



# AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE COLUNAS DE INFILTRAÇÃO PARA MELHORAR A QUALIDADE DO EFLUENTE DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Wilza da Silva Lopes<sup>1</sup>  
Antonielly dos Santos Barbosa<sup>2</sup>  
Janiele França Nery<sup>3</sup>  
Gleydson Kleyton Moura Nery<sup>4</sup>

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a redução de material em suspensão e dissolvido do efluente de lagoa de estabilização em colunas de infiltração. As colunas de infiltração foram preenchidas com material de baixo custo, areia e argila, sendo está última argila montmorilonita que é um material de fácil acesso e locamente disponível. Para desenvolvimento do ensaio experimental de bancada duas colunas de infiltração foram utilizadas, sendo uma delas preenchida com areia (Coluna A) e outra preenchida com areia e argila (Coluna B). O ensaio teve um período de funcionamento de 30 dias, na qual foi possível analisar a redução de cor e turbidez do efluente da lagoa de estabilização de um sistema de tratamento de esgoto. Os resultados obtidos mostraram que as Colunas A e B foram eficazes na redução de material presente no efluente, com eficiência de remoção 53% e 79% para cor e de 46% e 89% para turbidez na Coluna A e na Coluna B, respectivamente. Percebe-se que a presença de um percentual de argila no meio filtrante, favoreceu um aumento significativo na eficiência de remoção para os parâmetros avaliados. Isso implica que colunas de infiltração podem ser eficazes e, portanto, podem ser desenvolvidos para aplicações e melhorias na qualidade de efluentes.

**Palavras-chave:** Baixo custo, Eficiência de remoção, Areia, Argila.

## INTRODUÇÃO

A Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento, agenda 21 em seu capítulo 18, estabelece como objetivo assegurar que se mantenha uma oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população, ao mesmo tempo em que se preserve as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza e combatendo vetores de moléstias relacionadas com a água, com tecnologias que promovam a proteção dos recursos hídricos da poluição (BRASIL, 2020).

<sup>1</sup> Pesquisadora do Instituto Nacional do Semiárido – INSA [wilza.lopes@insa.gov.br](mailto:wilza.lopes@insa.gov.br);

<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Química pela UFCG [antoniellybarbosa@yahoo.gov.br](mailto:antoniellybarbosa@yahoo.gov.br);

<sup>3</sup> Pesquisadora do Instituto Nacional do Semiárido – INSA [janiele.nery@insa.gov.br](mailto:janiele.nery@insa.gov.br);

<sup>4</sup> Pesquisador do Instituto Nacional do Semiárido – INSA [gleydson.nery@insa.gov.br](mailto:gleydson.nery@insa.gov.br);



Além do agravamento da poluição em algumas áreas se tem problemas relacionados a escassez hídrica, como em regiões semiáridas, sendo necessário um planejamento e manejo integrados desses recursos, tendo em vista que a água é indispensável para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola.

Desse modo, o tratamento de efluentes é uma fundamental para proteção dos recursos hídricos. De acordo com von Sperling (2005), o tratamento de efluente contempla o tratamento preliminar, tratamento primário, secundário e terciário, sendo essa última etapa composta por processos físicos e químicos, como por exemplo, os processos de coagulação, floculação, decantação, filtração.

O uso de efluente tratado pode ser considerado uma alternativa adequada relacionads a escassez de água para regiões semiáridas. Uma opção promissora de uso de efluentes é através da aplicação em bacias de infiltração no solo, o que pode reduzir os riscos ambientais associados à liberação direta de efluentes nos corpos d'água e fornecer recarga de aquíferos. Durante a infiltração de água, diversas partículas como material em suspensão, microrganismos e outros poluentes vão sendo removidos, por um processo complexo que pode ter origem física, química e biológica promovendo a qualidade na água final (FREITAS et al., 2012; COUTINHO et al., 2018).

A realização de testes nas colunas do solo é uma das maneiras de avaliar a capacidade do solo de tratar um efluente, que permitem o monitoramento ou controle da infiltração e a coleta do permeado para avaliar a eficiência de remoção de diversos materiais indesejáveis e ocorrência de entupimento.

A aplicação de coluna de infiltração para o tratamento de efluentes torna-se uma técnica bastante promissora, sendo necessária a avaliação de diferentes tipos de efluentes, bem como o material para preenchimento da coluna. Areia e argila são materiais muito utilizados em colunas de infiltração, devido principalmente ao baixo custo do material, favorecendo o tratamento.

As diversas capacidades de adsorção de argila geralmente vêm de uma carga negativa total ou líquida em sua estrutura mineral. É isso que confere às argilas a capacidade inerente de adsorver moléculas iônicas carregadas positivamente. Os principais minerais das bentonitas são argilas de esmectita, como a montmorilonita. Eles têm troca catiônica muito alta, ou seja, os cátions dentro das lamelas cristalinas podem ser trocados por outros cátions presentes em uma solução aquosa sem que isso modifique a estrutura cristalina das argilas.



Esses cátions trocáveis podem ser orgânicos ou inorgânicos (MOTA et al., 2010; EFEOVBOKHAN et al., 2019).

Diversos estudos vêm sendo aplicados para avaliação do tratamento do efluente. Coutinho et al. (2018) utilizaram ensaios em colunas preenchidas com o solo predominantemente arenoso para tratamento de efluentes de lagoa de estabilização e mostraram remoção superior a 60% da matéria orgânica, sólidos suspensos e nitrogênio amoniacal. Lelario et al. (2017) fizeram a combinação de 3 micropoluentes de água (simazina, sulfentazona e diclofenac) com solventes compatíveis para remoção por filtração, mostrando que as experiências de filtração foram bem descritas pelo modelo, com remoção eficiente de poluentes e solventes emparelhados. Os modelos de simulação previram um tratamento promissor no uso de poluentes ambientais em um ambiente externo.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho é avaliar e comparar a melhoria da qualidade do efluente da lagoa de estabilização de um sistema de tratamento de esgoto utilizando colunas de infiltração de argila e/ou areia, visando a remoção em especial de material em suspensão e da cor do efluente proveniente das algas.

## METODOLOGIA

### 1.1. Configuração e operação das colunas de infiltração

Um experimento em escala de bancada utilizando duas colunas de infiltração foi montado para simular um tratamento complementar para o efluente de lagoas de estabilização que compõe o sistema de tratamento de esgoto da sede do Instituto Nacional do Semiárido (INSA). As características da coluna são descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características da coluna de infiltração.

<b>Dimensões</b>	Altura – 16 cm Diâmetro – 8 cm
<b>Área</b>	50 cm <sup>2</sup>
<b>Volume total</b>	0,8 L
<b>Altura do meio filtrante da coluna</b>	8 cm

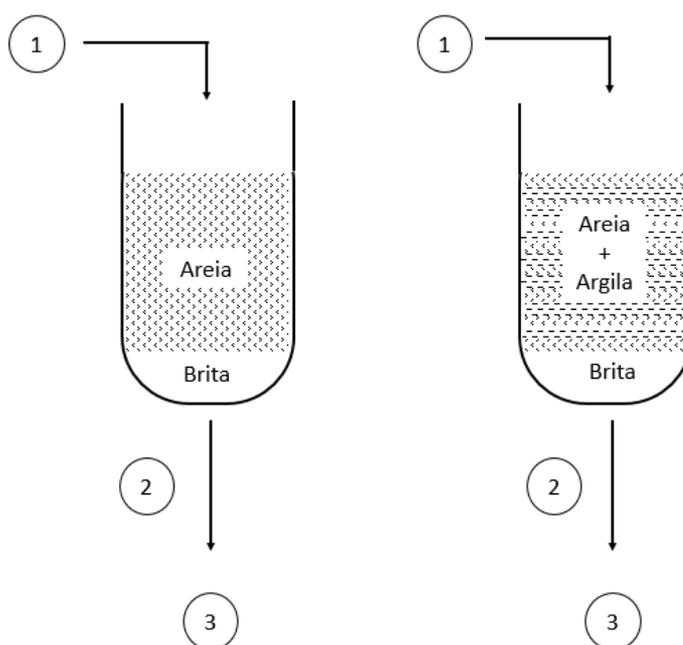
Para o preenchimento das colunas utilizou-se argila e areia. A areia utilizada no ensaio foi classificada como média conforme a ABNT NBR 6502/1993, e sua preparação consistiu



na lavagem, secagem e separação com peneira granulométrica de abertura de 2mm. Já a argila classifica-se como montmorilonita que faz parte do grupo das esmectitas, constituídas de partículas cristalinas de argilominerais de granulometria fina e com dimensões coloidais. As argilas montmorilonita apresentam alta capacidade de troca de cátions, sendo essa uma propriedade importante para aplicações tecnológicas (SOUZA SANTOS, 1992). A argila foi fornecida pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) que desenvolve diversos trabalhos com argilas. Além disso, utilizou-se de britas número 0 na camada inferior da coluna para impedir a passagem da areia e argila para o efluente final.

Na coluna A foi utilizado como meio filtrante apenas areia, enquanto que a coluna B apresentou argila e areia. A areia e a argila foram cuidadosamente misturadas na proporção de 75% e 25% respectivamente, para obtenção de uma amostra uniforme em todo o meio filtrante da coluna de infiltração, e assim não fossem formadas duas camadas separadas que pudessem vir a dificultar o processo de permeabilidade do líquido. Os detalhes sobre as colunas de infiltração podem ser observadas na Figura 1.

Figura 1. Desenho esquemático das colunas de infiltração.



As colunas de infiltração (Figura 1) foram alimentadas diariamente com efluente da lagoa de estabilização do sistema de tratamento de esgoto do INSA (composto por tanque septico + filtro anaeróbio + lagoa de polimento). A alimentação das colunas foram realizadas manualmente por meio da distribuição uniforme na superfície da coluna (1) a uma vazão inicial de 0,25 L/d, e a infiltração do efluente sobre o meio filtrante se deu através da



gravidade. Para efeitos comparativos, as colunas foram mantidas a uma mesma vazão diária, na qual era realizada por um controlador de vazão (2) e assim o efluente final foram coletados e armazenados (3).

## 1.2. Monitoramento e métodos analíticos

O período de operação do ensaio experimental foi de 30 dias. Para avaliar o desempenho e comparação das colunas de infiltração foram realizadas no efluente da lagoa e nos efluentes de saída da coluna de areia (Coluna A) e da coluna de areia + argila (Coluna B) as análises de turbidez e cor seguindo os métodos preconizados pelo APHA (2012).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento mostrou a remoção de cor e turbidez de efluentes de lagoa de estabilização através de colunas de infiltração ao longo de 30 dias de operação. Como a configuração experimental apresentou dois tipos de preenchimento na coluna, areia e areia+argila, foi observado uma infiltração mais rápida na Coluna A devido ao maior espaço entre as partículas que permite a permeação da água através do solo. Como a Coluna B apresenta na composição do meio filtrante 25% de argila, isso proporcionou um menor espaço entre as partículas que dificultou um pouco a infiltração da água. Desse modo, a vazão de saída da Coluna A foi regulada para que ambas as colunas pudessem apresentar vazão de saída semelhante.

As colunas de infiltração apresentaram inicialmente uma vazão de 0,25 L/d e ao longo do período operacional essa vazão foi reduzindo. Vale ressaltar que apesar de na Coluna A apresentar um preenchimento que favoreceu significativamente na permeabilidade do efluente, foi realizado ajuste para a obtenção de vazões mais baixas para efeitos comparativos com a Coluna B ao longo de todo o experimento.

Estudos com colunas de infiltração para o tratamento total ou complementar de vários efluentes mostram-se bastante eficazes. Kalfa et al. (2017) avaliaram a remoção de *Escherichia coli* e bactérias totais por meio da filtração com colunas de micela-argila granuladas (0,3 a 2 mm) formadas a partir de bentonita Na e os cátions orgânicos Octadeciltrimetilamônio (ODTMA) ou Benzylidimethylhexadecylammonium (BDMHDA), encontrando resultados vantajosos na remoção de bactérias da água pelo complexo micelar-



argila e o efeito bioestático pelos monômeros catiônicos liberados; embora ambos os complexos granulados fossem eficientes, o complexo BDMHDA-argila foi superior na purificação de água da bactéria E. Coli. Efevbokhan et al. (2019) avaliaram a melhoria na qualidade de efluentes industrial e de cozinha usando filtros de argila vermelha e biomassa (serragem de 300 microns) em quatro diferentes proporções de peso, 6/80 (amostra A), 5/80 (amostra B) 4/80 (amostra C) e 2/80 (amostra D), concluindo que os mesmos foram eficazes no tratamento dos dois efluentes.

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros de cor e turbidez.

Parâmetros	Efluente Lagoa	Coluna A	Coluna B
Cor (uC)	1107	523	237
Turbidez (NTU)	57,9	31,3	6,3

O desempenho das colunas de infiltração foi avaliado pelo nível de remoção e redução de cor e turbidez do efluente da lagoa de estabilização. Os resultados obtidos para o efluente tratado das colunas (Tabela 2) foram em média de 523 uC na Coluna A e 237 uC na Coluna B para o parâmetro de cor, tendo uma tendência de aumento na redução ao longo do tempo operacional, com máximo de 336 no primeiro dia de análise e mínimo de 196 no último dia de análise (Coluna B), e máximo de 786 no primeiro dia de análise e mínimo de 297 no último dia de análise (Coluna A). As eficiências médias de cor foram de 53% e 79% para as colunas A e B, respectivamente.

Para turbidez foi possível se obter uma média de remoção de 31,3 NTU e 6,3 NTU para a Coluna A e Coluna B, respectivamente. Assim como na cor, houve uma tendência de redução da turbidez ao longo do tempo nas colunas de infiltração. Inicialmente na Coluna A foi obtido uma turbidez de 55,7 NTU e na Coluna B de 9,1 NTU e no final do período operacional essa turbidez chegou a 13,6 NTU e 3,77 NTU na Coluna A e Coluna B, respectivamente. Em média a eficiência de remoção foi de 46% na Coluna A e de 89% na Coluna B para turbidez dos efluentes.

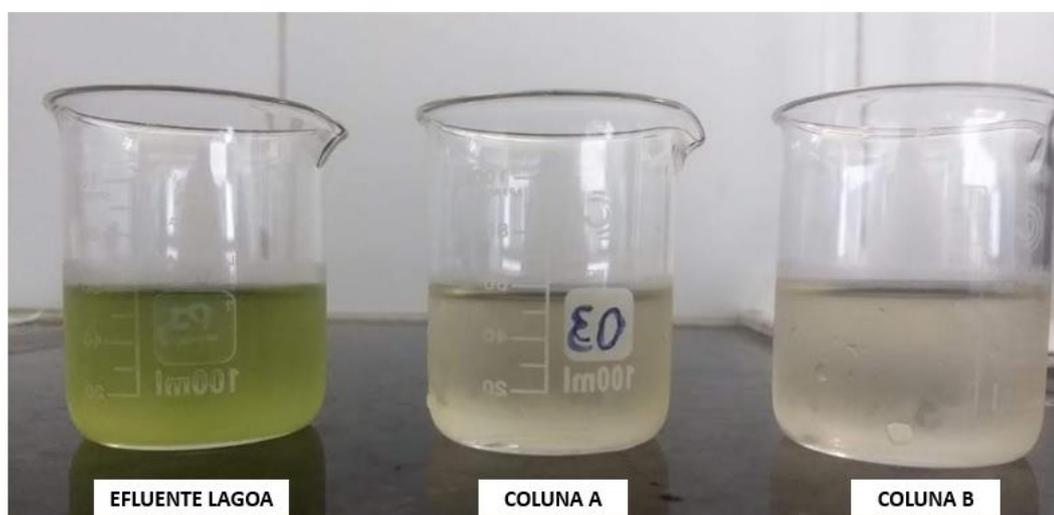
Efevbokhan et al. (2019) mostraram que os filtros de argila vermelha com variações de serragem foram eficazes na remoção de turbidez, com valores que variaram de 4,12 NTU até 5,2 NTU no efluente final tratado das águas residuárias industriais, e de 4,2 NTU até 6,3 NTU para efluente da cozinha tratando. Segundo os autores os filtros A, B e C foram eficazes na redução dos altos valores de turbidez dos dois efluentes para limites aceitáveis e o filtro D apresentou menor desempenho.



Apesar de não avaliar turbidez, no estudo de Coutinho et al., (2018) a remoção de sólidos suspensos totais (SST) foi de 67,9% e 62,1% em colunas preenchidas com solo de uma área adjacente ao cultivo de abacaxi e outra do cultivo de milho, respectivamente. Apesar de no processo de infiltração a remoção de material em suspensão, medidos através da turbidez ou SST, ser efetiva, é importante destacar que os mesmos estão diretamente relacionados aos processos de entupimento, e assim redução do tempo de operação desses sistemas quando se têm altas concentrações de materiais em suspensão. De acordo com Jokela et al. (2017) a utilização de um pré-tratamento pode auxiliar na remoção dessas substâncias ou de compostos específicos considerados nocivos que não sejam removidos pela infiltração. Além do que na sua pesquisa os autores mostram que utilizando o pré-tratamento, a turbidez média da água passou de 21 NTU para até 0,23 NTU.

A remoção de cor e turbidez nas duas colunas de infiltração estudadas foram significativas, mas a coluna B (areia + argila) apresentaram remoções bem superiores para os dois parâmetros avaliados, isso pode ser explicado pela redução nos espaços entre as partículas, conforme já mencionado. O efluente da lagoa de estabilização apresenta ainda cor e turbidez que estão relacionados a presença de material sólido, bem como associados ao crescimento de algas, e as colunas de infiltração se demonstraram como uma técnica viável para melhorias na qualidade do efluente. O efluente da lagoa e das colunas de infiltração podem ser observados na Figura 2.

**Figura 2.** Efluente da lagoa de estabilização, da Coluna A e da Coluna B.



Como pode ser observado a infiltração em coluna de areia e areia+argila proporcionaram reduções significativas para cor e turbidez do efluente da lagoa de



estabilização, mostrando-se assim como uma técnica eficaz para o tratamento complementar. Vale ressaltar que a avaliação da turbidez na água é de fundamental importância em níveis qualitativos, uma vez que a água com alta turbidez afeta o processo de desinfecção devido à menor penetração da luz na água podendo assim se ter uma maior associação à contaminação microbiana.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados pode-se concluir que a remoção da cor e turbidez através da infiltração nas colunas estudadas foram significativas, se mostrando eficientes na melhoria da qualidade do efluente da lagoa de estabilização. Porém, a Coluna B (areia+argila) mostrou-se mais eficiente, com remoções superiores para cor e turbidez durante o período operacional. Tal fator, pode ser devido ao menor espaço entre as partículas proporcionado pela presença da argila no preenchimento da coluna.

Sendo assim, o desenvolvimento de colunas de infiltração de areia, e principalmente com proporções de argila, pode ser apresentar como uma técnica bastante promissora e de baixo custo para um tratamento completar de efluentes de lagoas de estabilização, melhorando assim sua qualidade e inferindo sobre o mesmo um maior potencial para uso.

## REFERÊNCIAS

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington, 22nd Edition. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento. Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: Aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/destaques/item/670-cap%C3%ADtulo-18>>. Acesso em: 28 de abril. de 2020.

COUTINHO, J. V.; ALMEIDA, C. N.; SILVA, E. B.; STEFAN, C.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; GADELHA, C. L. M.; WALTER, F. Managed aquifer recharge: study of undisturbed soil column tests on the infiltration and treatment capacity using effluent of wastewater stabilization pond. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 23, n. 50, p. 1-9, 2018.

EFEVBOKHAN, V.E.; OLUROTIMI, O.O.; YUSUF, E.O.; ABATAN, O.G.; ALAGBE, E.E. Production of Clay Filters for Waste Water Treatment. *Journal of Physics: Conference Series*, v 1378, p. 1-11, 2019.



FREITAS, D. A.; CABRAL, J. J. S. P.; PAIVA, A. L. R.; MOLICA, R. J. R. Application of bank filtration technology for water quality improvement in a warm climate: a case study at Beberibe River in Brazil. *Journal of Water Supply: Research & Technology - Aqua*, v. 61, n. 5, p. 319-330, 2012.

JOKELA, P.; ESKOLA, T.; HEINONEN, T.; TANTTU, U.; TYRVÄINEN, J.; ARTIMO, A. Raw Water Quality and Pretreatment in Managed Aquifer Recharge for Drinking Water Production in Finland. *Water*, v. 9, n. 138, p. 1-16, 2017.

KALFA, A.; RAKOVITSKY, N.; TAVASSI, M.; RYSKIN, M.; BEN-ARI, J.; ETKIN, H.; SHUALI, U.; NIR, S. Removal of *Escherichia coli* and total bacteria from water by granulated micelle-clay complexes: Filter regeneration and modeling of filtration kinetics. *Applied Clay Science*, v 147, p. 63-68, 2017.

LELARIO, F.; GARDI, I.; MISHAEL, Y.; DOLEV, N.; UNDABEYTIA, T.; NIR, S.; SCRANO, L.; BUFO, S. A. Pairing micropollutants and clay-composite sorbents for efficient water treatment: Filtration and modeling at a pilot scale. *Applied Clay Science*, v 137, p. 225-232, 2017.

MOTA, M. F. Síntese de argilas organofílicas com diferentes sais orgânicos. 2010. 77 p. Dissertação (*Mestrado em Recursos Naturais e Meio Ambiente*) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

SOUZA SANTOS, P. *Ciência e Tecnologia de Argilas*. 2a Ed; São Paulo: Edgard Blücher. Vol. 2, 3, 1992.

VON SPERLING, Marcos. *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.