

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CURSO SUPERIOR DE AGRONOMIA

RODRIGO JUNIOR NANDORF

**ENGAÇO DE BANANEIRA COMO MATERIAL FILTRANTE NO TRATAMENTO
DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA**

Santa Teresa

2021

RODRIGO JUNIOR NANDORF

**ENGAÇO DE BANANEIRA COMO MATERIAL FILTRANTE NO TRATAMENTO
DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenadoria do Curso de Agronomia do Instituto
Federal do Espírito Santo, como requisito parcial
para obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.
Orientadora: Prof^a. Dra. Paola Alfonsa Vieira Lo
Monaco.

Santa Teresa

2021

(Biblioteca Major Bley do Instituto Federal do Espírito Santo)

N176e Nandorf, Rodrigo Júnior.

Engaço de bananeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias da suinocultura / Rodrigo Júnior Nandorf. – 2021.

24f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Prof^a. D.Sc. Paola Alfonsa Vieira Lo Mônico

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

Inclui bibliografias.

1. Filtro orgânico. 2. Resíduos agrícolas. 3. Tratamento de efluentes. I. Lo Monaco, Paola Alfonsa Vieira. II. Instituto Federal do Espírito Santo. III. Título.

CDD 23 – 628.7466

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC II)

Nº _____

Ata de Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial para avaliação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II e obtenção do Título de Graduação em Agronomia pelo Ifes Campus Santa Teresa.

Data da Defesa: 26/05/2021

Candidato(a): Rodrigo Junior Nandorf

Orientador(es): Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco

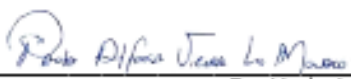
Título do Trabalho de Conclusão de Curso: "Engaço de bananeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias da suinocultura"

Em sessão pública, após exposição de cerca de 23 minutos, o(a) candidato(a) foi arguido(a) oralmente pelos membros da banca, tendo como resultado:

- () Aprovação unânime do Trabalho de Conclusão de Curso.
 (X) Aprovação somente após satisfazer as exigências pré-determinadas pela Banca Examinadora no prazo fixado pelo Regulamento banca (não superior ao término do período letivo)
 () Reprovação o Trabalho de Conclusão de Curso

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem abaixo determinada, e pelo candidato.

Assinatura: Paola Alfonsa Vieira Lo Monaco

Nome: 
 Presidente da Banca

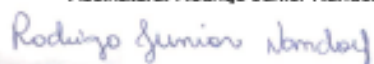
Assinatura: Ednaldo Miranda de Oliveira

Nome: 
 Examinador(a) I

Assinatura: Gustavo Haddad Souza Vieira

Nome: 
 Examinador(a) II

Assinatura: Rodrigo Junior Nandorf

Nome: 
 Candidato

Santa Teresa (ES), 26 de maio de 2021.

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Declaro, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que este trabalho de Conclusão de Curso pode ser parcialmente utilizado, desde que se faça referência à fonte e ao autor.

Santa Teresa, 27 de maio de 2021.



Rodrigo Junior Nandorf

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por toda a força e sabedoria para superar todos os desafios durante toda a faculdade, assim como pela saúde para enfrentar todos os momentos de dificuldades e desmotivação durante a pandemia.

Aos meus pais Vitorino e Ivonete por todo o apoio e incentivo desde o início da graduação, sacrifício nos momentos difíceis e por sempre acreditarem no meu potencial de se tornar um agente de mudança da sociedade através dos estudos. Aos meus irmãos, Vilker e Daiani, por me apoiarem nas minhas decisões. Aos meus tios Geraldo e Brígida por toda a ajuda nos momentos mais complicados da faculdade.

À minha querida orientadora Paola Lo Monaco, por todos os conselhos, conversas e companheirismo durante os projetos de iniciação científica, disciplinas, trabalhos e publicações realizadas.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa em Manejo Ambiental (GPMA), por todas as dificuldades e conquistas que vivenciamos juntos nestes três anos de caminhada.

A todos os professores do Ifes – Campus Santa Teresa, por todas as contribuições na minha formação pessoal e profissional.

A todos os amigos e colegas que conheci através da agronomia, por todos aqueles momentos de alegria, angústia e realização que vivenciamos durante o curso.

À todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste meu sonho.

RESUMO

A utilização de filtros orgânicos produzidos em comunidades locais e com baixo custo financeiro pode proporcionar redução nos impactos ambientais ocasionados pelo lançamento de águas residuárias, sem tratamento, em cursos hídricos receptores. Neste estudo, objetivou-se avaliar a eficiência do processo de filtração de águas residuárias da suinocultura (ARS), utilizando engaço de bananeira como material alternativo em filtro orgânico. A ARS foi aplicada ao filtro orgânico, sendo o volume filtrado convertido em volume de poros. Análises de sólidos totais, turbidez, cor, fósforo total e nitrogênio total foram realizadas no afluente e efluente do filtro para a avaliação da eficiência de tratamento. Análises de regressão foram utilizadas para obtenção de equações na estimativa do desempenho da filtração na remoção das referidas variáveis da água residuária, tendo-se como variável independente o volume de poros. O filtro de engaço de bananeira não proporcionou a remoção dos sólidos totais e da cor do afluente nele aplicado. Remoções de 10 a 50% da turbidez da ARS foram obtidas pelo engaço de bananeira. O engaço de bananeira proporcionou elevada eficiência na remoção de nitrogênio e fósforo da ARS, alcançando-se remoções médias de 67 e 62%, respectivamente. De um modo geral, o filtro de engaço de bananeira pode ser considerado uma alternativa promissora no tratamento primário de águas residuárias de suinocultura.

Palavras-chaves: Filtro orgânico. Resíduos agrícolas. Tratamento de efluentes.

ABSTRACT

Using organic filters produced in local communities with low financial cost can reduce the environmental impacts caused by the disposal of untreated wastewater into receiving water bodies. In this study, the objective was to evaluate the efficiency of the filtration of swine wastewater (SWW) using banana stalk as an alternative material in an organic filter. SWW was applied to the organic filter and the filtered volume was converted into pore volume. Analyses of total solids, turbidity, color, total phosphorus, and total nitrogen were performed in the filter feed solution and effluent to evaluate treatment efficiency. Regression analyses were used to obtain equations in the estimation of the filtration performance in removing these variables from wastewater, with pore volume as an independent variable. The banana stalk filter did not remove total solids and color from the feed solution applied. Removal of 10–50% of SWW turbidity were obtained by the banana stalk. Banana stalk was highly efficient in removing nitrogen and phosphorus from SWW, reaching mean removals of 67% and 62%, respectively. In general, a banana stalk filter can be considered a promising alternative in the primary treatment of SWW.

Keywords: Organic filter. Agricultural waste. Effluent treatment.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	DESENVOLVIMENTO.....	11
2.1	OBJETIVOS.....	11
2.1.1	Objetivo Geral.....	11
2.1.2	Objetivos Específicos.....	11
2.2	METODOLOGIA.....	11
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
3	CONCLUSÃO.....	21
	REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de carne suína cresceu de forma consistente na última década, passando de menos de 3 milhões de toneladas, em 2009, para aproximadamente 4,4 milhões de toneladas, em 2020 (EMBRAPA SUÍNOS E AVES, 2021), colocando o Brasil como um dos maiores produtores e exportadores de carne suína.

Além da importância econômica, destaca-se a importância social, já que grande parte das propriedades com granjas suinícolas são de agricultura familiar, contribuindo para a fixação do homem no campo e gerando empregos em toda a cadeia produtiva.

A expansão da suinicultura brasileira nos últimos anos pode ser atribuída aos avanços tecnológicos obtidos na cadeia produtiva, tais como o melhoramento genético, nutrição, ambiência, sanidade, dentre outros. No entanto, apesar dos avanços obtidos, a gestão dos resíduos gerados na atividade não acompanhou tal expansão, principalmente no sistema intensivo de criação, onde geram-se grandes volumes de água residuária como produto da higienização das baias.

Devido ao excesso de nitrogênio e fósforo, os dejetos suínos podem causar problemas de eutrofização das águas superficiais, causando perda de biodiversidade, contaminação da água e doenças de veiculação hídrica. (SEGANFREDO, 2007; AMORIM et al., 2015).

Para minimizar estes danos, existem diversos processos de tratamento e/ou aproveitamento de efluentes, em sua maioria altamente eficientes, porém, requerem grandes investimentos. Por outro lado, os pequenos agricultores familiares, como é o caso da maioria das propriedades rurais do estado do Espírito Santo, Brasil, possuem baixos recursos financeiros e baixo nível tecnológico para empregar métodos sofisticados no tratamento dos resíduos gerados em suas propriedades (OZA et al., 2019).

As águas residuárias da suinicultura (ARS), quando lançadas sem tratamento em corpos hídricos, causam diversos impactos ambientais, tais como prejuízos à qualidade da água, à fauna e à flora, além de impactos sociais e econômicos. Matos

et al. (2010) reforçam que, além da poluição de águas superficiais e subterrâneas, a aplicação de doses inadequadas desses resíduos no solo pode proporcionar a salinização, poluição e danos à sua estrutura.

Como na legislação ambiental brasileira estão estabelecidos padrões para lançamento de efluentes em corpos hídricos, torna-se necessário, caso a opção seja esta forma de destinação final, o tratamento dessas águas residuárias. Caso a opção seja o aproveitamento dessas águas residuárias via fertirrigação, e a aplicação for realizada de forma localizada, torna-se necessária a execução de um tratamento preliminar e primário, para que sejam minimizados os riscos de entupimento dos emissores (LO MONACO et al., 2009). De acordo com Menezes e Mendonça (2017), o tratamento preliminar tem como objetivo básico remover os sólidos grosseiros, preparando os efluentes para o tratamento posterior, evitando obstruções e danificações em equipamentos e sistemas de filtragem.

Dentre as opções de tratamento primário, tem sido utilizada a filtração em materiais orgânicos. De acordo com Lo Monaco et al. (2014), resíduos orgânicos, oriundos de atividades agrícolas, podem ser uma boa opção para utilização como meio filtrante alternativo à areia, devido à sua abundância, baixo custo de aquisição e, ainda, em razão da possibilidade de serem submetidos à compostagem após serem descartados dos filtros e, posteriormente, utilizados como fertilizante agrícola. Conforme também verificado por Gupta e Sukas (2009), os constituintes dos resíduos agrícolas são compostos de lignina, celulose e hemicelulose que apresentam grupos funcionais capazes de formar compostos com os íons metálicos em solução enquanto os pequenos poros do material podem reter partículas sedimentáveis e em suspensão. Resíduos orgânicos provenientes da agricultura podem ser destinados como material filtrante e, posteriormente, transformados em composto orgânico, podendo ser utilizados como fertilizante agrícola, além de amortizarem os custos com insumos na produção agrícola (LO MONACO et al., 2014). Por essa razão, alguns resíduos utilizados como filtros orgânicos já foram avaliados, tais como bagaço de cana-de-açúcar, sabugo de milho triturado (LO MONACO et al., 2011a); serragem de madeira (MATOS et al., 2010), casca de arroz, fino de carvão, casca de frutos do cafeeiro (BRANDÃO et al., 2003), fibra de coco (LO MONACO et al., 2009), além de pergaminho de grãos de café (LO MONACO et al., 2011b; MATOS et al., 2010), ramos de gliricídia, folhas de eucalipto e folhas de

bambu (FRANCISCO et al., 2014), mostrando-se bastante eficientes na retenção de poluentes. O engaço de bananeira, suporte que sustenta o cacho, normalmente é descartado nas *packing houses*. Quando disposto inadequadamente, pode contribuir com a geração problemas fitossanitários e causar diversos impactos ambientais. Dessa forma, proporcionar um destino mais nobre e harmônico desse resíduo torna-se fundamental.

Neste contexto, o engaço da bananeira pode ser um material interessante como meio filtrante no tratamento de águas residuárias, em razão de apresentar um maciço de fibras em sua composição semelhante à da fibra de coco, cujo material já foi testado por Lo Monaco et al. (2009) no tratamento de águas residuárias da suinocultura, obtendo-se elevada remoção de sólidos suspensos totais, sólidos totais e sólidos voláteis totais. Dessa forma, acredita-se que o uso do engaço de bananeira como material filtrante possa ser uma alternativa promissora no tratamento primário de águas residuárias contribuindo para que ambas atividades, suinocultura e bananicultura, sejam sustentáveis.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivos Gerais

- Avaliar o desempenho de filtros orgânicos constituídos por engaço de bananeira no tratamento de águas residuárias de suinocultura.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar as análises químicas e físicas da água residuária de suinocultura bruta;
- Realizar as análises químicas e físicas da água residuária de suinocultura após o tratamento com filtro orgânico;
- Determinar e avaliar a eficiência do sistema de tratamento com o filtro orgânico na remoção de turbidez, cor, sólidos totais, nitrogênio total e fósforo total.

2.2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na área experimental do Laboratório de Qualidade de Água e Resíduos Sólidos do Instituto Federal do Espírito Santo – *Campus* Santa Teresa, tendo como coordenadas geográficas: latitude 19° 48' 13" S, longitude 40° 40' 42" W e altitude média de 127m.

A água residuária de suinocultura utilizada nos ensaios foi coletada em reservatório, no Setor de Suinocultura do IFES – *Campus* Santa Teresa, em Santa Teresa, ES, apresentando, inicialmente, turbidez média de 147 UNT. Não foi realizado nenhum tratamento preliminar na água residuária coletada. Na Tabela 1 apresenta-se a média dos atributos físicos e químicos da água residuária bruta da suinocultura.

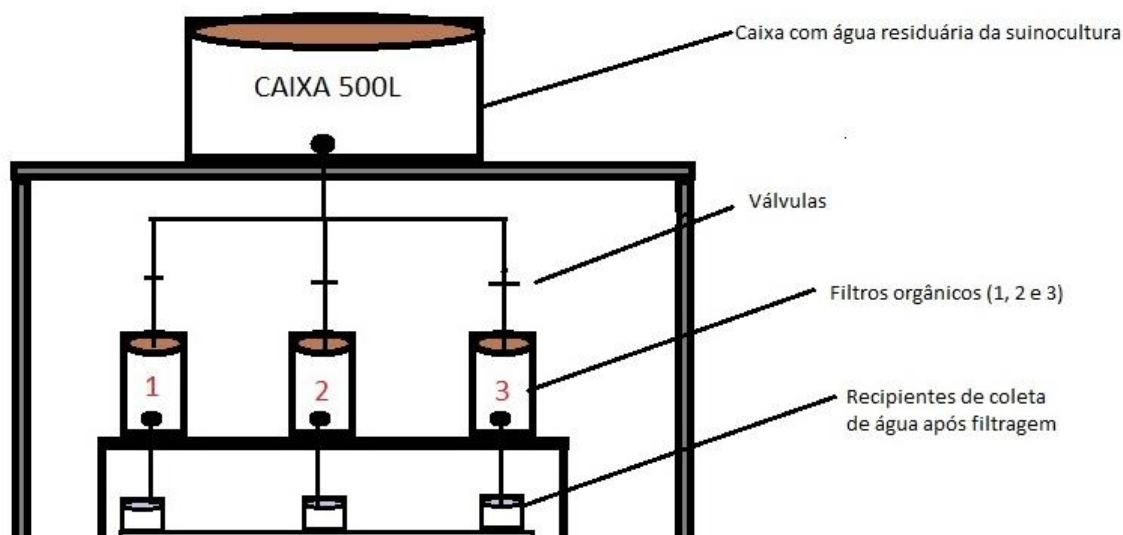
Tabela 1 - Média dos atributos físicos e químicos da água residuária bruta da suinocultura.

Turbidez	Cor	pH	ST	N-total	P-total
UNT	mg Pt L ⁻¹	un.	-----mg L ⁻¹ -----		
147,0	645,0	7,2	120,2	396,7	16,3

Em que, pH – potencial hidrogeniônico; ST – sólidos totais; N-total – nitrogênio total e P-total – fósforo total. Fonte: Autor.

A bancada experimental para o tratamento da água residuária da suinocultura foi constituída por uma caixa d'água, com capacidade de 500 L, posicionada a 3 metros acima do sistema de filtragem. O sistema de filtragem foi constituído por 3 (três) tubulações de policloreto de vinila (PVC) de 250 mm, com área transversal de 490,87 cm² e 0,8 m de altura, onde foram instaladas válvulas na parte inferior para controle da vazão do efluente, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Croqui do sistema de filtragem.



Fonte: O autor.

Como material filtrante, optou-se pelo engaço de bananeira, *Musa spp.*, obtido em propriedades rurais da região Centro Serrana do Espírito Santo (Figura 2). O material foi triturado em picadeira de forragens, de forma a se obter partículas de diâmetro entre 2 e 3 mm, conforme recomendações feitas por Lo Monaco et al. (2004). Em seguida, o material foi seco ao ar durante uma semana.

Figura 2 – Engaço de bananeira.



Fonte: O autor.

O material filtrante foi acondicionado no filtro de forma gradual, em camadas de 10 cm de espessura, sob compressão aproximada de 13000 N m^{-2} (pressão equivalente à proporcionada por um homem de 70 kg), até ser atingida a altura de 0,6 m (Figura 3). Para isso, utilizou-se um cilindro de madeira, de 2 kg e aproximadamente 3 cm de diâmetro.

Figura 3 – Acondicionamento do engaço de bananeira no filtro orgânico.



Fonte: O autor.

Após o acondicionamento do resíduo (engaço de bananeira) em altura proposta no filtro, iniciou-se o processo de saturação com a água residuária. Depois de saturado, a válvula posicionada no fundo do filtro foi aberta e, a partir daí, o processo de

filtração foi contínuo, mantendo-se uma carga hidráulica constante de 0,20 m da água residuária acima da superfície do material filtrante, como apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Processo de filtragem após a saturação do filtro.



Fonte: O autor.

A partir do conhecimento do volume total do filtro, ocupado pela massa de material filtrante e porosidade drenável obtida em laboratório, tornou-se possível calcular o volume de poros do filtro, ou seja, volume de espaços vazios no material filtrante, utilizando-se a Equação 1.

$$V_p = (P_d V_t) \quad (1)$$

em que,

V_p – Volume de poros (cm^3);

V_t – Volume total da camada filtrante (cm^3); e

P_d – Porosidade do material da coluna ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$).

Um volume total de aproximadamente 160 litros de água residuária da suinocultura foi filtrado, o que correspondeu a sete volumes de poros, sendo coletado sem garrafas PET, com capacidade de 2 (dois) litros. Cada volume de poros

correspondeu a 23 L. Assim, as amostras eram coletadas entre a filtragem de 22,5L e 23,5L para obtenção da amostra relativa ao referido número de poros.

As análises do afluente e efluente dos filtros foram realizadas no Laboratório de Qualidade da Água do Ifes, *Campus* Santa Teresa, em conformidade com recomendações de metodologia proposta por Matos (2015). As variáveis avaliadas, os métodos e os equipamentos utilizados nas análises laboratoriais estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Variáveis avaliadas e os respectivos métodos usados na análise.

Variáveis	Método/equipamento
Turbidez	Turbidímetro de bancada
Cor	Colorímetro
Sólidos Totais (ST)	Gravimétrico
Nitrogênio Total (N_{Total})	Processo semimicro Kjeldahl
Fósforo Total (P_{Total})	Espectrofotometria

Fonte: O autor.

Após a conversão do volume efluente dos filtros orgânicos em volumes de poros (Eq. 1), foram obtidas curvas associando o volume de poros com a concentração relativa das referidas variáveis, ou seja, a relação entre as concentrações de saída (efluente) e de entrada no filtro (afluente).

Análises de regressão foram utilizadas para obtenção de equações na estimativa do desempenho da filtragem na remoção das diversas variáveis da água residuária, tendo-se como variável independente o volume de poros. Os modelos foram escolhidos com base em sua significância geral (valor de P), bem como nos menores Critérios de Informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC) em sua significância (valor de P) para os coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” e adotando-se o nível de até 5% de probabilidade para o erro tipo I. Além disso, para a escolha do modelo, adotou-se aquele com maior coeficiente de determinação (R^2) para a variável em estudo. Em cada um dos modelos regressão propostos, as variáveis foram avaliadas quanto aos pressupostos de: Homogeneidade de variâncias (Teste de Koenker's e de Breusch-Pagan), Normalidade (gráfico QQ-plot e teste de Shapiro-Wilk) e de independência (Teste de Durbin-Watson). Para os

procedimentos estatísticos foram utilizados os pacotes “car”, “lmtest” e “moments” do aplicativo Rstudio (R Development Core Team, 2019).

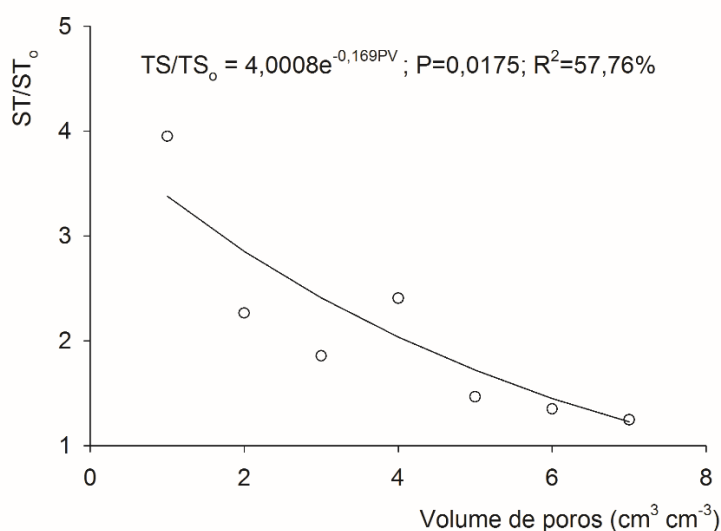
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 5 a 9 estão apresentados os modelos ajustados, obtidos dos atributos físico-químicos do efluente do filtro orgânico, e, nos modelos que não houve ajustes, apresenta-se apenas a média dos atributos, em função do volume de poros percolado.

A concentração relativa (C/C_0) das variáveis expressa a relação entre as concentrações de saída (efluente) e de entrada no filtro (afluente), logo, um valor de C/C_0 maior que 1,0 significa que o efluente contém uma concentração maior que a do afluente.

De acordo com o que está apresentado na Figura 5, observa-se que o processo de filtragem não apresentou eficiência na remoção dos sólidos totais, já que os valores da concentração relativa se mantiveram superiores a 1,0 até o final da filtração.

Figura 5 - Média dos valores da concentração relativa dos Sólidos Totais (TS/TS_0) em função do volume de poros.

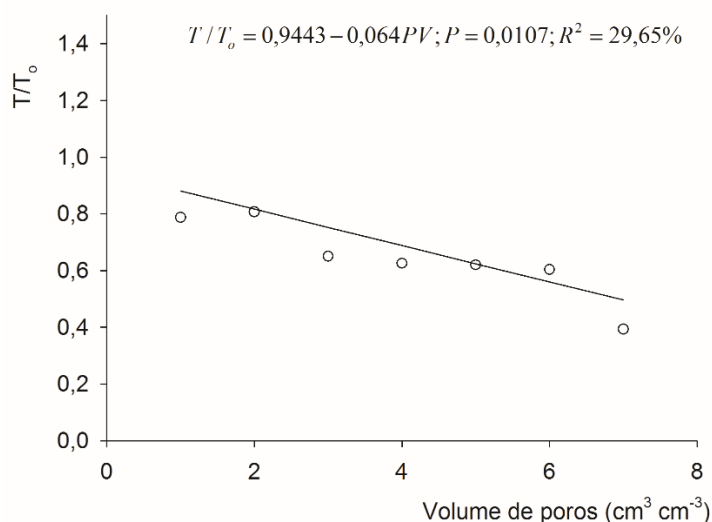


Fonte: O autor.

Acredita-se que estes resultados podem ser explicados por haver grande contribuição de sólidos dissolvidos do próprio material filtrante para a água residuária em tratamento, conforme também verificado por Lo Monaco et al. (2014), utilizando serragem de madeira como material filtrante no tratamento de esgoto sanitário. Resultados contrários foram encontrados por outros autores com outros materiais filtrantes no tratamento de águas residuárias da suinocultura, como nos casos da fibra de coco (LO MONACO et al., 2009), bagaço de cana-de-açúcar picado e o triturado de sabugo de milho (LO MONACO et al., 2011a), em que todos apresentaram remoções superiores a 40 % de sólidos totais.

O engajo de bananeira proporcionou uma eficiência de 10 a 50% na remoção da turbidez ($T/T_0 = 0,9$ a $0,5$), apresentando ajuste de equação linear decrescente (Figura 6) em relação ao volume de poros filtrado. Estes resultados podem ser considerados satisfatórios e semelhantes aos obtidos por outros autores em trabalhos com filtros orgânicos (MAGALHÃES et al., 2005; 2006; LO MONACO et al., 2009; 2011b; 2014).

Figura 6 - Média dos valores da concentração relativa da Turbidez (T/T_0) em função do volume de poros.



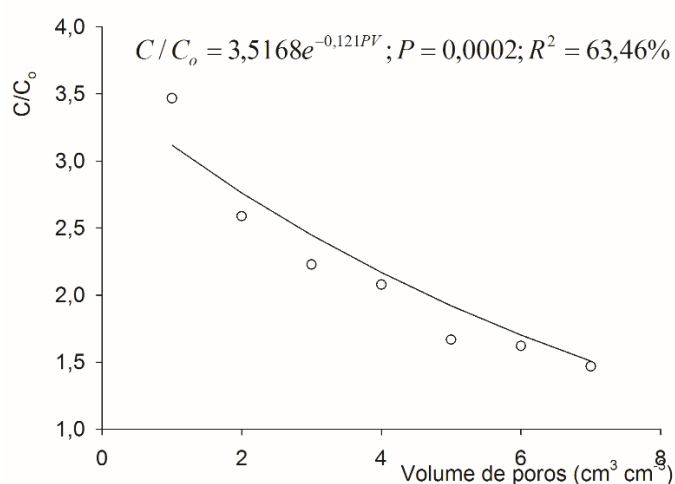
Fonte: O autor.

A remoção da turbidez em águas residuárias é de suma importância, uma vez que este parâmetro de qualidade de água está relacionado com a presença de sólidos em suspensão (VON SPERLING, 2005). 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 consequentemente a produção de oxigênio no corpo hídrico. Por outro lado, caso o efluente seja utilizado na fertirrigação de culturas por meio de sistemas de irrigação localizada, a prévia remoção de sólidos suspensos torna-se necessária afim de se evitar problemas de entupimento em gotejadores ou microaspersores. Dessa forma, verifica-se que o filtro de engaço de bananeira pode ser uma interessante alternativa de tratamento da água residuária para destinação em ambas as situações, seja para lançamento em corpos hídricos, ou na fertirrigação via sistemas de irrigação localizadas.

A remoção da cor em águas residuárias é importante, uma vez que este parâmetro de qualidade de água está relacionado com a presença de sólidos dissolvidos (VON SPERLING, 2005). Ao se analisar a variável cor (Figura 7), nota-se que, de maneira semelhante aos Sólidos Totais, não houve remoção pelo engaço de bananeira, já que os valores de concentração relativa se mantiveram superiores a 1,0 até o final da filtração.

Figura 7 - Média dos valores da concentração relativa da Cor (C/C_0) em função do volume de poros.



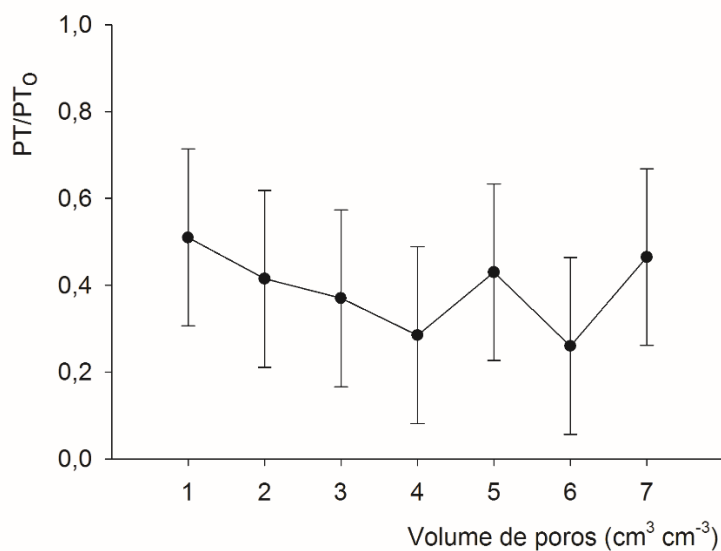
Fonte: O autor.

Em razão do engaço da bananeira possuir pigmentos como taninos e flavonóides (ONYEMA et al. 2016), evidencia-se que o aumento da cor no efluente do filtro seja justificada pela solubilização dos sólidos dissolvidos oriundos do próprio material

filtrante para a água residuária em tratamento, durante o processo de filtração. Esse fato ficou evidente pela observação visual de aumento na coloração do efluente em relação ao afluente. Nota-se, ainda, que estes pigmentos foram liberados em maior concentração no primeiro volume de poros, diminuindo gradativamente até o sétimo volume de poros

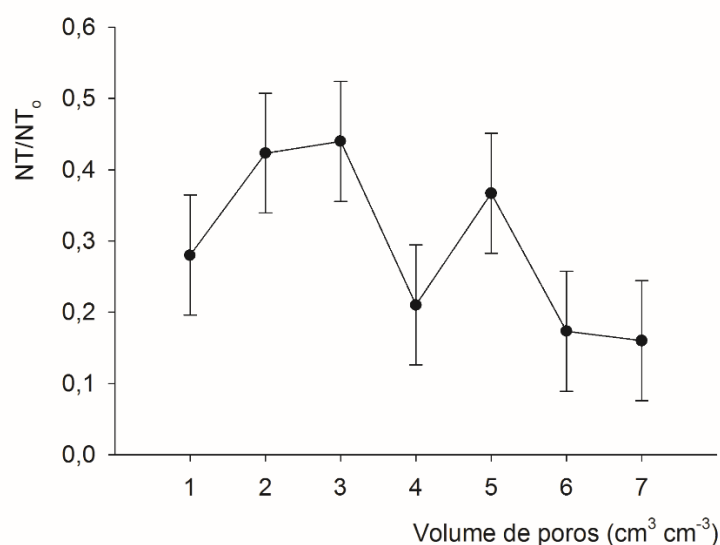
Caso o efluente seja lançado em corpos hídricos, a remoção de N-total e P-total de águas residuárias torna-se fundamental, já que são os elementos que mais contribuem para o processo de eutrofização, causando diversos impactos ambientais. Os resultados obtidos para fósforo total (Figura 8) e nitrogênio total (Figura 9) não apresentaram ajuste de nenhum modelo matemático, sendo apresentados apenas os valores médios com seus respectivos desvios padrão.

Figura 8 - Média dos valores da concentração relativa do Fósforo Total (TP/TP₀) em função do volume de poros.



Fonte: O autor.

Figura 9 - Média dos valores da concentração relativa do Nitrogênio Total (TN/TN₀) em função do volume de poros.



Fonte: O autor.

No caso do fósforo total (Figura 8), foram obtidos valores médios de remoção entre 50 ($TP/TP_0 = 0,5$) e 75% ($TP/TP_0 = 0,25$). Tais remoções podem ser consideradas excelentes considerando a ausência de quaisquer tratamentos preliminares ou posteriores ao filtro. Os resultados obtidos neste trabalho comprovam a elevada eficiência de remoção de fósforo por filtros orgânicos, haja visto que foram semelhantes aos obtidos por outros autores (LO MONACO et al., 2004; 2009; 2011a), os quais verificaram remoções entre 58 e 70%, em filtros orgânicos no tratamento águas residuárias da suinocultura.

Ao analisar os resultados explicitados na Figura 9, observa-se que o engaço de bananeira proporcionou, de acordo com os dados médios, remoção em torno de 55 ($TN/TN_0 = 0,45$) a 85% ($TN/TN_0 = 0,15$). De maneira semelhante ao fósforo, os resultados de remoção de nitrogênio pelo engaço de bananeira podem ser considerados excelentes quando comparados com outros materiais orgânicos filtrantes no tratamento de águas residuárias de suinocultura, tais como Lo Monaco et al. (2011a), que obtiveram remoções máximas de 45 e 50% em triturado de sabugo de milho e bagaço de cana-de-açúcar, respectivamente, e Lo Monaco et al. (2009), que obtiveram remoções médias em torno de 30%, utilizando a fibra de coco.

De acordo com Lo Monaco et al. (2009) e (2011a), o fósforo e o nitrogênio, ao contrário do que ocorre com o potássio e o sódio, apresentam forte associação com o material orgânico. Nesse sentido, os autores concluíram que a retenção de material sólido pode, de certa forma, explicar os resultados de remoção alcançados em relação ao fósforo total. Assim, quanto maior a remoção de sólidos totais da ARS afluyente, maiores também são as remoções de nitrogênio e fósforo total.

No presente trabalho, não houve remoção de sólidos totais (Figura 5), mas verificou-se uma elevada remoção de nitrogênio e fósforo pelo material filtrante, contrapondo-se à associação realizada por Lo Monaco et al. (2009) e (2011a). Dessa forma, acredita-se que, neste caso, as formas minerais de fósforo e nitrogênio tenham sido retidas de maneira mais eficiente e em maiores proporções, por adsorção desses elementos em sítios de troca existentes na massa do material filtrante.

3 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que:

- O filtro de engaço de bananeira não proporcionou a remoção dos Sólidos Totais e da Cor do afluente nele aplicado;
- Remoções de 10 a 50% da turbidez da água residuária da suinocultura foram obtidas pelo engaço de bananeira.
- O engaço de bananeira proporcionou elevada eficiência na remoção de nitrogênio e fósforo da água residuária de suinocultura, alcançando-se remoções médias de 67 e 62%, respectivamente.
- De um modo geral, o filtro de engaço de bananeira pode ser considerado uma alternativa promissora no tratamento primário de águas residuárias de suinocultura.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, F.; FIA, R.; SILVA, J. R. M.; CHAVES, C. F. M.; PASQUALIN, P. P. Unidades combinadas RAFA-SAC para tratamento de água residuária de suinocultura – parte II nutrientes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 5, p. 931-940, 2015.
- BRANDÃO, V. S.; MATOS, A. T.; FONTES, M. P. F.; MARTINEZ, M. A. Retenção de poluentes em filtros orgânicos operando com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 329-334. 2003.
- EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Estatística – Desempenho de Produção**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em 10 mai. 2020.
- FRANCISCO, J. P.; SILVA, L. G. B.; NASCENTES, A. L.; DA SILVA, L. D. B.; FOLEGATTI, M. V. Desempenho de filtros orgânicos com o uso de extrato de sementes de Moringa oleífera LAM. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 4, p. 705-713, 2014.
- GUPTA, V.X.; SUHAS. Application of low-cost adsorbents for dye removal - A review. **Environmental Management**, v. 90, p. 2313-2342, 2009.
- LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; JORDÃO, C. P.; CECON, P. R.; MARTINEZ, M. A. Influência da granulometria da serragem de madeira como material filtrante no tratamento de águas residuárias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 116-119, 2004.
- LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; BRANDAO, V. S. Influência da granulometria dos sólidos triturados de sabugo de milho e bagaço de cana-de-açúcar como materiais filtrantes no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 5, p. 975-985, 2011a.
- LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V.; SARMENTO, A. P.; MOREIRA, R. M. G. Desempenho de filtros constituídos por pergaminho de grãos de café (*Coffea sp.*) no tratamento de águas residuárias. **Coffe Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 120-127, 2011b.
- LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; RIBEIRO, I. C. A.; BATISTA, A. P. S.; MIRANDA, S. T.; EUSTÁQUIO JÚNIOR, V. Tratamento de esgoto sanitário utilizando coagulante natural seguido de filtro orgânico. **Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 28 – 40, 2014.
- LO MONACO, P. A. V.; MATOS, A. T.; SARMENTO, A. P.; JÚNIOR, A. V. L.; 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.

MAGALHÃES, M. A.; MATOS, A. T.; DENÍCULI, W.; AZEVEDO, R. F. Influência da compressão no desempenho de filtros orgânicos para tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 26-32, 2005.

MAGALHÃES, M. A.; MATOS, A. T.; DENÍCULI, W.; TINOCO, I. F. F. Operação de filtros orgânicos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 472-478, 2006.

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

MATOS, A. T.; MAGALHAES, M. A. SARMENTO, A. P. Perda de carga em filtros orgânicos utilizados no tratamento de água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 527-537, 2010.

MENEZES, I. S.; MENDONÇA, L. C. Avaliação do tratamento preliminar da estação de tratamento de efluentes do *campus* de São Cristóvão da Universidade Federal de Sergipe. **Scientia Plena**, v. 13, n. 10, p. 1-7, 2017.

ONYEMA, C. T.; OFOR, C. E.; OKUDO, V. C.; OGBUAGU, A. S. Phytochemical and Antimicrobial Analysis of Banana Pseudo Stem (*Musa acuminata*). **British Journal of Pharmaceutical Research**, v. 10, p. 1-9, 2016.

OZA, E. F.; LO MONACO, P. A. V.; HADDAD, I. R.; DOS SANTOS, M. M.; SOELA, D. M.; VIEIRA, G. H. S. Treatment of swine wastewater using anaerobic filters with different types of support media. **Bioscience Journal**, Lavras, v. 35, n. 2, p.561-569, 2019.

R Development 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: 03 Dez. 2019.

SEGANFREDO, M. A. **A gestão ambiental na suinocultura**. Brasília: Embrapa Suínos e Aves, 2007, 302p.

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