.

**Tabela 1-** Características da água residuária de suinocultura bruta nas 4 tomadas de amostras, durante a fase experimental.

Tempo (dias)	pH	Cor uHz	Turbidez z UNT	Sólidos Totais		
				-----mg L <sup>-1</sup> -----		
				N-total	P-total	
15	7,20	394,0	74,3	720,0	392,0	56,2
45	7,30	428,0	75,3	703,3	224,0	26,0
75	6,95	377,0	124	636,7	192,5	41,9
105	7,15	880,0	509	2.285,0	175,0	37,1

**Fonte:** Próprio autor (2021).

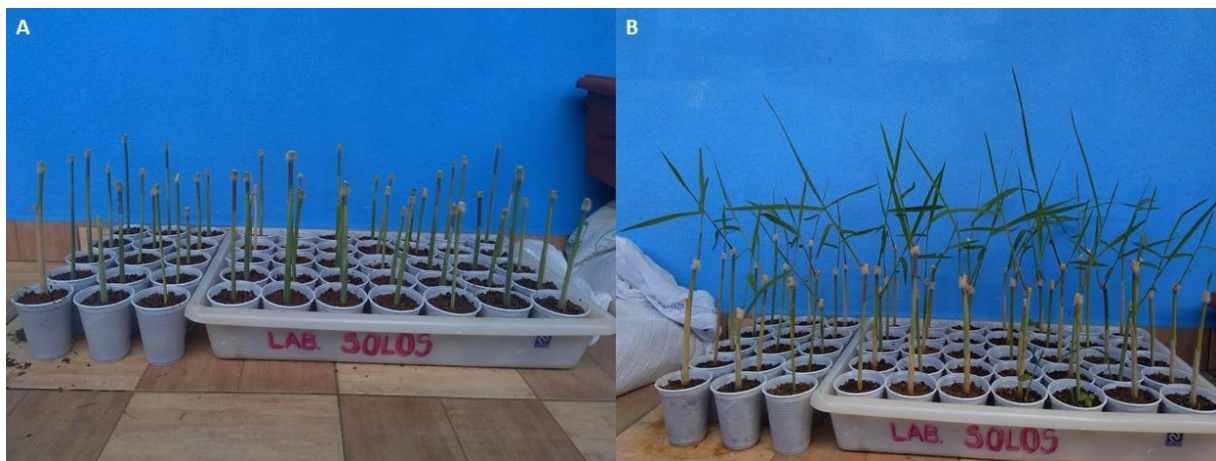
Para a montagem dos SAC's, utilizou-se recipientes do tipo “cocho”, confeccionados em polietileno de alta densidade (PEAD), com dimensões de 35 cm de altura, 49 cm de largura e 195 cm de comprimento. Na saída dos cochos, foram colocados drenos com flange e tubo de PVC de 32 mm.

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 m<sup>3</sup>.

A ARS foi armazenada em um reservatório de polietileno com capacidade de 2.000 L, posicionada à montante dos SAC's, e foi fornecida aos 4 SAC's por meio de tubulações de PVC.

As mudas de Capim-Tangola foram obtidas por meio de estacas coletadas na área cultivada com Capim-Tangola, situada no setor de Animais de Grande Porte do IFES - *Campus Santa Teresa*. Para o plantio das mudas, foi utilizada como substrato uma mistura de terra de barranco, esterco bovino e esterco de aves, na proporção de 2:1:1, disposta em copos plásticos descartáveis de 200 mL, onde foram plantadas as estacas. Após o enraizamento das estacas e desenvolvimento dos primeiros brotos, elas foram retiradas cuidadosamente do substrato e transplantadas para os cochos. Em cada um dos SAC's vegetados foram transplantadas 19 (dezenove) mudas, possibilitando uma boa cobertura vegetal.

**Figura 3-** (A) Plantio das estacas; (B) Desenvolvimento das mudas 17 dias após o plantio.



**Fonte:** Próprio autor (2021).

De acordo com a metodologia adotada por MATOS et al. (2010b), imediatamente após o transplante das mudas, os leitos dos SAC's foram preenchidos até a altura de 25 cm (deixando uma borda livre de 5 cm) com ARS, assim permanecendo por 15 dias, com a finalidade de adaptação das plantas ao novo meio suporte e formação do biofilme. Após esse período de adaptação do sistema, iniciou-se 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 105 dias. Os SAC's sem cultivo foram submetidos aos mesmos tratamentos do SAC's cultivados.

**Figuras 4-** Sistema alagado construído vegetado com capim-Tangola em funcionamento. (A) SAC vegetado após corte de uniformização; (B) Desenvolvimento do capim-Tangola aos 60 dias de funcionamento do sistema.



**Fonte:** Próprio autor (2021).

A taxa de aplicação da água residuária foi controlada, sendo ajustada uma vez a cada 2 (dois) dias, por meio de uma válvula instalada na tubulação de condução da água residuária posicionada à montante dos SAC's, sendo as medições, para ajuste das vazões, efetuadas pelo método direto, utilizando-se um recipiente graduado.

Para avaliar a eficiência dos sistemas, análises de sólidos totais (ST), turbidez (T), cor, nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT), foram realizadas no afluente e no efluente aos SAC's, a cada 30 dias, durante o funcionamento do sistema, perfazendo um total de 4 (quatro) amostras analisadas. Todas as análises foram feitas no Laboratório Qualidade de Água e Resíduos Sólidos do IFES – *Campus* Santa Teresa, em conformidade com metodologia descrita por Matos (2015). As variáveis avaliadas e os respectivos métodos estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 2.** Variáveis avaliadas e os respectivos métodos utilizados nas análises.

Variáveis	Metodologia
Sólidos totais (ST)	Método gravimétrico
Turbidez (T)	Método nefelométrico
Cor	Colorímetro
Nitrogênio total (NT)	Processo semimicro Kjeldahl
Fósforo total	Digestão nítrico-perclórico da amostra e quantificada em



	espectrofotômetro.
--	--------------------

**Fonte:** Próprio autor (2021).

A eficiência ( $E_f$ ) 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.

$$Ef(E_f) = \left[ \frac{(c_A \times Q_A) - (c_E \times Q_E)}{(c_A \times Q_A)} \right] \times 100 \quad (1)$$

Em que:

$E_f$  = eficiência de remoção, em %;

$CA$  = carga do afluente, em  $\text{mg L}^{-1}$  ou UNT;

$QA$  = vazão do afluente, em  $\text{L d}^{-1}$ ;

$CE$  = carga do efluente, em  $\text{mg L}^{-1}$  ou UNT;

$QE$  = vazão efluente, em  $\text{L d}^{-1}$ .

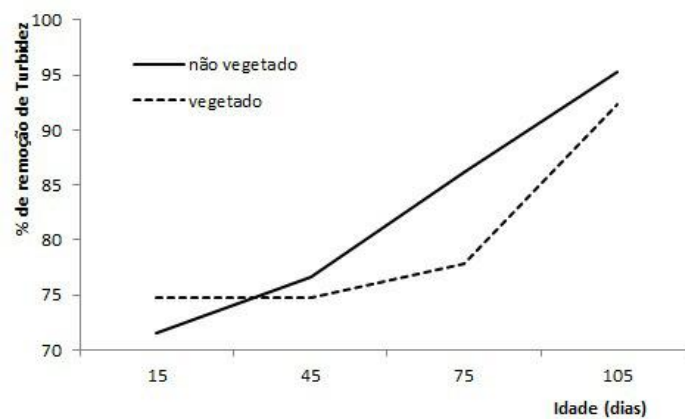
O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, seguindo o protocolo de medidas repetidas no tempo. Na composição dos tratamentos, dois deles foram alocados nas parcelas (SAC's vegetados e não vegetados com capim-Tangola) e quatro nas subparcelas (idades de avaliação de 15, 45, 75 e 105 dias após a aplicação da água residuária), considerando duas repetições por tratamento na parcela. Previamente, as variáveis estudadas foram submetidas às avaliações de: normalidade (Shapiro-Wilk) e a homocedasticidade (Levene) em seus resíduos. As análises foram feitas utilizando-se os procedimentos de modelos lineares mistos, sendo considerados os tratamentos de vegetação nos SAC's e os das idades de avaliação como efeitos fixos, sendo os diferentes SAC's, considerados efeitos aleatórios. Para o caso do efeito significativo das comparações das variáveis em cada idade, a ANOVA para o modelo foi conclusiva (apenas dois tratamentos). Para o caso da comprovação das diferenças para as variáveis-resposta entre as diferentes idades, foi utilizado o teste t com ajustamento de Holm. Para todos os procedimentos de comparação,

utilizou-se 5% para o erro tipo I. Para a realização das análises foi utilizado o programa R (R Core Team, 2020).

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

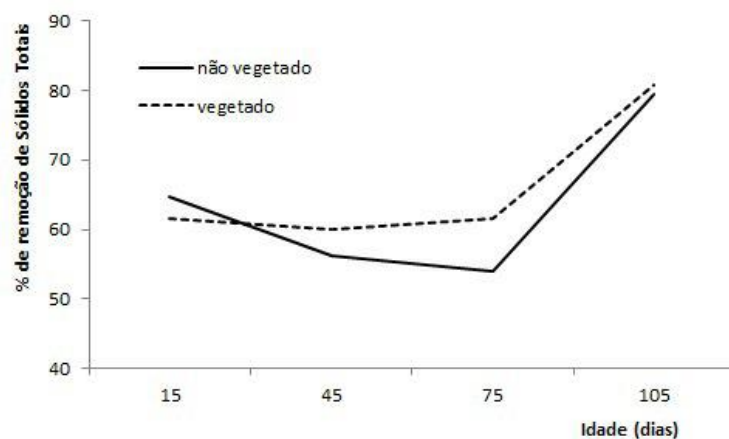
Nas Figuras 5, 6, e 7 apresentam-se as eficiências de remoção da Turbidez, Sólidos Totais e Cor, respectivamente, em função do tempo de funcionamento dos SAC's.

**Figura 5-** Eficiência de remoção da Turbidez ao longo de 105 dias.



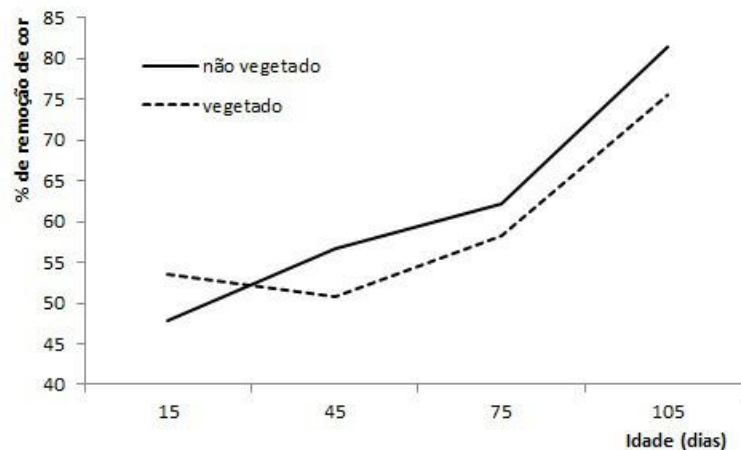
Fonte: Próprio autor (2021).

**Figura 6-** Eficiência de remoção da Sólidos Totais ao longo de 105 dias.



Fonte: Próprio autor (2021).

**Figura 7-** Eficiência de remoção de Cor ao longo de 105 dias.



**Fonte:** Próprio autor (2021).

De acordo com as Figuras 5, 6 e 7, observa-se um ajuste crescente da eficiência média de remoção dos parâmetros analisados em função do tempo de funcionamento do sistema.

Verifica-se que, de um modo geral, não houve diferença estatística entre os SAC's quanto às eficiências médias dos atributos físicos avaliados ao longo dos 105 dias de funcionamento do sistema. Apesar de não ter havido diferença, ocorreu tendência de maior eficiência de remoção de sólidos totais nos SAC's vegetados, quando comparados aos SAC's não vegetados. No caso das variáveis cor e turbidez, os SAC's vegetados com capim-Tangola apresentaram eficiência menor que os SAC's sem cultivo.

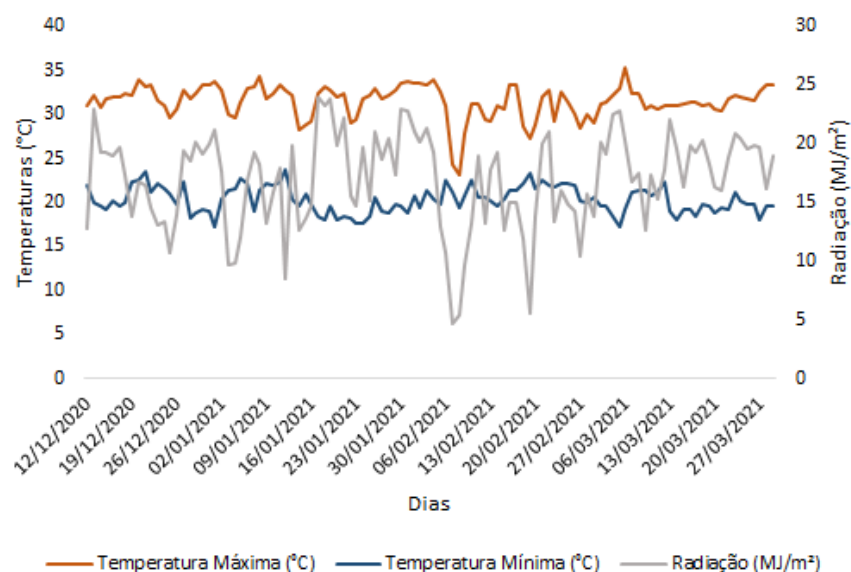
A turbidez é um parâmetro de qualidade de água associada à presença de sólidos suspensos (SS) presentes na água (PRATA et al., 2013), de modo que quanto maior a concentração de sólidos suspensos presentes na água, maior será a turbidez. Embora não tenha havido diferença estatística entre os SAC's vegetados (90%) e o não vegetado (95%) na eficiência de remoção da turbidez (Figura 5), este resultado pode estar relacionado ao material orgânico produzido pelas raízes e folhas do capim-Tangola cultivado nos SAC's, que podem ter aumentado a carga de sólidos suspensos na água residuária durante o tratamento de filtragem do sistema. Além disso, a rizosfera do capim-Tangola provoca a formação de caminhos preferenciais que facilitem o arraste de sólidos suspensos fora dos SAC's, contribuindo para uma menor eficiência de remoção pelo sistema. Tal fato foi também verificado por Fia et al. (2016) e Matos et al. (2010a). Segundo estes últimos autores, estima-se que esse comportamento poderá ser alterado com o tempo de operação dos SAC's, à medida que as raízes se aprofundarem mais no substrato poroso e/ou houver maior acúmulo de sólidos.

Quanto à eficiência de remoção dos Sólidos Totais (Figura 6), não houve diferença estatística. Os SAC's não vegetados e os vegetados com capim-Tangola proporcionaram elevadas eficiências (ambos em torno de 80%). Tais resultados podem ser considerados satisfatórios quando comparados com os resultados obtidos por Matos et al. (2010b), que ao avaliarem a eficiência de SAC's vegetados com capim Tifton-85 (*Cynodon dactylon* Pers.), *Alternanthera* (*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb) e Taboa (*Typha latifolia* L.) no tratamento de água residuária de suinocultura, não obtiveram eficiências superiores a 67% de remoção de ST, aplicando-se uma TCO média de 154,8 kg de DBO ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, menores que as aplicadas neste trabalho (300 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> de DBO).

A cor está associada à presença de sólidos dissolvidos (VON SPERLING, 2005) e, embora não esteja necessariamente relacionada a problemas de contaminação dos corpos hídricos, ela causa problemas de ordem estética e dificuldades na penetração da luz, além de poder estar relacionada a compostos recalcitrantes que, nesse caso, sim, em geral, são tóxicos à comunidade aquática (PIVELI; KATO, 2005). Quanto à eficiência de remoção de Cor, não houve diferença estatística entre os SAC's vegetados (75%) e os não vegetados (80%) (Figura 7), durante os 105 dias de monitoramento. Os resultados obtidos podem ser considerados satisfatórios, uma vez que não houve tratamento preliminar, nem primário, antes de passar pelo tratamento nos SAC's.

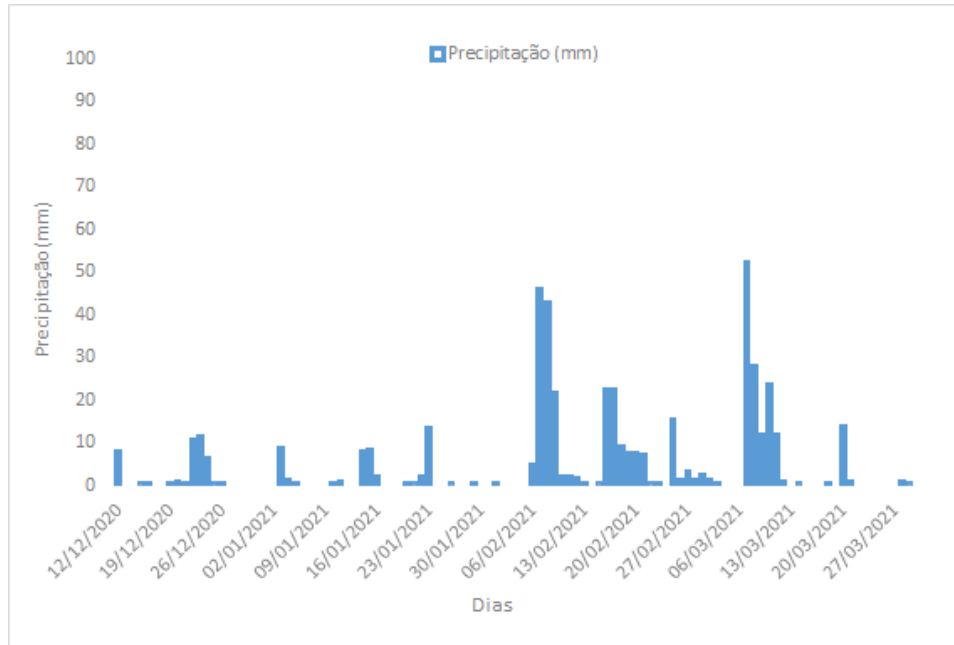
Nas figuras 8 e 9 apresentam-se os gráficos de temperatura e radiação solar e de precipitação, respectivamente, referentes ao período de condução do experimento.

**Figura 8-** Temperaturas máxima, mínima e radiação solar durante o período experimental.



Fonte: Estação Agrometeorológica do *campus*.

**Figura 9-** Valores de precipitação durante o período experimental.



Fonte: Estação Agrometeorológica do *campus*.

O experimento foi conduzido durante o verão e, como pode-se observar na Figura 8, houve uma grande variação de temperatura durante o período experimental, tendo-se alcançado temperatura máxima de 34,3°C e mínima de 17,3°C.

De acordo com Santos et al. (2011) tanto a oscilação diária, quanto anual de temperatura exigem que a planta se ajuste a cada alteração, gerando a ela um estresse. Durante os meses de dezembro e janeiro a temperatura demonstrou certa estabilidade, possibilitando que o capim-Tangola apresentasse um rápido crescimento inicial.

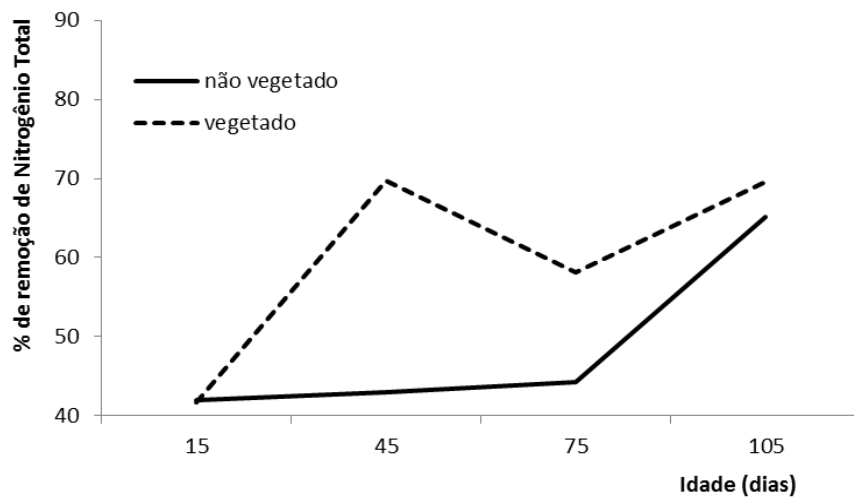
A radiação solar acompanhou o comportamento da temperatura e apresentou grande amplitude de variação, principalmente a partir de fevereiro, em que houveram chuvas intensas (Figura 9). Por se tratar de um sistema alagado, a precipitação não apresenta relação direta com o desempenho da vegetação. Entretanto, interfere sobre a temperatura e a radiação solar e, conseqüentemente, sobre a atividade fotossintética da planta.

O desenvolvimento das plantas e o processo de remoção de nutrientes como nitrogênio e fósforo tende a ser proporcional, visto que a absorção desses nutrientes é indispensável para os

processos fisiológicos. Observou-se, portanto, que pode ter havido uma relação entre o declínio de remoção de NT e de PT (figuras 10 e 11), a partir dos 45 dias de idade, em função da grande oscilação climática ocorrida em seguida.

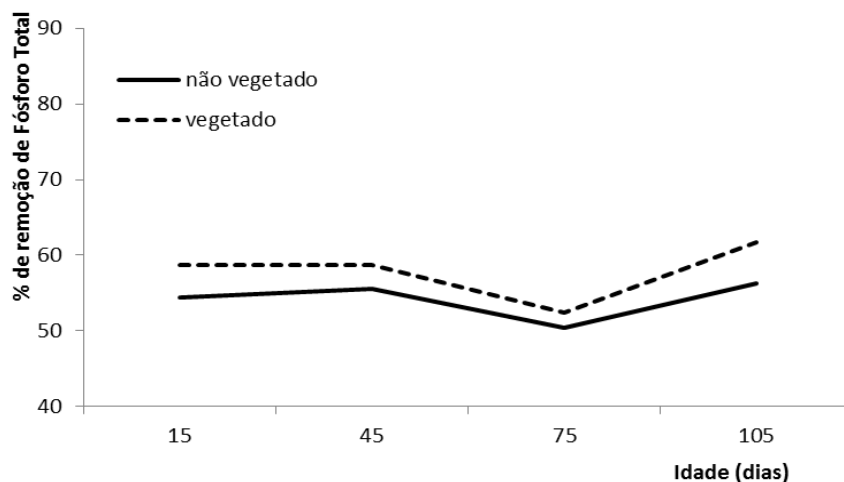
Nas Figuras 10 e 11 apresentam-se o perfil das médias das eficiências de remoção de Nitrogênio Total e Fósforo Total, respectivamente, em SAC's vegetados com capim-Tangola e não vegetados, em função do tempo de monitoramento dos SAC's.

**Figura 10-** Perfil das médias de eficiências de remoção de nitrogênio total (NT) em SAC's vegetados com capim-Tangola e não vegetados, ao longo de 105 dias de monitoramento.



Fonte: Próprio autor (2021).

**Figura 11-** Perfil das médias de eficiência de remoção de Fósforo Total (PT) em SAC's vegetados com capim-Tangola e não vegetados, ao longo de 105 dias de monitoramento.



**Fonte:** Próprio autor (2021).

Não foi observada diferença significativa quanto à eficiência de remoção de NT da água residuária de suinocultura entre os SAC's vegetados com capim-Tangola e os não vegetados (Figura 10). Entretanto, verifica-se que a partir dos 45 dias de monitoramento, os SAC's vegetados apresentaram tendência de maior remoção de nitrogênio em comparação com o SAC não vegetado, alcançando remoções entre 60 e 70%. Fia et al. (2017) também não encontraram diferença significativa entre SAC's vegetados com Taboa (*Typha latifolia* L.) e capim Tifton-85 (*Cynodon* spp.) e os não vegetados no tratamento de água residuária de suinocultura, obtendo-se remoções entre 37 e 40%, valores aquém dos obtidos neste trabalho.

As cargas de nitrogênio aplicadas aos SAC's e o tipo de escoamento apresentado pelos SAC's são os principais fatores de influência na eficiência de remoção desse nutriente (FIA et al., 2017), que, de acordo com Vymazal (2007), varia entre 40 e 50%. Assim, observa-se que os SAC's vegetados com capim-Tangola, que receberam a carga orgânica  $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  de DBO, apresentaram resultados considerados satisfatórios quando comparados com dados de outros autores. De acordo com Lo Monaco et al. (2009), o nitrogênio apresenta elevada associação com a matéria orgânica. Assim, acredita-se que a eficiência de remoção de nitrogênio apresentada pelo SAC sem cultivo esteja relacionada à elevada retenção de matéria orgânica no meio suporte desses sistemas sem cultivos, reportada em diversos trabalhos (FIA et al., 2017; MATOS et al., 2010c; MIRANDA et al., 2020).

Conforme observa-se na Figura 11, o SAC vegetado apresentou uma leve superioridade na remoção de P da água residuária de suinocultura. No entanto, não houve diferença estatística significativa de remoção de fósforo entre os tratamentos. A ausência de diferença quanto à remoção de fósforo entre SAC's vegetados e não vegetados também foi verificada por outros autores, tais como Fia et al. (2017) e Costa (2013). Já Coelho (2017), ao avaliar o potencial de *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata* na remoção de atributos químicos da água residuária, verificou que o aguapé (*Eichhornia crassipes*) foi a espécie que apresentou maiores médias na extração de nitrogênio em relação ao tratamento controle e, quanto à extração de fósforo, as espécies não diferiram entre si, mas diferiram do controle.

As eficiências de remoção de fósforo obtidas neste trabalho variaram entre 51 e 63% e estão dentro da faixa considerada por Vymazal (2007), que afirma que a remoção de fósforo total varia entre 40 e 60% entre todos os tipos de sistemas alagados e, semelhante ao que ocorre com

o nitrogênio, é dependente das cargas aplicadas e da maneira de escoamento da água residuária no sistema. Fia et al. (2017) afirmam que, geralmente, as maiores remoções estão relacionadas às menores cargas aplicadas. De fato, estes autores alcançaram de 73 a 78% de remoção de fósforo, aplicando-se cargas em torno de  $164 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  de DBO, menores que as aplicadas neste trabalho ( $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  de DBO).

De acordo com Prado (2008), valores de pH altos ( $>6,5$ ) interferem no gradiente eletroquímico e no transporte de íons pela membrana das gramíneas, além de afetar as reações químicas na solução e acarretar a indisponibilidade dos nutrientes. Considerando os elevados valores de pH obtidos nas análises da água residuária bruta (Tabela 1), pode-se relacionar a semelhança de remoção de NT e, principalmente de PT entre SAC's vegetados e não vegetados com a dificuldade encontrada pelas plantas em extrair esses nutrientes devido à alcalinidade da água residuária.

Os resultados obtidos neste trabalho foram superiores aos alcançados por Gikas et al. (2011), que obtiveram 38,8% de remoção de P em SAC vegetado com *Phragmites australis*, por Valentim (2003), que encontrou valores de remoção média entre 23 e 36% com o cultivo de *Typha* sp. e por Miranda et al. (2020), que alcançaram valores entre 17 e 39% em sistemas alagados construídos vegetados, de forma consorciada, com capim-elefante cv. Napier (*Pennisetum purpureum* Schum) e capim tifton 85 (*Cynodon* spp.), no tratamento de água residuária de tanque comunitário de resfriamento de leite.

Com os resultados obtidos neste trabalho, verifica-se que os sistemas alagados construídos vegetados com capim-Tangola podem ser uma alternativa promissora no tratamento de águas residuárias da suinocultura, minimizando, assim, os impactos ambientais, se forem lançados em corpos hídricos. Além disso, possibilita a colheita de biomassa utilizada para alimentação animal, reduzindo os custos para o produtor, tornando a atividade sustentável.



### **3 CONCLUSÃO**

Não houve diferença estatística entre os SAC's vegetados com capim-Tangola e os não vegetados, quanto à eficiência de remoção de turbidez, sólidos totais, cor, N-total e P-total, no tratamento de águas residuárias de suinocultura.

Ao final de 105 dias de funcionamento, remoções médias de 90 a 95% de turbidez, 79 a 80% de sólidos totais, 76 a 82% de cor, 42 a 70% de nitrogênio total e de 51 a 63% de fósforo total foram obtidas em SAC's vegetados com capim-Tangola, no tratamento de águas residuárias da suinocultura.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. M. S. de.; ASSIS, G. M. L. de.; FAZOLIN, M.; GONÇALVES, R. C.; SALES, M. F. L.; VALENTIM, J. F.; ESTRELA, J. L. M. Capim-tangola: gramínea forrageira recomendada para solos de baixa permeabilidade do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009. 63 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS (ABCS). **Produção de suínos: teoria e prática**. Coordenação editorial Associação Brasileira de Criadores de Suínos; Coordenação Técnica da Integrall Soluções em Produção Animal. Brasília, DF, 2014. 908p. : il. : color.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUÇÃO ANIMAL (ABPA). **Relatório Anual 2020**. São Paulo: ABPA, 2020. 160p. Disponível em: <[http://abpa-br.org/wpcontent/uploads/2020/05/abpa\\_relatorio\\_anual\\_2020\\_portugues\\_web.pdf](http://abpa-br.org/wpcontent/uploads/2020/05/abpa_relatorio_anual_2020_portugues_web.pdf)>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- BRASIL, M.S.; MATOS, A.T.; LO MONACO, P.A.V. Efeito da taxa de carregamento orgânico sobre a remoção de poluentes de esgoto em sistemas alagados construídos. **Engenharia Agrícola**, v. 33, n.2, p. 319-331, 2013.
- CHAGAS, R.C.; MATOS, A.T.; CECON, P.R.; LO MONACO, P.A.V.; ZAPAROLI, B.R. Remoção de coliformes em sistemas alagados construídos cultivados com lírio amarelo (*Hemerocallis flava*). **Engenharia na Agricultura**, v.20, n.2, p.142-150, 2012.
- COELHO, J. C. Macrófitas aquáticas flutuantes na remoção de elementos químicos de água residuária. Tese (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu, 78p. 2017.
- COOK, B. G.; PENGELLY, B. C.; BROWN, S. D.; DONNELLY, J. L.; EAGLES, D. A.; FRANCO, M. A.; HANSON, J.; MULLEN, B. F.; PARTRIDGE, I. J.; PETERS, M.; SCHULTZE-KRAFT, R. **Tropical forages: an interactive selection tool**. Cali: CIAT; St. Lucia: CSIRO; 2005.
- COLARES, A. P. F.; SILVA, V. V.; MARTINS, R. N.; SANTOS, V. K. S.; LOPES, J. O.; RIBEIRO, D. P. Remoção de macronutrientes por espécies ornamentais cultivadas em SAC com aplicação de água residuária. São José dos Campos, SP: **Revista Univap**, v. 22, n. 40, Edição Especial 2016.
- COSTA, J. F. da. Remoção de poluentes em um sistema alagado construído atuando como pós-tratamento de efluente de reator UASB e de filtro biológico percolador. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, 193p. 2013.
- DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA - CNPSA /EMATER/RS, 2002. 30 p.
- EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.; MATOS, A.T.; LO MONACO, P.A.V.; CAMPOS, L.C.; BORGES, A.C. Efficiency of constructed wetland systems cultivated with black oats treatment of domestic sewage. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 391-398, 2012.

FERREIRA, D.C. **Tratamento de água residuária da suinocultura em sistemas alagados construídos combinados**. 2012. Tese (Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) - Universidade Federal de Lavras, 2012.

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 da suinocultura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 22, p. 303-311, 2017.

FIA, F.R.L.; MATOS, A.T.; FIA, R.; LAMBERT, T.F.; MATOS, M.P. Remoção de nutrientes por *Typhalatifolia* e *Cynodon* spp. cultivadas em sistemas alagados construídos. **Revista Ambi-água**, Taubaté, v.6, n.1, p.77-89, 2011.

FIA, R.; MATOS, A. T.; FIA, F. R. L.; MATOS, M. P.; LAMBERT, T. F.; NASCIMENTO, F. S. Desempenho de forrageiras em sistemas alagados de tratamento de águas residuárias do processamento do café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.8, p.842–847, 2010.

FIGUEIREDO, Y.F.; NICOLE, L. R.; SANTOS, E. O. J.; MAGIERO, K. P. F.; PIMENTEL, V. A. Produtividade do capim tangola (*brachiariamutica x brachiaria arrecta*) no outono sob diferentes níveis de adubação e descanso. **Nucleus**, v.13, n.1, abr. 2016.

GIKAS, G. D.; TSIHRINTZIS, V. A. AKRATOS, C. Performance and modeling of a vertical flow constructed wetland–maturation pond system. **Journal of Environmental Science and Health**, Part A, 46:7,692-708. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10934529.2011.571579>. KADLEC, R.H.; WALACE, S.D. **Treatment wetlands**. 2. Ed., New York, Taylor & Francis Group, 2009. 1016p.

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.; 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. **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v.4, n.2, p.31-45, 2009.

MATOS, A.T.; ABRAHÃO, S.S.; BORGES, A.C.; MATOS, M.P. Influência da taxa de carga orgânica no desempenho de sistemas alagados construídos cultivados com forrageiras. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.15. n.01, p.83-92, , 2010a.

MATOS, A.T.; ABRAHÃO, S.S.; PEREIRA, O.G. Desempenho agrônômico de capim-tifton 85 (*Cynodon* spp) cultivado em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de água residuária de laticínios. **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v.3, n.1, p.43-53, 2008.

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.01, p.79-88, 2013.

MATOS, A.T.; FREITAS, W.S.; BRASIL, M.S.; BORGES, A.C. Influência da espécie vegetal cultivada nas condições redox de sistemas alagados construídos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.3, p.518-526, maio/jun. 2010b.

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

MIRANDA, S. T.; MATOS, A. T.; MATOS, M. P.; SARAIVA, C. B. Eficiência de sistemas alagados construídos de escoamento subsuperficial horizontal considerando diferentes materiais suporte e posição de cultivo das espécies vegetais. **Revista Ambiente & Água**, v.15, n.2, p.1-13, 2020.

NANDORF, R. J.; LO MONACO, P. A. V.; HADDADE, I. R.; PAULA, L. I. S.; SALLA, P. H.; VIEIRA, G. H.S. Performance of filters composed of banana stalk in swine wastewater treatment. **Caatinga**, v. 34, n.2, p.479-485, 2021.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. 1. ed. São Paulo: ABES, 2005.

POLPRASERT, C.; KITTIPONGVISES, S. Constructed Wetlands and Waste Stabilization Ponds. **Treatise on Water Science**, p.277–299, 2011. DOI:10.1016/b978-0-444-53199-5.00090-7.

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.

PRADO, R.; de M. **Manual de nutrição de plantas forrageiras**. Jaboticabal-SP: Funep, 500p. 2008.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2019. Disponível em:<<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 26 Abr. 2021.

SANTOS, N. L.; AZENHA, M. V.; DE SOUZA, F. H. M.; REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C. Fatores ambientais e de manejo na qualidade de pastos tropicais.

SHELEF, O.; GROSS, A.; RACHMILEVITCH, S. Role of plants in a constructed wetland: current and new perspectives. **Water**, v. 5, n. 2, p. 405-419. 2013. DOI: 10.3390/w5020405.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS. 174p. 1995.

TONETTO, E. P. **Produção pecuária de corte sob pastagem de Tangola (*Brachiaria mutica x Brachiaria arrecta*) no centro de treinamento da Epagri de Tubarão**. Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). Tubarão - SC. 49p. 2017.

VALENTIM, M.A.A. **Desempenho de leitos cultivados (“construted wetland”) para tratamento de esgoto: contribuições para concepção e operação.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, 210p. 2003.

VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias;** vol. 1. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 452p. 2005.

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. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2006.09.014.

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. **EcologicalEngineering**, Amsterdam, v.35, n.5, p.861-869, 2009.