

Eficiência de um filtro de remediação (TEVAP) na remoção de poluentes em efluentes suínos

Efficiency of a remediation filter (TEVAP) for the removal of pollutants in swine effluents

RESUMO

João Bosco Belchior Vilar^{I,IV,*} 

Vagner Sales dos Santos^{II} 

Antônia Eliene Duarte^{III} 

Argemiro Sanavria^{IV} 

Introdução: A suinocultura é uma atividade de rápido crescimento, de relevância socioeconômica e potencial poluidor, cuja expansão sustentável depende de alternativas tecnológicas que minimizem o impacto ambiental, como técnicas e operações de remediação de áreas, a fim de evitar a contaminação ambiental potencial e danos à saúde humana. **Objetivo:** Avaliar os parâmetros físico-químicos de amostras de efluentes, através de um filtro de evapotranspiração (TEVAP) para dejetos suínos. **Método:** Foram investigados os aspectos físico-químicos e microbiológicos, antes (controle: efluente bruto) e após o tratamento, no 10º dia (efluente tratado) e no 40º dia (efluente final). **Resultados:** O potencial hidrogeniônico (pH) não exibiu alteração. Houve redução de substâncias químicas (demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal, cloretos), sólidos dissolvidos totais, temperatura, alcalinidade, condutividade elétrica, dureza total e coliformes termotolerantes para os efluentes tratado e final. Verificou-se aumento do oxigênio dissolvido (OD). A eficiência do sistema com relação à DQO, para o efluente tratado foi de 40% e, para o efluente final, foi de 98%. **Conclusões:** Os resultados químicos e microbiológicos indicam que o efluente tratado, pode ser reutilizado para limpeza de instalações de suínos. O baixo custo do TEVAP aliado à eficiência na remoção de carga orgânica podem possibilitar a mitigação de impactos negativos ao meio ambiente e à saúde.

PALAVRAS-CHAVE: Suinocultura; Filtro de evapotranspiração (TEVAP); Eficiência de Remoção; Saúde

ABSTRACT

Introduction: Swine breeding is a fast growing activity of socioeconomic relevance and potential pollution, whose sustainable expansion depends on technological alternatives that minimize environmental impact, such as techniques and remediation operations in these areas. Remedial effluents must be properly managed prior to their application to soil to avoid potential environmental contamination and damage to human health. **Objective:** The objective was to evaluate the physical and chemical parameters of effluent samples, before and after the treatment through a system of evapotranspiration (TEVAP) for swine manure. **Method:** Physical-chemical aspects were investigated, evaluated before (control: raw effluent) and after treatment, 10 days (treated effluent) and 40 days (final effluent) were investigated. In addition, a microbiological evaluation was performed. **Results:** The hydrogenation potential (pH) did not change. There was a reduction of chemical substances (chemical oxygen demand (COD), ammoniacal nitrogen, chlorides), total dissolved solids (TDS), temperature, alkalinity, electrical conductivity, total hardness and thermotolerant coliforms, for treated and final effluents. There was an increase in dissolved oxygen (OD). The efficiency of the COD system for the treated effluent was 40%, and for the final effluent was 98%. **Conclusions:** Chemical and microbiological results indicate that the treated effluent, i.e. gray water, can be reused for cleaning pig facilities, although there is a need for additional treatment to achieve complete inactivation for use and direct contact with animals. The low cost of implementation of TEVAP, together with the efficiency of the organic load removal, and with the rural communities, allows the mitigation of negative impacts to the environment, propitiating prevention in the transmission of possible diseases.

^I Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Crato, CE, Brasil

^{II} Faculdade de Tecnologia Centec (Fatec), Juazeiro do Norte, CE, Brasil

^{III} Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Regional do Cariri (URCA), Crato, CE, Brasil

^{IV} Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ, Brasil

* E-mail: joaobbv@yahoo.com.br

Recebido: 26 out 2018

Aprovado: 13 maio 2019

KEYWORDS: Pig Breeding; System of Evapotranspiration (TEVAP); Removal Efficiency; Health



INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade de importância social e econômica. Desse modo, a mitigação dos impactos ambientais gerados por tal atividade é urgente e possui grande relevância ambiental^{1,2}. Por produzir grandes quantidades de águas residuárias, a criação de suínos é uma ocupação profissional problemática para o meio ambiente, contudo, tal atividade tem potencial para gerar a fertilização dos solos^{3,4}. Os dejetos de suínos constituem uma fonte potencial de nutrientes^{5,6}. Portanto, a busca por novas alternativas para a reciclagem desses dejetos, os quais não envolvam o seu uso direto como fertilizante, deve ser abrangente, compreendendo todos os segmentos da cadeia produtiva e levando em consideração os conceitos de sustentabilidade ambiental⁷.

A expansão sustentável da suinocultura no Brasil depende de alternativas tecnológicas que minimizem o impacto ambiental negativo provocado pelas águas residuárias geradas por essa atividade⁸. As práticas de suinocultura e a ausência de recuperação adequada das áreas afetadas levam a locais contaminados com sério impacto nos ecossistemas e riscos para a saúde humana². A origem da contaminação é frequentemente associada a depósitos de rejeitos de suínos porque eles são uma fonte da drenagem da criação desses animais^{2,8}. Estas áreas são desprovidas de vegetação devido às duras condições do solo que impedem o enraizamento de espécies vegetais. A remediação imediata dessas áreas é necessária para suprimir a geração e acúmulo de contaminantes e seus efeitos negativos sobre os ecossistemas^{9,10}.

A produção de suínos é um ramo da indústria de alimentos em rápido crescimento¹¹. Consequentemente, aumenta a geração de dejetos de suíno, bem como o consumo de água relacionado a suínos. O efluente suíno contém urina de porco, fezes, derramamento de água, restos de alimentos não digeridos, resíduos de medicamentos antimicrobianos e microrganismos. Considerando estas características, recomenda-se que este material seja corretamente gerenciado antes de sua aplicação à terra para evitar a contaminação ambiental potencial^{12,13}. Já o esterco de suínos é caracterizado por um alto teor de sólidos em suspensão, matéria orgânica e alto teor de fósforo e nitrogênio¹⁴. Além disso, altos níveis de populações microbianas são observados incluindo coliformes totais, *Escherichia coli* e *Salmonella* sp¹⁴.

A literatura relata estratégias de tratamento para esterco suíno, que incluem processos biológicos concebidos para a remoção eficaz de substâncias compostas e a inativação de bactérias^{15,16}. Em contraste com a produção de suínos, a legislação ambiental em relação aos parâmetros de segurança é recente^{17,18}. No Brasil, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 430, de 13 de maio de 2011¹⁹ é utilizada para orientar manejo de efluente em corpos de água.

A suinocultura também é reconhecida como atividade de grande potencial poluidor, em razão de gerar efluentes geralmente na forma líquida, com elevada carga de matéria orgânica, nutrientes e metais pesados (exemplo: Cu e Zn). A prática comumente

adotada pela suinocultura brasileira tem sido a armazenagem desses resíduos em lagoas ou tanques e sua posterior aplicação como fertilizante vegetal e condicionador do solo. Em regiões em que a geração de efluentes supera a capacidade de suporte do solo e/ou as recomendações dos órgãos de fiscalização ambiental, alternativas de tratamento ou exportação de nutrientes precisam ser adotadas^{13,20}.

No entanto, nada foi estabelecido sobre os parâmetros de segurança para a reutilização de água de produção animal, bem como o controle e registro do gasto de água para tal consumo. Possivelmente, a falta de conhecimento sobre aspectos funcionais dos sistemas de manejo de efluentes suínos constitui uma lacuna e pouco se sabe sobre a otimização de tecnologias de remoção de poluentes.

Nesse contexto, objetivou-se com este estudo avaliar os parâmetros físico-químicos de amostras de efluentes suínos, bem como a eficiência de remoção de um sistema de evapotranspiração (Tanque de Evapotranspiração - TEVAP), o qual consiste em um filtro de remediação, além do consumo de água no sistema.

MÉTODO

Sistema de tratamento (TEVAP)

O experimento consistiu em um filtro de remediação, cujo sistema apresenta potencial para remediar situações de contaminação e danos causados ao meio ambiente, em decorrência da suinocultura, o qual foi instalado, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Crato. A ferramenta de uso sustentável construída foi um TEVAP, a fim de ser desenvolvida e difundida por permacultores de diversas nacionalidades. Trata-se de um tanque impermeabilizado, preenchido com diferentes camadas de substrato e plantado com espécies vegetais de crescimento rápido e alta demanda por água. Trata-se de um sistema fechado, onde não há infiltração no solo, o qual recebe um determinado efluente, que passa por processos naturais de degradação microbiana da matéria orgânica, mineralização e absorção de nutrientes e da água pelas raízes, e evapotranspiração pelas plantas (Figura 1). O desenvolvimento do estudo no intuito de atender aos objetivos propostos, foi dividido em três fases diferentes, de acordo com a Figura 1.

Coleta, armazenamento de amostras e análise físico-química

As coletas das amostras foram realizadas em duas áreas, caixa de decantação e o TEVAP, no IFCE, *campus* Crato, em três dias distintos, nos seguintes intervalos: 1º dia (primeira amostra); 10º dia (segunda amostra) e 40º dia (terceira amostra), com três repetições, para cada coleta.

Com a implantação da caixa de decantação e do TEVAP, os quais constituem o sistema de tratamento dos efluentes, foi possível armazenar o produto da higienização de 22 baias e 10 celas parideiras, da pocilga, contendo 100 animais. As amostras foram

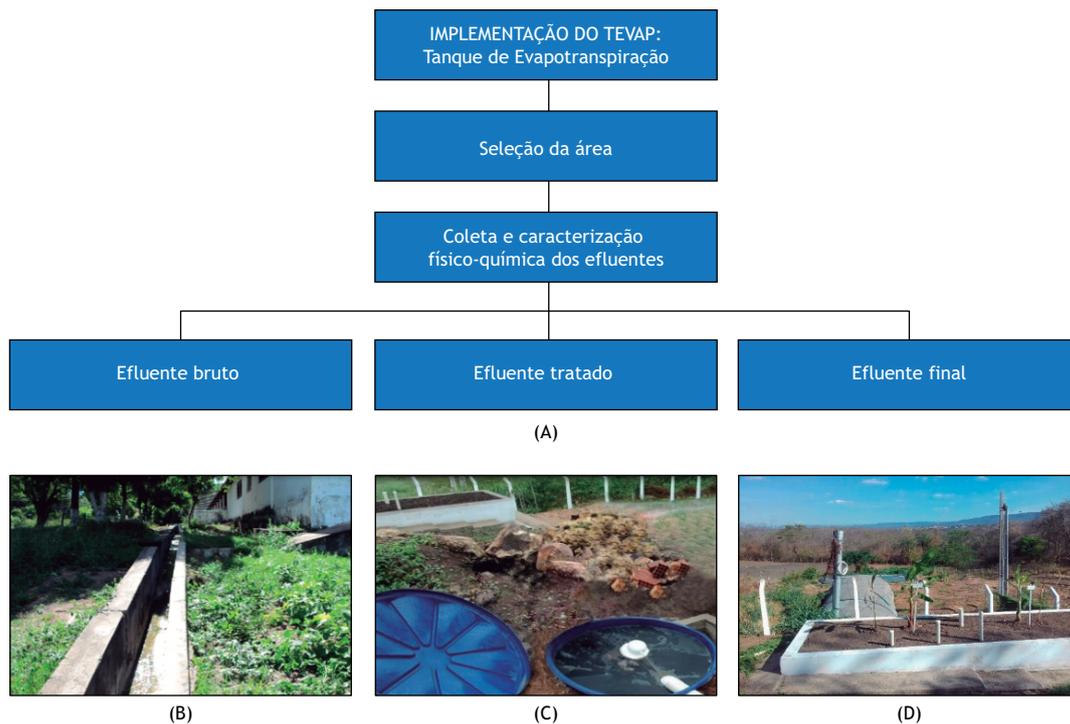


Figura 1. Fluxograma de desenvolvimento do estudo. Os locais de amostragem são indicados: (A) fluxograma da implementação do TEVAP e suas respectivas fases de coletas para análise; (B) canaleta por onde percorre o efluente após a higienização da suinocultura; (C) caixa de decantação que recebe os dejetos suínos, temporariamente, antes de serem armazenados no TEVAP e (D) TEVAP - bacia séptica de remediação com cultura sobreposta, germinada depois de ser evapotranspirada.

obtidas na seguinte sequência: local 1 - caixa de decantação, contendo o efluente bruto, em seguida, local 2 - TEVAP, contendo o efluente tratado e o efluente final. Após o tratamento com o filtro de remediação, obteve-se, a separação sólido-líquido e a água residual tratada.

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, temperatura, demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, sólidos dissolvidos totais (SDT), condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal (NA) e nitrato, ferro total, dureza e cloretos, alcalinidade. Os procedimentos analíticos foram realizados de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water Wastewater*²¹ e o Manual de Análises Físico-Químicas de Águas de Abastecimento e Residuárias²².

Monitoramento do consumo de água: instalação do hidrômetro

A fim de avaliar o gasto de água, foi implantado o hidrômetro dentro das instalações da suinocultura, na higienização por setor de criação de suínos e no escoamento dos dejetos por canaleta.

Trata-se de um equipamento tecnológico, moderno e eficiente que se faz presente tanto em áreas urbanas, como em comunidades rurais. Seu principal objetivo é controlar e registrar o quantitativo de água para consumo em geral.

Os efluentes foram conduzidos para a recepção final, a bacia ou filtro de remediação, ou seja, o TEVAP.

Análise estatística

Os dados paramétricos foram analisados por análise de variância de uma via (ANOVA), com posterior teste de Tukey. O nível de significância mínimo (α) adotado foi de 0,05. Foram realizados três experimentos independentes. A eficiência do sistema também foi avaliada, a partir da equação¹⁷ $\text{Eficiência} = (X_0 - X) / X_0 \cdot 100\%$, sendo X_0 = concentração inicial e X = concentração final.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efluentes suínos devem ser manuseados corretamente para evitar impactos ambientais negativos¹⁷. O TEVAP, que consiste em um filtro de remediação, foi avaliado como alternativa de tratamento para dejetos suínos, a fim de minimizar os riscos à saúde. Investigaram-se os parâmetros físico-químicos, avaliados antes do tratamento (controle: efluente bruto), 10º dia (efluente tratado) e 40º dia (efluente final) após o tratamento. Além disso, foi realizada avaliação microbiológica. O perfil químico do sistema TEVAP neste estudo foi semelhante ao observado por outros autores em outros sistemas para suínos^{13,17}.

Não foi observada alteração estatisticamente significativa no potencial hidrogeniônico (pH) entre o efluente bruto, e os efluentes: tratado e final (Figura 2A). O pH é um dos fatores mais importantes a ser mantido, para se obter a eficiência do sistema, cuja condição de normalidade se concentra em torno da neutralidade. Uma opção para amenizar um desequilíbrio, ou seja, quando o pH estiver abaixo de 6,5, precisando ser corrigido, a



fim de evitar a diminuição da atividade biológica, consiste na adição de um processo de inativação, como a elevação do pH, acima de 10, pela aplicação de cal²³. Quanto à temperatura, o efluente final exibiu aumento significativo, quando comparado ao controle e ao efluente tratado (Figura 2B).

Nos sistemas biológicos, a influência da temperatura é bastante importante, uma vez que as velocidades das reações bioquímicas são diretamente afetadas pela temperatura^{24,25}. Faust²⁶ sugeriu que a temperatura da água é um dos fatores mais importante para prever a sobrevivência de coliformes fecais como parâmetro de qualidade dos efluentes lançados em ecossistemas hídricos. Geralmente, apenas processos termofílicos são adequados para a inativação de patógenos, porque as bactérias são inativadas em temperaturas acima de 60°C²⁵, com registro de uma redução populacional de 64%, após 12 dias²⁷.

Processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos são capazes de inativar microrganismos, e a eficiência da inativação de patógenos está relacionada a diversos fatores, como antibiose, potencial redox, antagonismo, deficiências nutricionais e metabolismo exotérmico¹⁷. Tratamento desse resíduo é essencial para maximizar a integração entre ambiente e produção²⁸.

Comparando-se parâmetros analisados individualmente, observaram-se diferentes perfis de remoção ao longo do tratamento. Nesse estudo, o parâmetro DQO, que expressa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica^{24,29}, apresentou uma queda progressiva ao longo de todo o sistema TEVAP.

A DQO exibiu redução significativa entre o efluente final e o efluente bruto (controle). Já, quando comparado ao controle, o efluente tratado foi reduzido significativamente (Figura 3A). Entre os tempos testados, o efluente final foi reduzido significativamente em relação ao efluente tratado. A eficiência do sistema para o efluente tratado foi de 40%, e, para o final, foi de 98%. Resultado similar foi encontrado por Rodrigues et al.²⁹, cujas médias de remoção total de DQO e de DBO foram 96,7% e 98,4%, respectivamente. Observa-se que, de um modo geral, os

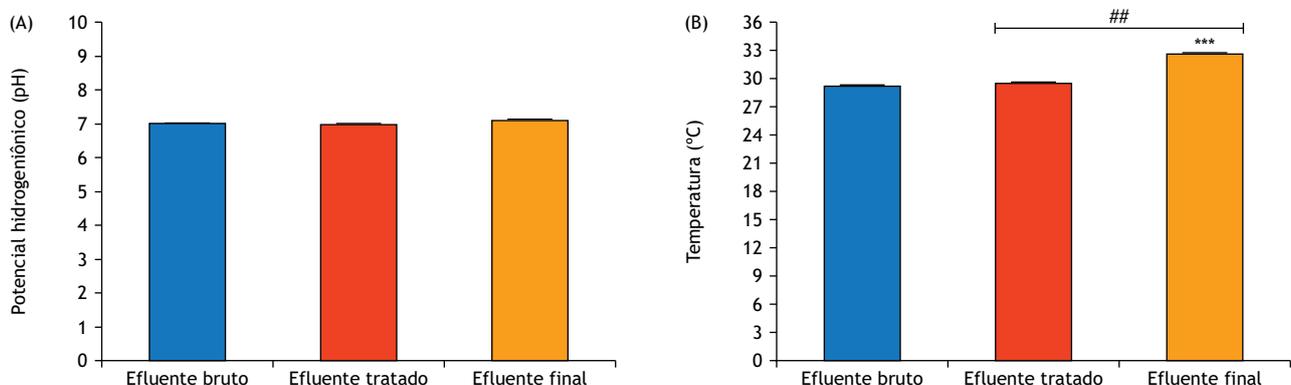
atributos relacionados à remoção física, foram reduzidos com eficiência, provavelmente em decorrência da sedimentação nos interstícios, retenção por restrição ao escoamento (filtração) e adesão aos grânulos dos materiais do sistema.

Os níveis de OD exibiram variação significativa quando comparados ao efluente bruto (controle). No efluente tratado ocorreu um aumento para 2 mg/L, enquanto que no efluente final ocorreu um aumento do OD para 3,7 mg/L, estatisticamente significativo quando comparado ao controle e ao efluente tratado³⁰.

Os níveis de NA do efluente final exibiram redução significativa quando comparados ao efluente bruto (controle). Entre os tempos testados, ocorreram alterações significativas. O efluente final mostrou redução estatisticamente significativa quando comparado ao efluente tratado (Figura 4A). Com relação aos níveis de nitrato, não ocorreram quaisquer alterações.

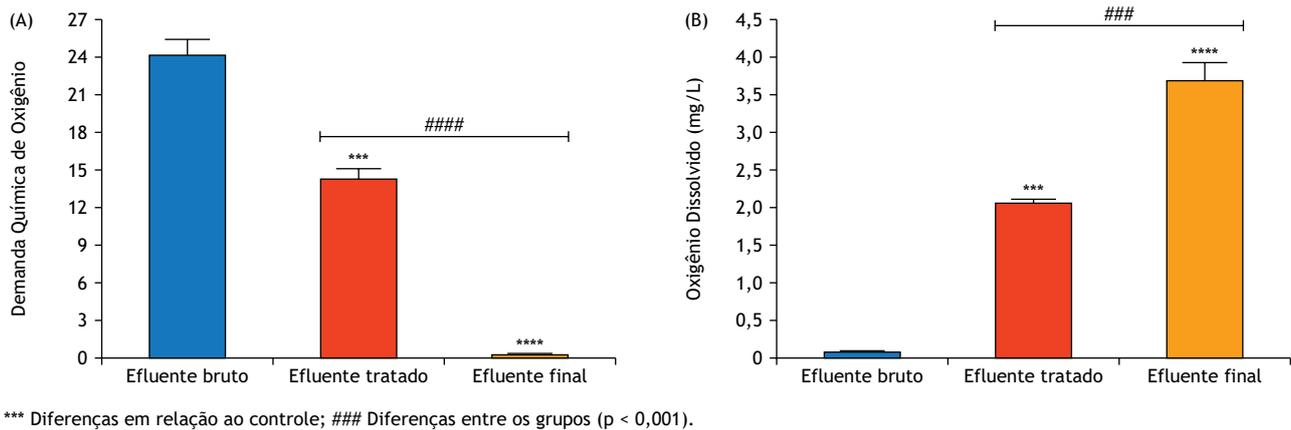
Não houve nenhuma alteração significativa nos sólidos suspensos (SS) e sólidos suspensos totais (SST) quando comparados ao controle e entre os tratamentos, efluente tratado e efluente final. Já entre os tratamentos, observou-se redução dos SDT, enquanto que para o SST, houve aumento no efluente final (Figura 4A). Quanto à eficiência de remoção do sistema TEVAP, para SS, SST e SDT foi de 73%, 60% e 48% para o efluente tratado e 98%, 42% e 42% para o efluente final, respectivamente. Portanto, a eficiência obtida neste estudo para SS (73% e 98%) pode ser considerada satisfatória, considerando que a água residuária de suinocultura em tratamento possui uma carga orgânica ampla. Outro relato demonstrou que um sistema apresentou uma eficiência de remoção de poluentes para SST e ST, de 91% e 62%, respectivamente^{31,29}. O efluente proveniente dessa atividade possui alto teor de sólidos suspensos e matéria orgânica, além de alta concentração de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio³².

Os parâmetros condutividade elétrica (Figura 5A), alcalinidade (Figura 5B), ferro total, dureza total, cloretos (Figura 5C) e coliformes (Figura 5D) exibiram diferenças estatísticas em relação ao controle e entre todos os tratamentos testados (efluente tratado e efluente bruto). Há uma relação linear para a condutividade



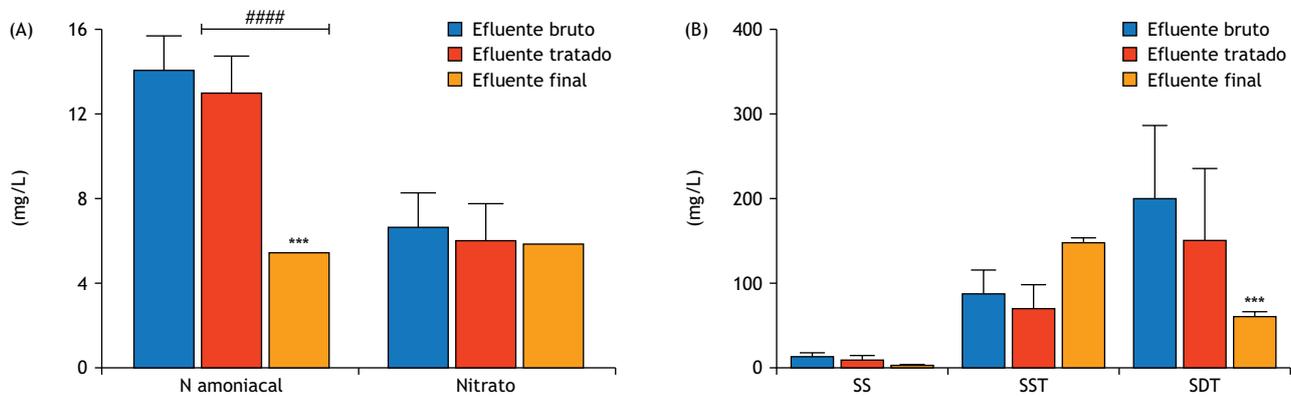
*** Diferenças em relação ao controle; ### Diferenças entre os grupos ($p < 0,001$).

Figura 2. Determinação do potencial hidrogeniônico (A) e da temperatura (B) de amostras dos efluentes suínos antes e após o tratamento com o TEVAP. Os resultados são a média de experimentos ($n = 3$) independentes, efetuados em triplicata.



*** Diferenças em relação ao controle; #### Diferenças entre os grupos ($p < 0,001$).

Figura 3. Determinação da demanda química de oxigênio (A) e oxigênio dissolvido (B) de amostras dos efluentes suínos antes e após o tratamento com o TEVAP. Os resultados são a média de experimentos ($n = 3$) independentes, efetuados em triplicata.



*** Diferenças em relação ao controle; #### Diferenças entre os grupos ($p < 0,001$).

Figura 4. (A) Concentração de nitrogênio amoniacal e nitrato e (B) determinação de sólidos sedimentares (SS), sólidos suspensos totais (SST) e sólidos dissolvidos totais (SDT) em amostras dos efluentes suínos antes e após o tratamento com o TEVAP. Os resultados são a média de experimentos ($n = 3$) independentes, efetuados em triplicata.

em função dos sólidos totais e dissolvidos em sua maioria, em todas as águas residuárias, suinocultura, laticínio e industrial³².

Provavelmente um maior tempo de operação dos filtros possibilite maiores eficiências de remoção das variáveis, em razão da maior formação e estabilidade do biofilme.

O perfil bacteriano apresentou redução significativa dos coliformes totais, diminuindo de 150 no efluente bruto para 11×10^3 coliformes fecais/100 mL, no efluente final. Portanto, o sistema em estudo demonstrou ser eficaz na redução do número de coliformes ao longo do tratamento. Tal redução total de coliformes era esperada, uma vez que a redução do nível de material orgânico durante o tratamento foi expressiva. Viancelli et al.¹⁷ sugeriram que um processo anaeróbico diminuiu os indicadores fecais devido a um aumento na competição microbiológica por substrato.

A suinocultura é diretamente dependente dos recursos naturais, exigindo uma alta demanda de água e gerando uma alta quantidade de resíduos que devem ser adequadamente tratados. Portanto, se

faz necessário que haja uma consciência adequada do impacto de tal atividade sobre os recursos hídricos e o meio ambiente^{33,34}.

Sousa et al.¹³⁵ observaram que as cultivares de algodão adubadas com efluente suíno obtiveram melhor desempenho de massa seca, absorção e acumulação de nutrientes quando comparadas com a cultura que não foi irrigada com este biofertilizante. Souza et al.³⁵ verificaram que a produção de pimentão doce não foi contaminada por coliformes termotolerantes e *Salmonella ssp.*, ao utilizar águas residuárias de suinocultura após tratamento prévio.

Com relação à demanda de água no manejo suíno, para a realização de uma higienização feita nas baias de criações de suínos (setores de reprodução, gestação, maternidade, creche e na canaleta, que conduz todo os dejetos dos locais lavados), a partir da avaliação e registro pelo hidrômetro instalado dentro do criatório, verificou-se consumo na razão de 1.250 L/41 min de água. Tal resultado, pode subsidiar e assegurar o controle e uso da disponibilidade desse recurso hídrico tão importante.

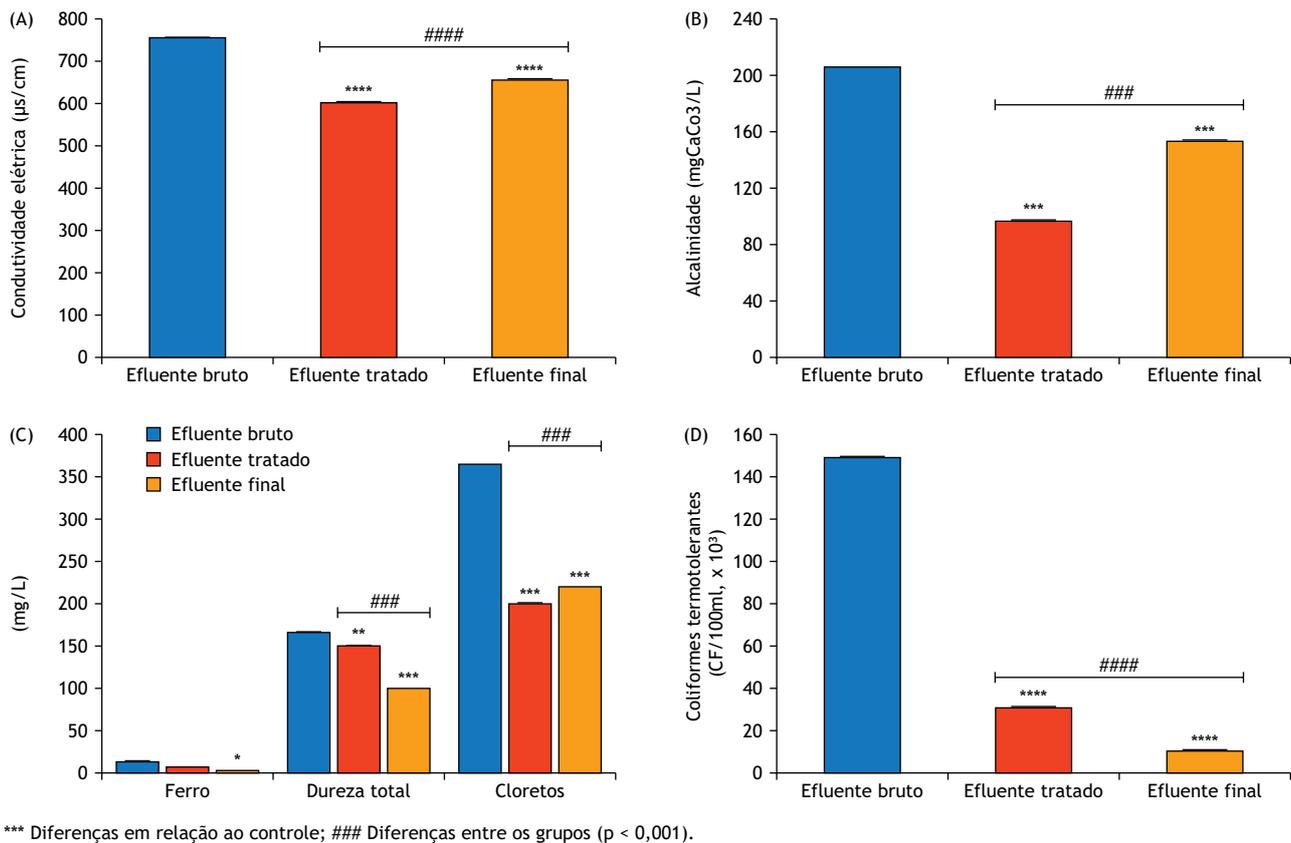


Figura 5. (A) Determinação da condutividade hidráulica, (B) alcalinidade, (C) ferro, dureza total e cloretos e (D) coliformes termotolerantes de amostras dos efluentes suínos antes e após o tratamento com o TEVAP. Os resultados são a média de experimentos (n = 3) independentes, efetuados em triplicata.

Ressalta-se a relevância de monitorar o experimento com a instalação de hidrômetro³⁶. A literatura relata que a impossibilidade de se monitorar o gasto de água através de hidrômetros, comprometeu a exatidão das medidas, no crescimento e terminação de suínos. Assim, a estimativa média do consumo de água, para o abastecimento de cinco baias, por aproximadamente 10 h diárias, pelo método volumétrico, foi de 551 L³⁷.

A redução significativa de quase todos os parâmetros analisados após o tratamento com o TEVAP sugere que esta pode ser uma boa alternativa para o tratamento de efluentes suínos. Redução similar foi relatada por Pereira et al.²⁷, ao avaliarem a remoção de efluentes suínos, os quais ressaltaram que atenção tem sido dada por agências governamentais sobre a produção de suínos em áreas confinadas, devido ao potencial de poluição e problemas relacionados à epidemiologia.

A atividade de suinocultura requer manejo e o tratamento do dejetos, aliados ao uso do efluente, intrínseco ao processo produtivo. O TEVAP é uma opção de baixo custo de implementação e operacionalização, diminuindo-se a necessidade de processos complementares de tratamento, haja vista que a estabilização do dejetos já se inicia no próprio sistema. Este estudo agrega conhecimento no que diz respeito ao entendimento por parte dos usuários, de alguns aspectos físicos, químicos e microbiológicos, que são vitais para o bom funcionamento desse sistema. O

aspecto cultural também é relevante e necessita ser discutido, considerando-se que os produtores podem ser relutantes em relação à utilização dessas alternativas.

A implementação do TEVAP, pode ser vantajosa e viável para o meio ambiente, visto que a preocupação em maximizar a produção de suínos, poderá relegar a segundo plano, aspectos essenciais da preservação de matas, mananciais de água, solo, fauna e flora nativas e microrganismos etc. Em conjunto, tal produção não planejada, é impactante para a preservação ambiental. O cuidado com o ambiente deve ser prática integrante de qualquer processo produtivo.

Por outro lado, existem ainda grandes desafios a serem superados com relação à mitigação de impactos ambientais de sistemas de remediação dessa natureza (TEVAP), como o controle mais eficaz das emissões gasosas e o desenvolvimento e adoção de tecnologias mais eficientes para remoção de metais pesados, de antibióticos e de patógenos.

CONCLUSÕES

O sistema adotado, composto por um sistema anaeróbio (TEVAP), mostrou alta eficiência em escala total, na remoção de matéria orgânica e sólida, com exibição de valores acima de 98% para DQO, e redução significativa de outros parâmetros, confirmando



assim sua viabilidade no tratamento de águas residuais de suínos. É uma opção de baixo custo de implementação e operacionalização, com perspectiva potencial para o meio ambiente. O estudo agrega conhecimento para os usuários, quanto aos aspectos físicos, químicos e microbiológicos. Os resultados físico-químicos e

microbiológicos indicam que o efluente tratado pode ser reutilizado possivelmente para produção de culturas e limpeza de instalações de suínos. No entanto, os resultados mostram a necessidade de tratamento adicional para alcançar uma inativação completa, para os casos em que o contato direto com animais seja necessário.

REFERÊNCIAS

1. Medeiros SS, Perez-Marin AM, Santos Júnior JA, Reis CF, Gheyi HR. Potencial hídrico-nutricional da água residuária de suinocultura na irrigação do algodoeiro cultivado em condições semiáridas. *Irriga*. 2018;20(2):248-60. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v20n2p248>
2. Toniazto F, Rodrigues AC, Rosa MM, Ros CO, Becegado VA, Lavnitcki L et al. Avaliação da liberação de CO₂ em solo com adição de águas residuárias suínicas e impactos ambientais e sociais da suinocultura. *R Gest Sust Amb*. 2018;7(1):253-74. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e12018253-274>
3. Cordeiro J, Sanchez LR, Santos WR, Missio RF, Pavlak RJ. Crescimento de mudas de florestais submetidas à diferentes dosagens de adubação com água residuária da suinocultura. *Braz J Develop*. 2018;4(7):3862-75.
4. Leitão FO, Silva WH. Geração de energia e renda a partir do tratamento dos resíduos da suinocultura. *IGepec*. 2018;22(1):116-32.
5. Barros FM, Martinez MA, Matos AT, Rocha FA, Silva DP. Mineralização de nitrogênio em dejetos de suínos. *Enc Biosf*. 2011;7(12):1-12.
6. Aguida LM, Depiné H, Oliveira DA, Kaufmann V, Pinheiro A. Caracterização de resíduos da suinocultura, da indústria têxtil e de urina humana para aplicação como fertilizante. *Rev Estud Ambient*. 2017;18(2):52-61.
7. Sá MF, Aita C, Doneda A, Pujol SB, Cantú RR, Jacques IV et al. Dinâmica da população de coliformes durante a compostagem automatizada de dejetos líquidos de suínos. *Arq Bras Med Vet Zootec*. 2014;66(4):1197-206. <https://doi.org/10.1590/1678-6135>
8. Batista RO, Martinez MA, Paiva HN, Batista RO, Cecon PR. O efeito da água residuária da suinocultura no desenvolvimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla*. *Cienc Florest*. 2014;24(1):127-35. <https://doi.org/10.5902/1980509813330>
9. Melo AM, Gonçalves MD, Santos LA, Ximenes TCG, El-Deir SG. A gestão ambiental como ferramenta para manejo e recuperação de áreas contaminadas. In: *Anais do 6º Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*; Porto Alegre, RS. Bauru: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais; 2015.
10. Rodrigues ACD. Potencial da alface-d'água (*Pistia stratiotes*) para descontaminação de águas contaminadas por Zn e Cd [tese]. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2016.
11. Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína - ABIPECS. Relatório anual 2012. São Paulo; 2013.
12. Hundesa A, Motes CM, Albinana-Gimenez NC, Rodriguez-Manzano J, Bofill-Mas S, Suñen E et al. Development of a qPCR assay for the quantification of porcine adenoviruses as an MST tool for swine fecal contamination in the environment. *J Virol Methods*. 2009;158(1-2):130-5. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2009.02.006>
13. Steinmetz RLR, Kunz A, Dressler VL, Flores EMM, Martins AF. Study of metal distribution in raw and screened swine manure. *Clean: Soil, Air, Water*. 2009;37(3):239-44. <https://doi.org/10.1002/clen.200800156>
14. Hutchison ML, Walters LD, Avery SM, Munro F, Moore A. Analyses of livestock production, waste storage, and pathogen levels and prevalence in farm manures. *Appl Environ Microbiol*. 2005;71(3):1231-6. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.3.1231-1236.2005>
15. Costantini VP, Azevedo AC, Li X, Williams MC, Michel FC, Saif LJ. Effects of different animal waste treatment technologies on detection and viability of porcine enteric viruses. *Appl Environ Microbiol*. 2007;73(16):5284-91. <https://doi.org/10.1128/AEM.00553-07>
16. Andreazzi MA, Santos JM, Lazaretti RM. Estudo sobre a destinação dos resíduos da suinocultura em granjas do estado do Paraná. *Rev Eletron Gestão, Educ Tecnol Ambient*. 2015;19(3):744-51. <https://doi.org/10.5902/2236117017911>
17. Viancelli A, Kunz A, Steinmetz RLR, Kich JD, Souza CK, Canal CW et al. Performance of two swine manure treatment systems on chemical composition and on the reduction of pathogens. *Chemosphere*. 2013;90(4):1539-44. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.08.055>
18. Perossi IF, Machado AB, Sampaio ANDCE, Araujo MHC, Graton AC, Lacerda LH et al. Manejo e destinação ambientalmente adequados de resíduos da suinocultura: revisão de literatura. *Unimar Ciencias*. 2017;26(1-2):142-54.
19. Brasil. Resolução Conama Nº 430/2011, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre 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 União*. 16 maio 2011.
20. Kunz A, Miele M, Steinmetz RLR. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. *Bioresour Technol*. 2009;100(22):5485-9. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.039>
21. American Public Health Association - APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: American Public Health Association; 2005.
22. Silva SA, Oliveira RD. Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande; 2001.



23. Vanotti MB, Millner PD, Hunt PG, Ellison AQ. Removal of pathogen and indicator microorganisms from liquid swine manure in multi-step biological and chemical treatment. *Bioresour Technol.* 2005;96(2):209-14. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.05.010>
24. Oliveira PAV. Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos. Brasília: Embrapa Suínos e Aves; 1993.
25. Martens W, Böhm R. Overview of the ability of different treatment methods for liquid and solid manure to inactivate pathogens. *Bioresour Technol.* 2009;100(22):5374-8. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.01.014>
26. Faust MA. Coliform bacteria from diffuse sources as a factor in estuarine pollution. *Water Research.* 1976;10(7):619-27. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(76\)90143-3](https://doi.org/10.1016/0043-1354(76)90143-3)
27. Pereira EL, Campos CMM, Moterani F. Evaluation of physical-chemical performance of an UASB reactor in removing pollutants of pig wastewater. *Rev Ambient Agua.* 2010;5(1):79-88. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.121>
28. Frigo KDA, Feiden A, Sampaio SC, Alberton GC, Schneider LT, Bonassa G et al. Treatments and utilization of swine waste in Brazil. *Afr J Agric Res.* 2017;12(8):542-9.
29. Rodrigues LS, Pinto ACA, Dutra JDCF, Sampaio RR, Sousa SR, Silva IJ. Swine wastewater treatment using an anaerobic baffled (ARB) and a UASB reactor system. *Semina: Cienc Agrar.* 2017;38(6):3705-13. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n6p3705>
30. Matos AT, Freitas WS, Monaco PAVL. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da suinocultura. *Rev Ambient Agua.* 2010;5(2):119-32. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.142>
31. Chelme-Ayala P, El-Din MG, Smith R, Code KR, Leonard J. Advanced treatment of liquid swine manure using physico-chemical treatment. *J Hazard Mater.* 2011;186(2-3):1632-8. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.12.047>
32. Sampaio SC, Marciane GS, Elisandro PF, Cristiano MB. Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias. *Irriga.* 2018;12(4):569-74. <https://doi.org/10.15809/irriga.2007v12n4p569-574>
33. Gomes MAF, Robson RMB. Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011. Brasília: Embrapa Meio Ambiente; 2014.
34. Schneider VE, Carra SHZ. Pegada hídrica dos suínos abatidos na região do Corede Serra, RS, Brasil. *Rev Ambient Agua.* 2016;11(1): 211-24. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1688>
35. Souza R, Antonio J, Moreira DA, Martins IP, Carvalho WB. Sanidade de frutos de pimentão fertirrigados com água residuária da suinocultura. *Rev Ambient Agua.* 2013;8(2):124-34. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1115>
36. McGauhey PH, Krone RB, Winneberger JH. Soil mantle as a wastewater treatment system. Berkeley: University of California; 1966.
37. Reis RLDSP. Efeito da lâmina d'água no crescimento e na terminação de suínos [dissertação]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 1995.

Conflito de Interesse

Os autores informam não haver qualquer potencial conflito de interesse com pares e instituições, políticos ou financeiros deste estudo.



Esta publicação está sob a licença Creative Commons Atribuição 3.0 não Adaptada.
Para ver uma cópia desta licença, visite http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.pt_BR.