

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

JADE VASCONCELOS PAIVA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE FILTROS DOMÉSTICOS DE AREIA, NA
REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS**

UBERLÂNDIA/MG

2024

JADE VASCONCELOS PAIVA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE FILTROS DOMÉSTICOS DE AREIA, NA
REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na forma de artigo científico como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Orientador: Prof^ª. Dr^ª Alice Rosa da Silva

Coorientador: Msc. Bruno de Oliveira Lázaro

Uberlândia/MG

2024

JADE VASCONCELOS PAIVA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE FILTROS DOMÉSTICOS DE AREIA, NA
REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na forma de artigo científico como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Uberlândia, 06 de novembro de 2024

BANCA EXAMINADORA

Alice Rosa da Silva

Universidade Federal de Uberlândia

Iridalques Fernandes de Paula

Universidade Federal de Uberlândia

Bruno de Oliveira Lázaro

Universidade Federal de Uberlândia

Dedico este trabalho à minha mãe, a minha maior inspiração.

AGRADECIMENTOS

Aos meus avós maternos e paternos, que vieram antes de mim e prepararam meu futuro;

À minha querida mãe, obrigada por sempre me conduzir pela alegria mesmo quando tudo era dor. Quando não fui capaz de me sustentar, me levou no colo (mais uma vez) até eu conseguir (re)trilhar o meu caminho. Obrigada por esperar de mãos dadas comigo na estação do trem da vida quando não fui capaz de seguir o ritmo frenético dos dias cotidianos,

Pai, obrigada por ser fonte de perseverança e me ensinar a cuidar. Você me fortalece e me tornou a mulher que sou;

Aos meus irmãos, que me viram crescer. Lisonjeada por ter vocês como inspiração nesta jornada. Independente das dificuldades, honramos os passos de quem caminhou antes de nós. Não apenas, somos frutos da vida que flui para onde deve ser, não onde gostaríamos que fosse. Assim, podemos descansar em Deus sabendo que apenas seremos plantados aonde conseguiremos florir;

Ao amor que a vida me deu, Lucas, que ilumina minha existência. Obrigada por compartilhar as primaveras e outonos comigo. O que construímos e ainda vamos construir alegria meu coração todos os dias. Meu amor é todo seu;

Ao meu amigo Márcio, obrigada pelo companheirismo e carinho ao longo da nossa jornada;

Aos amigos, donos dos meus melhores sorrisos e das mais sinceras gargalhadas. Ainda mais importante que isso, fonte de alento e colo que sempre encontrei quando precisei. Obrigada todas as vezes que me despi de mim e me senti em casa;

À doce Olivia, minha confidente de quatro patas. Obrigada por ser luz e alegria;

Aos meus orientadores Alice e Bruno, exemplos de profissionais durante a minha graduação. Obrigada por ter a oportunidade de trabalhar com vocês durante este projeto;

Acima de todos, grata à Deus e seu filho, Jesus Cristo, por ter me capacitado para o encerramento de mais um ciclo da minha vida. Dedico a Ele todas as minhas bênçãos e vitórias.

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE FILTROS DOMÉSTICOS DE AREIA, NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE ÁGUA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF HOUSEHOLD SAND FILTERS IN THE REMOVAL OF WATER TURBIDITY FOR NON-POTABLE PURPOSES

Jade Vasconcelos Paiva, Alice Rosa da Silva, Bruno de Oliveira Lázaro

Resumo: Esta pesquisa teve como objetivo principal avaliar a eficácia de filtros construídos com garrafas PET e camadas de areia de diferentes granulometrias na redução da turbidez de água sintética. A pesquisa justifica-se pela necessidade de soluções acessíveis e sustentáveis para comunidades carentes de infraestrutura adequada de saneamento, considerando os desafios associados ao uso racional dos recursos hídricos. A metodologia incluiu a confecção de filtros com materiais recicláveis e a aplicação de testes experimentais para mensurar a turbidez inicial e final da água, utilizando um turbidímetro. A análise estatística dos resultados envolveu cálculos de média, variância e desvio padrão, além da comparação com estudos similares. Os filtros apresentaram taxas médias de redução de turbidez superiores a 95%, demonstrando alta eficiência, mesmo sob condições de elevada turbidez inicial (500 NTU). Os resultados destacam a viabilidade técnica e ambiental do uso de materiais recicláveis em filtros domésticos. Contudo, o estudo reconhece limitações, como a ausência de análises microbiológicas e de durabilidade dos materiais a longo prazo. Recomenda-se a realização de pesquisas futuras para abordar essas lacunas e explorar aplicações híbridas para ampliar o alcance dessa tecnologia.

Palavras-chave: Filtros de areia, Redução de turbidez, Sustentabilidade hídrica.

Abstract: This research aimed to evaluate the effectiveness of filters constructed with PET bottles and layers of sand with different grain sizes in reducing the turbidity of synthetic water. The research is justified by the need for accessible and sustainable solutions for communities lacking adequate sanitation infrastructure, considering the challenges associated with the rational use of water resources. The methodology included the fabrication of filters with recyclable materials and experimental tests to measure the initial and final water turbidity using

a turbidimeter. Statistical analysis of the results involved calculations of mean, variance, and standard deviation, as well as comparisons with similar studies. The filters demonstrated average turbidity reduction rates exceeding 95%, showcasing high efficiency even under conditions of elevated initial turbidity (500 NTU). The results highlight the technical and environmental feasibility of using recyclable materials in household filters. However, the study acknowledges limitations, such as the absence of microbiological analyses and the long-term durability of the materials. Future research is recommended to address these gaps and explore hybrid applications to expand the reach of this technology.

Keywords: Sand filters, Turbidity reduction, Water sustainability.

1 INTRODUÇÃO

O acesso à água de qualidade é uma questão central para o desenvolvimento sustentável, sendo imprescindível tanto para o consumo humano quanto para atividades domésticas, industriais e agrícolas. Apesar dos avanços no abastecimento, muitas regiões enfrentam desafios relacionados à escassez de recursos hídricos e à qualidade inadequada da água disponível. Nesse cenário, soluções alternativas e de baixo custo, como sistemas de filtração domésticos, para utilizações não potáveis, têm ganhado destaque como instrumentos para a mitigação desses problemas, especialmente em comunidades rurais e áreas com infraestrutura precária de saneamento (LACERDA, LÁZARO E SILVA, 2023; PHILLIPS 1995).

Entre as técnicas de tratamento doméstico de água, para utilizações não potáveis, filtros de areia tem sido utilizados devido à sua simplicidade, eficiência e acessibilidade, destacando-se pela capacidade de remover partículas em suspensão, reduzindo a turbidez da água (ZHU *et al.* 2024 e 2019).

A eficiência do processo depende de diversos fatores, incluindo a granulometria e a mineralogia do material filtrante. Entretanto, apesar da sua eficácia reconhecida, existem lacunas na literatura científica relacionadas ao desempenho de filtros confeccionados com materiais recicláveis, como as garrafas PET, o que evidencia a necessidade de desenvolvimento de estudos sobre o tema (RAMIREZ, TESTEZLAF E MESQUISA, 2019).

A turbidez da água, associada à presença de suspensões de naturezas diversas, é um parâmetro de qualidade amplamente utilizado para avaliar eficiência de sistemas de tratamento. No nível doméstico, em locais de baixa disponibilidade hídrica, incluindo situações de vulnerabilidade em relação a serviços de abastecimento de água, a utilização de sistemas simplificados podem constituir-se em solução para acondicionamento de águas com turbidez elevada, permitindo sua utilização para fins não potáveis.

Neste contexto, a sustentabilidade e o reaproveitamento de materiais alternativos são princípios norteadores de iniciativas tecnológicas no século XXI. O uso de garrafas PET como estrutura de filtros domésticos representa uma estratégia promissora, ao aliar eficiência, baixo custo e impacto ambiental positivo (LACERDA, LÁZARO e SILVA 2023).

Além disso, a escolha de diferentes tipos de areia, considerando suas características mineralógicas e granulométricas, permite explorar combinações que potencializem a remoção de partículas suspensas, ampliando as possibilidades de uso desses sistemas em contextos variados (ZHU *et al.* 2024 e 2019).

Os resultados obtidos em estudos dessa natureza podem ter implicações práticas significativas, tanto para famílias quanto para organizações não governamentais e gestores públicos que atuam na promoção do acesso à água de qualidade compatível com a utilização não potável. Filtros de areia confeccionados com materiais reciclados oferecem uma solução prática, que pode ser adotada em regiões carentes, sem necessidade de grandes investimentos em infraestrutura. Isso reforça a importância de pesquisas que validem e otimizem essas tecnologias frente aos desafios do abastecimento de água contemporâneo (DEUS, F. P.; TESTEZLAF, R.; MESQUITA, M. 2016; LACERDA, LÁZARO e SILVA 2023).

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo principal avaliar a eficiência de filtros domésticos de areia, na produção de água de qualidade não potável, na remoção de turbidez de água sintética de elevada turbidez. A análise será conduzida com base em diferentes granulometrias do material filtrante, de forma a verificar o desempenho dos filtros em condições controladas. Os resultados desta pesquisa podem contribuir para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis de tratamento de água, com aplicações diretas no abastecimento doméstico para fins não potáveis, promovendo, assim, uma gestão hídrica mais eficiente e inclusiva.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta os conceitos básicos deste trabalho e realiza uma breve revisão do estado da arte sobre o tema da confecção e utilização de filtros de areia para fins não potáveis.

2.1 Água consumível e água utilizável

A água, recurso essencial para a sobrevivência humana e o equilíbrio ambiental, pode ser classificada de acordo com seu uso e qualidade em diferentes categorias. Entre essas, destacam-se a água consumível e a água utilizável, cuja distinção reside tanto nos padrões de potabilidade quanto nas finalidades às quais se destinam. A delimitação clara desses conceitos é fundamental para a gestão racional e sustentável dos recursos hídricos, além de orientar práticas adequadas de uso e tratamento (LACERDA, LÁZARO E SILVA, 2023).

A água consumível refere-se àquela destinada ao consumo humano direto ou indireto, englobando a ingestão, preparo de alimentos e atividades que demandem alto grau de qualidade sanitária. Para ser considerada consumível, a água deve atender aos parâmetros de potabilidade estabelecidos por órgãos reguladores, como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e legislações nacionais, que incluem limites para contaminantes químicos, microbiológicos e físicos. Por exemplo, a água potável tratada fornecida por sistemas de abastecimento público e utilizada em cozinhas e bebedouros enquadra-se nessa tipologia, garantindo segurança ao usuário e minimizando riscos à saúde (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE 2023).

Analogamente, a água utilizável diz respeito àquela empregada em finalidades que não requerem qualidade compatível com a potabilidade, mas ainda demandam padrões específicos de limpeza e segurança. Essa categoria é amplamente utilizada em atividades como irrigação de jardins, limpeza de superfícies, lavagem de veículos e fins recreativos, como piscinas (ALEXANDRE, E. C. F.; DE CASTRO, M. L.; PESQUERO, M. A 2013).

Apesar de não ser apropriada para ingestão, a água utilizável desempenha um papel crucial na conservação dos recursos hídricos potáveis, possibilitando o uso racional da água tratada ao reduzir sua aplicação em atividades menos exigentes em termos de qualidade. Exemplos

incluem a água de reuso tratada para fins não potáveis, proveniente de estações de tratamento de esgoto ou sistemas domésticos de captação de águas pluviais.

A diferenciação entre água consumível e utilizável é indispensável para a implementação de políticas públicas eficazes e a conscientização sobre o uso eficiente da água. Ao destinar recursos de maior qualidade às necessidades humanas básicas e direcionar águas de qualidade inferior para funções secundárias, promove-se a sustentabilidade hídrica e o equilíbrio na demanda. Além disso, a utilização adequada de cada tipo contribui para a mitigação de crises de escassez, favorecendo o abastecimento inclusivo e responsável (LACERDA, LÁZARO E SILVA, 2023).

Este trabalho teve como foco a produção e avaliação de eficiência de filtros para produção de água utilizável, a ser consumida em atividades domiciliares que não requerem água potável.

2.2 Estudo recente sobre filtros de areia domésticos

Estudos recentes conduzidos por LACERDA, LÁZARO E SILVA (2023) avaliaram a eficiência de diferentes composições filtrantes, confeccionadas com materiais alternativos, na redução da turbidez da água pluvial, visando sua reutilização em fins não consumíveis.

A pesquisa utilizou protótipos construídos com garrafas PET e camadas de algodão, areia de diferentes granulometrias e origens mineralógicas, brita de variados tamanhos e papel drenante.

Os testes foram realizados em regime de triplicata com água sintética de alta turbidez, e os resultados apontaram taxas de remoção de turbidez variando entre 66,29% e 78,51%, destacando-se a configuração composta por uma mistura filtrante bem graduada, como a mais eficiente.

A metodologia envolveu o desenvolvimento de 33 protótipos filtrantes, organizados em quatro configurações distintas de materiais, e a análise da eficiência com base na redução da turbidez inicial da água testada. A melhor performance foi associada a materiais com granulometrias diversas, que favoreceram a retenção de partículas suspensas. Os dados foram analisados

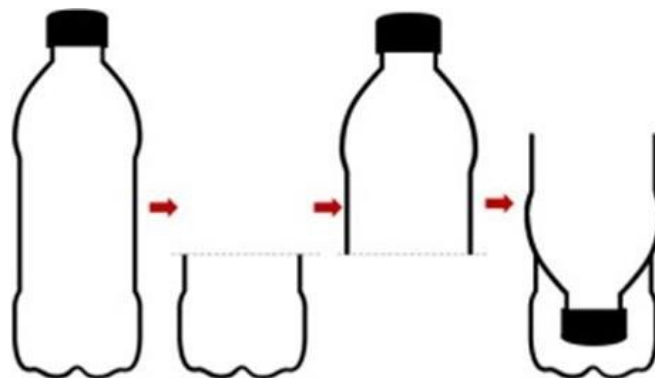
estatisticamente, incluindo cálculo de variância e desvio padrão, demonstrando a relevância da graduação dos materiais no desempenho dos filtros.

Embora os resultados sejam promissores, a pesquisa apresenta lacunas relacionadas à durabilidade dos materiais utilizados, ao desempenho em longo prazo e à análise de outros parâmetros físico-químicos da água tratada. As contribuições do estudo são significativas para o desenvolvimento de sistemas de filtração acessíveis e sustentáveis, com potencial aplicação em contextos educacionais e comunidades com acesso limitado a água tratada.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho iniciou-se com a montagem do recipiente filtrante. Foram utilizadas 3 garrafas PET transparentes, duas de 2 litros e uma de 2,5 litros, devidamente higienizadas e cortadas a um terço da sua altura (Figura 1). Determinou-se a altura de corte por meio de testes experimentais. A base do filtro incluía gaze para evitar o escoamento dos materiais filtrantes e algodão no fundo.

Figura 1- Procedimento de corte e montagem dos filtros com garrafa PET.



Fonte: LACERDA, LÁZARO e SILVA (2023).

Para desenvolvimento deste trabalho, o leito filtrante foi composto de 200 gramas de Areia de Rejeito de Minério de Ferro (ARMF) com granulometria inferior a 0,08 milímetros (areia fina), 200 gramas de areia 1 com granulometria de 0,08 milímetros (areia média), 200 gramas de areia 2 com granulometria de 0,3 milímetros (areia média) e 200 gramas de areia 3 com granulometria 0,6 milímetros de diâmetro médio dos grãos (areia grossa) e argila expandida (ISAIA, 2017).

Na Imagem 2, do sentido da superfície cortada da garrafa PET para a tampa da mesma tem-se

a maior granulometria para menor, ou seja: argila expandida, areia 3, areia 2, areia 1, ARMF e, por fim, algodão. As camadas foram isoladas por discos de gaze. Além disso, é importante enfatizar que a origem mineralógica das areias 1, 2 e 3 é granítica.

Figura 2- Filtros de areia.



Fonte: Autores.

Após a montagem dos filtros, procedeu-se aos ensaios de turbidez. Foi realizado um único experimento em regime de triplicata. Para produção de água com turbidez elevada, de alimentação dos filtros, foram misturados 200 gramas de ARMF em 9 litros de água de torneira, obtendo-se uma suspensão composta de areia e água com turbidez inicial de 500 NTU (Figura 3).

Figura 3- Amostra de água com turbidez de 500 NTU.



Fonte: Autores.

Finalizada a preparação da água com elevada turbidez de 500 NTU, procedeu-se à alimentação de cada um dos filtros de areia utilizados. Despejou-se em cada filtro 1 litro desta água com auxílio de um *becker*, esvaziado em média em 6 segundos. A água foi despejada a uma altura de, aproximadamente, 5 centímetros do topo da camada de argila expandida de forma homogênea.

Ao iniciar o processo de esvaziamento do *becker*, foi cronometrado o tempo gasto para que a água saísse pela parte inferior (da tampa) da garrafa PET. Este tempo foi considerado como tempo de finalização.

Após coleta da água filtrada em dispositivo PET localizado abaixo de cada filtro, foram retiradas amostras para determinação da turbidez. Este teste foi realizado com o turbidímetro da marca PoliControl, modelo AP2000 (Figura 4), no qual mensurou-se o valor da turbidez final da água filtrada.

Figura 4- Turbidímetro PoliControl



Fonte: Autora

Os resultados obtidos com base na mensuração da turbidez foram analisados estatisticamente. Neste sentido, estes foram organizados em uma planilha digital e submetidos ao cálculo da taxa de redução da turbidez, média, desvio padrão, variância e coeficiente de variação para estudo dos resultados. Por fim, os resultados obtidos também foram estruturados na forma de representações gráficas e confrontados com outros dados encontrados na literatura contemporânea.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 5 mostra o aspecto visual da água de alimentação dos filtros e da água filtrada. Nas imagens, pode-se perceber, significativa clarificação da água filtrada, quando comparada à coloração da água de alimentação dos filtros, com turbidez de 500 NTU.

Numericamente, o Quadro 1 apresenta os resultados dos ensaios de filtração. O volume inicial corresponde a um litro. O volume que passa pelo leito filtrante corresponde ao volume filtrado. O volume retido é determinado pela diferença entre o volume inicial e o volume que passa. Seguindo, o tempo de finalização já foi explicado anteriormente, e a distância vertical é dada pela medida da camada da argila expandida até o algodão no fundo do recipiente, obtida com a ajuda de uma régua.

Por outro lado, a velocidade de percolação foi encontrada a partir da divisão da distância vertical (em metros) e do tempo de finalização (em segundos). Por fim, a taxa de redução de turbidez é a proporção percentual entre o valor de turbidez inicial e final.

Figura 5- Água após passagem pelos filtros



Fonte: Autores

Quadro 1- Resultados Filtros de Areias

<i>Filtros</i>	<i>Volume inicial (litros)</i>	<i>Volume que passa (litros)</i>	<i>Volume retido (litros)</i>	<i>Tempo de finalização (segundos)</i>	<i>Distância vertical (metros)</i>	<i>Velocidade de percolação (metros por segundo)</i>	<i>Turbidez inicial (NTU)</i>	<i>Turbidez final (NTU)</i>	<i>Taxa de redução de turbidez (%)</i>
<i>A</i>	1,00	0,480	0,520	54,500	0,160	0,003	500,000	33,000	93,4
<i>B</i>	1,00	0,680	0,320	60,000	0,185	0,003	500,000	21,000	95,8
<i>C</i>	1,00	0,655	0,345	71,490	0,180	0,003	500,000	16,000	96,8

Fonte: Autores.

Após despejar um litro de água nos filtros, o filtro A apresentou volume filtrado (aquele que após passar pelo filtro despejou-se no recipiente coletor) de 0,480 litros e possuiu tempo de finalização de 54,50 segundos. Daquele um litro inicial, ficaram retidos 0,520 litros (ou seja, não despejaram no recipiente coletor e retido entre os materiais filtrantes). Por sua vez, a estrutura das camadas filtrantes obteve distância vertical de 0,16 metros, com velocidade de percolação de 0,003 metros

por segundo. Finalmente, em termos de turbidez observou-se que a turbidez final foi de 33 NTU e, assim, este filtro apresentou taxa de redução de turbidez de 93,4 por cento.

De forma análoga, o filtro B apresentou volume filtrado de 0,680 litros, possuindo tempo de finalização de 60 segundos e volume retido de 0,320 litros. A estrutura das camadas filtrantes obteve distância vertical de 0,185 metros com velocidade de percolação de 0,003 metros por segundo. Por fim, em termos de turbidez observou-se que a turbidez final foi de 21 NTU, representando taxa de redução de turbidez de 95,8 por cento.

Finalmente, o filtro C apresentou volume filtrado de 0,655 litros, possuindo tempo de finalização de 71,49 segundos e volume retido de 0,345 litros. A estrutura das camadas filtrantes obteve distância vertical de 0,18 metros com velocidade de percolação de 0,003 metros por segundo. Por fim, em termos de turbidez observou-se que a turbidez final foi de 16 NTU, representando taxa de redução de turbidez de 96,8 por cento.

Resumidamente, foi possível observar, em linhas gerais, que os volumes que passam, os volumes retidos, os tempos de finalização e a distância vertical entre os materiais filtrantes A, B e C foram muito semelhantes. Deste modo, conclui-se que os filtros funcionaram de modo homogêneo. Além disso, percebeu-se também que as velocidades de percolação foram numericamente iguais para todos os filtros. Finalmente, pôde-se observar que os filtros obtiveram uma capacidade de redução de turbidez semelhante, na faixa média de 95%.

Estatisticamente, o Quadro 2 a seguir apresenta a média, desvio padrão, variância e coeficiente de variação dos resultados obtidos.

Observa-se que os filtros apresentaram uma taxa de redução da turbidez média de 95,33 por cento. A variância e o desvio padrão foram, respectivamente, iguais à 3,053 e 1,747, sendo considerados pequenos e consistentes para a tipologia do trabalho desenvolvida (TRIOLA 2018).

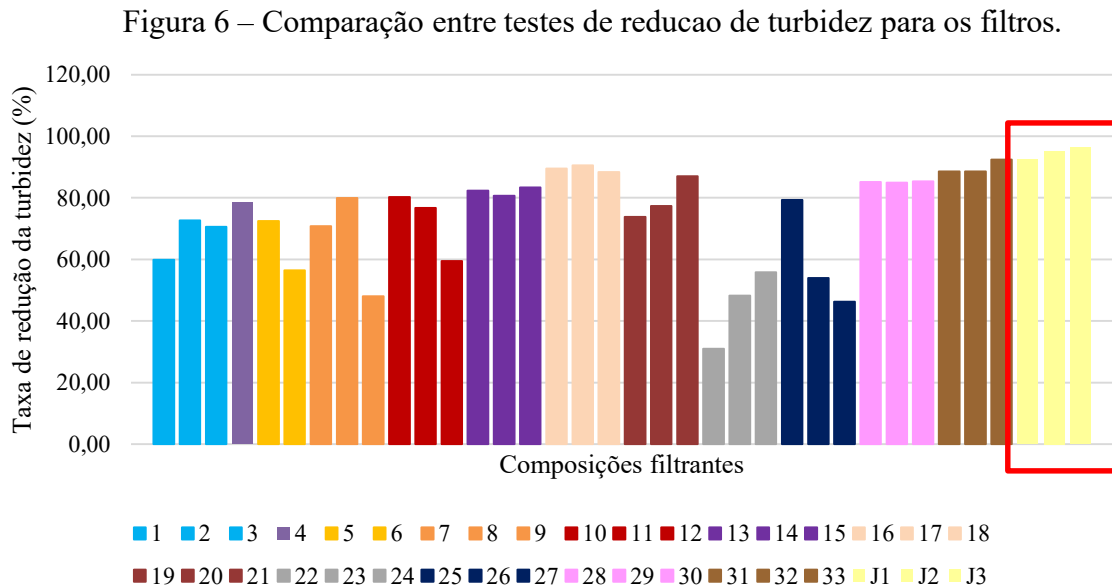
Por fim, obteve-se um coeficiente de variação de 1,833 o que indica que os três filtros funcionaram de modo semelhante e com boa eficiência para a redução turbidez.

Quadro 2- Informes estatísticos Filtros de Areias

<i>Parâmetro estatístico de interesse</i>	<i>Turbidez final (NTU)</i>	<i>Taxa de redução de turbidez (%)</i>
<i>Média</i>	23,333	95,333
<i>Variância</i>	76,333	3,053
<i>Desvio Padrão</i>	8,737	1,747
<i>Coefficiente de Variação (%)</i>	37,444	1,833

Fonte: Autores.

A título de comparação, a Figura 6 mostra 33 resultados de taxa de redução de turbidez obtidos pelo estudo de LACERDA, LÁZARO e SILVA (2023), que realizaram o experimento com turbidez inicial de 439 NTU. Além disso, a figura contém um retângulo em vermelho e as barras em amarelo claro para evidenciar o resultado obtido por este trabalho.



Fonte: Autores

Dessa forma, é possível visualizar a diferença de rendimento do filtro deste trabalho quando

comparado à filtros que possuem materiais diversos. Esses gráficos expõem o sucesso dos resultados desse trabalho, visto que mesmo com a turbidez inicial mais alta que a do estudo feito por LACERDA, LÁZARO e SILVA (2023) ainda alcançou melhores resultados em relação à redução de turbidez.

Por fim, é importante salientar que este trabalho não objetivou o estudo de características microbiológicas da água. Assim, a eficiência dos filtros foi mensurada apenas para a redução de turbidez e para água de finalidade não potável.

5 CONCLUSÃO

A análise dos resultados obtidos mostra que o objetivo principal do trabalho foi alcançado, demonstrando a eficiência dos filtros de areia domésticos confeccionados, com garrafas PET, na redução da turbidez da água para usos não potáveis. Os dados apresentados revelam que os filtros atingiram uma taxa média de redução de turbidez de 95,33%, superando estudos semelhantes, mesmo sob condições de turbidez inicial elevada. A abordagem experimental foi validada pelo rigor metodológico e pela consistência dos resultados, confirmada por análises estatísticas.

Ressalta-se a viabilidade de utilizar materiais recicláveis, destacando o potencial de soluções acessíveis para comunidades com recursos hídricos limitados. No entanto, os autores do trabalho reconhecem limitações para a utilização segura da água filtrada, pela ausência de análises microbiológicas e físico-químicas complementares e a falta de estudos sobre a durabilidade dos filtros a longo prazo.

Para futuras pesquisas, sugere-se investigar lacunas existentes na literatura, incluindo a avaliação da eficácia de filtros similares em diferentes condições ambientais e geográficas, a análise de parâmetros adicionais de qualidade da água (microbiológicos e químicos) e o desenvolvimento de tecnologias híbridas que integrem métodos complementares, como membranas de ultrafiltração. Além disso, estudos sobre o ciclo de vida dos materiais e avaliações de impacto ambiental poderão contribuir para o avanço de tecnologias sustentáveis no tratamento de água.

REFERÊNCIAS

LACERDA, Hanna Tiago; LÁZARO, Bruno de Oliveira; SILVA, Alice Rosa da. Avaliação da eficiência na redução de turbidez de diferentes misturas filtrantes compostas por materiais alternativos. Universidade Federal de Uberlândia, II FluHidros e XVI ENES, [2024].

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 04 maio 2005.

RAMIREZ, J. C.; TESTEZLAF, R.; MESQUITA, M. Processo de retrolavagem em filtros de areia usados na irrigação localizada. Engenharia Agrícola, v. 31, p. 1226–1237, 2011.

DEUS, F. P.; TESTEZLAF, R.; MESQUITA, M. Assessment methodology of backwash in pressurized sand filters. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 20, p. 600–605, 2016.

PHILLIPS, K. P. Long-Term Operation of Microirrigation Filtration Systems: Successes, Failures and Operational Solutions. In: International Microirrigation Congress, 15, 1995, Orlando. Proceedings... Orlando: ASAE, 1995. p. 579–585.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Relatório global sobre riscos à saúde. Genebra: Organização Mundial da Saúde, 2023. Disponível em: <https://www.who.int>. Acesso em: 27 nov. 2024.

TRIOLA, M. F. Introdução à Estatística. 12ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

MESQUITA, M.; DE DEUS, F. P.; TESTEZLAF, R.; DIOTTO, A. V. Removal efficiency of pressurized sand filters during the filtration process. Desalination and Water Treatment, v. 161, p. 132–143, 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 888/2021 - altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília/Df. Brasil. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html> Acesso em: 30 de nov de 2024.

ZHU, Min; ZHAO, Ke; KANG, Ruipeng; ZHANG, Yong; LU, Wei; LIAO, Runfeng; HUO, Jiahao; SUN, Fei-yun; FENG, Liang. Current research progress on carbon-sand filter process. *Desalination and Water Treatment*, [S. l.], v. 320, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100750>. Acesso em: 11 nov. 2024.

ISAIA, Geraldo Cechella (org.). *Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2017. 2 v. ISBN 978-85-98576-27-5.