

Filtros Lentos Domiciliares (FLDs) aplicado ao tratamento de água em comunidades isoladas: uma breve revisão crítica

Household Slow Filters (HSF) applied to the water treatment in isolated communities: a brief critical review

Giulia Scatolin de Souza (1); Grazielle Leão Teixeira (2); Isabella Alves Conde (3); Joao Vitor Rodrigues De Souza (4)

- (1) *Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Anhembi Morumbi, giuliascatolin@gmail.com*
(2) *Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Anhembi Morumbi, grazileoatex@yahoo.com.br*
(3) *Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Anhembi Morumbi, condeisabella13@gmail.com*
(4) *Professor Mestre, Departamento de Engenharia, Universidade Anhembi Morumbi, joao.v.rodrigues@ulife.com.br*

Resumo

A falta de acesso à água potável é um grande desafio enfrentado pelas comunidades isoladas no Brasil, que utilizam fontes de água inadequadas para o consumo, ocasionando graves problemas a saúde. Portanto, a busca por métodos alternativos de tratamento de água é fundamental para viabilizar o acesso à água de qualidade. Os Filtros Lentos Domiciliares (FLDs) são uma opção comumente empregada para essa finalidade, devido a sua facilidade de construção e operação. Sua estrutura consiste em camadas de areia e pedregulhos, ou materiais de granulometrias semelhantes, que auxiliam na remoção de materiais suspensos na superfície. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo analisar e comparar diferentes publicações sobre os FLDs, seus parâmetros operacionais, mecanismos, e eficiência de remoção de poluentes biológicos. Durante as análises, foi possível perceber variáveis que interferem diretamente na eficiência do filtro, como, a formação da camada biológica no meio filtrante, também conhecida como *schmutzdecke*, que auxilia na degradação da matéria orgânica e na remoção de patógenos, apresentando resultados que variam de 80% a 100% de remoção de Coliformes Totais e Escherichia Coli. Os resultados obtidos também variavam de acordo com as características da água bruta no pré-tratamento, materiais usados e a espessura da camada filtrante. Por fim, constatou-se que os FLDs possuem custo acessível, e demonstraram-se eficientes na remoção de poluentes biológicos, desde que avaliado as condições da água bruta.

Palavras-chave: FLDs, tratamento, água, filtro, filtração lenta.

Abstract

The lack of access to drinking water is a big challenge faced by isolated communities in Brazil, which generally use inadequate sources for consumption that may cause serious diseases. Thus, the search for alternative methods of water treatment is essential to enable access to quality water. Household Slow Filters (HSF) are a used option for this purpose, due to their easy construction and operation. Its structure consists of layers of sand and gravel, or materials of similar granulometry, which helps in structuring the removal of materials suspended on the surface. In this scenario, the present study aims to provide a brief overview from the earliest to the most recent publications on the HSF design, operational parameters, removal mechanisms, and efficiency. During analysis, it was possible to perceive variables that affect the efficiency of the filter, such as the formation of the biological film in the filter layers, also known as *schmutzdecke*, which helps the degradation of organic matter and in the removal of pathogens, presenting results that are in range between 80% and 100% removal of Total Coliforms and Escherichia Coli. The results obtained by the authors also change according to the characteristics of the raw water in the pre-treatment, the materials used and the thickness of the filter layer. Finally, it was found that the HSF have an affordable cost, and is effective in the removal of biological pollutants, as long as the effluent conditions are evaluated.

Keywords: HSF, treatment, water, filter, slow filtration.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020), hoje no Brasil, 84,1% da população tem acesso à água potável. Este dado representa que ainda 15,9%, ou aproximadamente 35 milhões de pessoas, não tem acesso à água tratada. Até 2019, a taxa de mortalidade atribuída a fontes de água inadequadas, saneamento inadequado e falta de higiene chegava à 484.000 óbitos, causados por doenças como: diarreia, infecções por nematoides intestinais e desnutrição proteico-energética (ODS BRASIL, 2019).

A grande maioria da população sem acesso a saneamento básico está localizada em comunidades isoladas, devido a fatores de inviabilidade técnica, falta de políticas públicas e questões econômicas, ou seja, não há redes de distribuição de água e coleta de esgoto, ou são insuficientes para a demanda local, fazendo com que busquem por métodos alternativos. (TONETTI et al., 2018).

Considerando os aspectos apresentados em relação a problemática que envolve o tratamento e o abastecimento de água, torna-se imprescindível a busca por métodos que viabilizem o acesso à água de qualidade para as comunidades isoladas, visando o cumprimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 da ONU (ODS BRASIL, 2019).

Como alternativa, os Filtros Lentos Domiciliares (FLDs) se apresentam como uma opção comumente empregada. Se caracterizam por camadas de areias e pedregulhos, ou até mesmo outros materiais, de fácil construção e manutenção (FUNASA, 2021). Os FLDs recebem esse nome devido sua baixa taxa de filtração, que permite a remoção de material suspenso na superfície e de patógenos através do seu mecanismo físico e biológico (FUNASA, 2021). Dado a produção técnica-científica no aperfeiçoamento desta tecnologia, torna-se essencial sistematizar as informações já existentes, com intuito de identificar as aplicações e limitações quanto a construção, uso e manutenção.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi fornecer uma visão abrangente das mais recentes publicações descobertas sobre o uso de filtros lentos de areia em comunidades isoladas do Brasil, discorrendo sobre parâmetros operacionais, mecanismos e eficiência de remoção de poluentes biológicos.

2. METODOLOGIA

2.1. Estratégia de pesquisa e fonte de dados

Foram conduzidas pesquisas de investigação em publicações contidas em livros, jornais e revistas nacionais, datados no período entre 2011 e 2022, usando os termos “filtros lentos domiciliares” e “filtros lentos de areia doméstico”. A busca se concentrou nas seguintes bases: *Web of Science*, Scopus e na biblioteca eletrônica *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). Também foi realizado buscas manuais na lista de referências de estudos relevantes em sites de instituições relacionadas ao tema.

2.2. Seleção dos Estudos

Inicialmente, foram revisados o título e os resumos de todos os registros identificados na etapa metodológica anterior, com intuito de selecionar todos os estudos potencialmente relevantes. Em seguida, foi avaliado o texto completo dos estudos selecionados, sendo incluído aqueles que atendessem aos critérios de elegibilidade. A pesquisa foi considerada elegível para este estudo caso (1) tivesse se desenvolvido com propósito de avaliar criticamente o uso de filtros lentos de areia para uso domiciliar; ou (2) os autores afirmassem que a técnica poderia ser aplicada para avaliar o uso de filtros lentos de areia domiciliares; ou (3) tivesse sido usada por autores de revisões sistemáticas para avaliar a qualidade de estudos baseados em filtros lentos de areia domiciliares.

2.3. Extração dos dados

Os dados relevantes foram extraídos e compilados usando tabelas pré-desenhadas. Os dados extraídos incluíram: materiais de construção, processo de filtração, remoção de matéria orgânica, remoção de compostos nitrogenados, remoção de turbidez e remoção de metais pesados. A extração de dados foi realizada pelos autores da presente pesquisa, dos quais as discordâncias foram resolvidas por consenso ou arbitradas por um revisor externo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a análise e discussão dos parâmetros operacionais, mecanismos e eficiência de remoção de poluentes biológicos, através da utilização dos FLDs, foi observado e comparado os seguintes estudos expostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Estudos Analisados

Autor	Título	Objetivo
Fernando César Andreoli	Filtros lentos de areia em escala domiciliar como alternativa de tratamento de águas subterrâneas com risco microbiológico em comunidades isoladas	Avaliar o desempenho do tratamento de água subterrânea com risco microbiológico através de duas configurações de FLDs (fluxo contínuo em duplicata e fluxo intermitente em duplicata).
Barbará Luiza Souza Freitas	Filtros lentos em escala domiciliar como alternativa de tratamento de águas com risco microbiológico em comunidades isoladas	Avaliar o desempenho do filtro lento em escala domiciliar (FLD) como alternativa de tratamento em comunidades isoladas do país, com o uso conjunto de pré-tratamento e pós-tratamento acessíveis.
Milina de Oliveira	Filtros lentos domiciliares para tratamento de água da chuva para fins de consumo	Avaliar o desempenho dos filtros lentos domiciliares ao tratar água da chuva com presença de microrganismos (Escherichia coli e PhiX-174).
Catherine Yuriko Shigeoka e colaboradores	Remoção de turbidez em filtro lento domiciliar operado em fluxo contínuo	Avaliar um FLD construído em materiais de PVC e operado continuamente, para tanto, considerou-se o desempenho da unidade construída na remoção de turbidez.
Raissa Maria Cometa Mota Moruzzi e colaboradores	Desenvolvimento e avaliação de protótipo de filtro lento para tratamento de água em domicílios rurais	Desenvolvimento de um protótipo de filtro lento domiciliar com meio filtrante de espessura reduzida, com reservatório acoplado, voltados para o tratamento de água em domicílios rurais isolados.
Maria Virgínia da Conceição Albuquerque e colaboradores	Avaliação do Desempenho de Filtros Lentos como tecnologia para potabilização de água: uma revisão	Revisão sobre a aplicabilidade e eficácia da filtração lenta no tratamento de águas contaminadas, avaliando a(s) influência(s) de taxas de filtração, espessura do meio filtrante, tamanhos dos grãos de areia, bem como a maturidade microbiológica do meio filtrante na remoção de parâmetros físico-químicos e biológicos

Anderson de Jesus Lima	Análise comparativa da eficiência de filtros lentos com meios filtrantes convencional e não convencional	Comparar a eficiência de filtro lento constituído de meio filtrante convencional com filtros lentos com meios filtrantes não convencionais: fibras de coco, maravalha, carvão vegetal caseiro e resíduo cerâmico.
Deisiane Elice da Silva e colaboradores	Análise da eficiência da filtração lenta para o tratamento de água de uma nascente situada na zona rural de Passabém – MG	Analisar a eficiência de um sistema de filtração lenta para a remoção de sólidos totais, Escherichia coli e turbidez da água utilizada na Fazenda Córrego dos Pinheiros, o uso e ocupação do solo nas proximidades desta propriedade nos últimos dez anos e a percepção dos moradores vizinhos a essa sobre a qualidade da água por eles consumida.
Valter Martins Junior e colaboradores	Filtração lenta domiciliar com meios filtrantes reciclados provenientes de resíduos da construção civil	Comparar a eficiência de um filtro lento domiciliar construído com meios filtrantes inteiramente reciclados de resíduos da construção e demolição (FLD reciclado), com um filtro lento domiciliar convencional (FLD natural), avaliando características físico-químicas e microbiológicas da água filtrada.
Helen Lubarsky e colaboradores	Biological Layer in Household Slow Sand Filters: Characterization and Evaluation of the Impact on Systems Efficiency	Investigar a composição de substâncias poliméricas extracelulares (carboidratos e proteínas), biomassa, oxigênio dissolvido e comunidade microbiana em dois tipos de FLDs e identificar uma correlação entre eles e sua eficiência.
Mariah Siebert Zipf e colaboradores	Simplified greywater treatment systems: Slow filters of sand and slate waste followed by granular activated carbon	Estudar as eficiências de tratamentos simplificados para reuso de águas cinzas usando filtro lento de areia e filtro lento de resíduos de ardósia, ambas seguidas de filtros granulares de carvão ativado.
R.C Medeiros	Drinking water treatment by multistage filtration on a household scale: Efficiency and challenges	Avaliar o desempenho do HMSF (filtro multiestágio doméstico, tradução de household multistage filter) na remoção de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de água fluente com altos níveis de cor e turbidez.

Fontes: Autoras (2022)

3.1. Parâmetros operacionais

Na literatura em estudo foi observado que os FLDs podem ser construídos por espessuras variadas de camadas, sendo o mais tradicional seguir a ordem areia fina, areia grossa, pedregulho fino e pedregulho grosso, também é possível adicionar uma manta não tecida no topo da camada filtrante. Em caso de exceção observamos também materiais pouco convencionais sendo usados para constituir as camadas, como: fibra de coco, maravalha de madeira angelim, carvão vegetal caseiro de rolhas de cortiças e resíduos cerâmicos, combinados com areia e brita graduadas, podendo obter um resultado semelhante aos FLDs tradicionais (LIMA, 2020).

De maneira geral os filtros são construídos em canos de PVC, com camadas de 50 cm de areia fina, 5 cm areia grossa, 5 cm pedregulho fino, 7,5 cm pedregulho grosso e manta não tecidas no topo da camada de areia (OLIVEIRA, 2021), podem variar a espessura das camadas.

Em sua maioria, os trabalhos foram conduzidos com filtros sendo alimentados por reservatórios de água suspensos, que abasteciam os FLDs por gravidade ou bombeamento. E para evitar a sedimentação e zonas morta de microrganismos, era adicionada uma pá de agitação (OLIVEIRA, 2021). Em alguns estudos a água coletada provinha da chuva, sendo coletada através de calhas (OLIVEIRA, 2021), ou extraídas de um corpo hídrico, como, nascentes (SILVA et al., 2018) ou poços subterrâneos (LIMA, 2020).

3.2. Mecanismos de Operação de FLD's

Os FLDs podem ser operados em fluxos contínuos ou intermitentes, sendo o fluxo contínuo aquele no qual o filtro é alimentado de forma constante por uma caixa d'água localizada acima dos filtros, enquanto o intermitente é alimentado de forma manual só quando necessário, não necessitando de abastecimento externo (OLIVEIRA, 2021).

Deve-se levar em conta, a vazão de água nos filtros, pois se forem operados com uma vazão de mais de 450 mL por minuto, os patógenos são forçados pela água a passar pela camada filtrante, não sendo removidos na água filtrada. Em contrapartida, se forem operados com uma vazão muito baixa, a capacidade de produção de água filtrada também será baixa, tornando o uso do FLD ineficiente (ANDREOLI, 2020).

A operação dos filtros nos estudos analisados, ocorreu diariamente, variando de 119 dias (OLIVEIRA, 2021) a 197 dias (LIMA, 2020), e as amostras eram analisadas diariamente ou semanalmente.

3.3. Efeito do tratamento de FLD's na qualidade físico-química e biológica da água

3.3.1. Turbidez

A Turbidez está relacionada a presença de pequenas partículas na água, nas quais interferem na incidência da luz, essas partículas podem ser de materiais variáveis, como por exemplo, matéria orgânica (SILVA et al., 2018). A água deve apresentar um valor menor que 5uT para se enquadrar na Portaria GM/MS nº888/2021 para água potável. Como alternativa, temosa etapa de coagulação antes da filtragem para melhorar os resultados de turbidez, podendo adotar o uso coagulantes naturais, como a *O. cochenillifera*. (FREITAS, 2017)

Turbidez é um dos parâmetros comumente usados nos estudos de filtros lentos domiciliares, que por sua vez, apresentam sempre bons resultados. Os valores de turbidez pós filtragem dependem das condições da água no pré-tratamento, ou seja, valores muito altos reduzem com a filtração, mas muitas das vezes não se enquadram dentro dos padrões de potabilidade, como Medeiros et al., (2020) , que obteve uma remoção de 60% na turbidez, chegando a valores de 20uT, como o resultado está acima de 5 uT, não se enquadra nas Portaria GM/MS nº888/2021 para água potável.

A eficiência na remoção da turbidez está diretamente ligada a maturidade da camada biológica do filtro, em etapas iniciais de operação a remoção da turbidez pode chegar em média a 47%, enquanto em etapas posteriores a remoção pode chegar em média a 79% (MORUZZI et al., 2017). Assim como, Shigeoka et al., (2017) constatou que os filtros são eficientes na remoção, no entanto, necessita de um período inicial para atingir bons resultados. Podendo chegar a menos de 1uT. Em suas análises, Junior et al., (2019) chegou a um resultado de 81,21% de eficiência na remoção da turbidez, valor superior em comparação a outras literaturas, obtendo um valor médio de 1,24 uT, sendo que a água de entrada no filtro apresenta valores médios de turbidez de 6,60 uT.

3.3.2. Metais pesados

Foi possível observar que o parâmetro de metais pesados não é muito explorado nas literaturas. A água da chuva pode apresentar grandes concentrações de metais pesados, devido ao transporte dos poluentes também ocorrer através da atmosfera. Os níveis de elementos metálicos devem ser medidos eventualmente, pois a água pode conter altos níveis de metais, principalmente se houver contato com superfícies metálicas durante a coleta e o armazenamento.

Segundo o estudo de Oliveira (2021), nenhuma análise de metais pesados apresentado pela autora apresentou valores acima dos padrões para que fossem realizadas análises periódicas, como mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Metais analisados na água da chuva em mg/L

Parâmetro	Concentração	Portaria GM/MS nº888/2021	GDWQ (2018)*
Alumínio	ND	0,2	0,9
Cálcio	9,38	-	150 - 300
Ferro	ND	0,3	0,2
Magnésio	0,838	-	NE
Potássio	1,9	-	NE
Sódio	0,8	200	200
Zinco	0,234	5	3

Legenda: ND = Não detectado; NE = Não especificado; * *Guidelines for Drinking-water Quality*.
Fonte: Oliveira, 2021.

3.3.3. Compostos nitrogenados

As concentrações de nitrito e nitrato variam de acordo com a qualidade da água bruta, no estudo feito por Oliveira (2021), os resultados de nitrito e nitrato atenderam os padrões da legislação, sendo o valor máximo permitido no Brasil, de 10 mg/L de nitrato e 1,0 mg/L de nitrito em água para o consumo humano. No estudo os valores obtidos na primeira etapa foram de 0,02 mg/L de nitrito, e para o nitrato 2,30 e 2,57 mg/L para o FLD-C (fluxo contínuo) e FLD-I (fluxo intermitente), respectivamente. E na segunda etapa os sistemas apresentaram a média de 0,02 mg/L para nitrito com médias de remoção de 2,65% no FLD-C e 7,68% no FLD-I, enquanto o nitrato houve remoção de cerca de 11,10% com médias de 1,85 mg/L no FLD-I, e no FLD-C obteve 2,55 mg/L com acréscimo de 9,28% de remoção. Logo, ambos filtros se enquadraram no estipulado nas duas etapas do experimento.

3.3.4. Matéria orgânica

A análise de matéria orgânica nos estudos é feita em sua maioria, através de parâmetros indiretos, como por exemplo, coliformes totais e Escherichia Coli, portanto, para essa análise consideraremos apenas esses dois parâmetros.

No estudo realizado por Lima (2020) foram utilizados materiais alternativos na construção dos filtros, sendo o FLSRC (filtro de areia com cama intermediária de resíduos cerâmicos) o que apresentou melhor desempenho na remoção de coliformes totais, chegando a 83,56% de remoção. Semelhante ao estudo realizado por Junior et al. (2019), onde o filtro com materiais reciclados de

obra, apresentou desempenho de 100% na remoção de coliformes totais, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados de Coliformes Totais em Filtros Naturais e Reciclados

Amostra	CT Período 1 (NMP/100mL)	CT Período 2 (NMP/100mL)	Requisitos da Portaria GM/MS nº888/2021 (NMP/100mL)
Água bruta	4900	3300	
FLD natural	2200	2300	ausência em 100 mL
FLD reciclado	ausência em 100 mL	ausência em 100 mL	

Fonte: adaptado de Junior, et al., 2019

Para Zipf et al., (2016), a remoção de coliformes totais apresentaram maior eficiência nos filtros com camadas de resíduos de ardósia do que nos filtros de areia, obtendo resultados ainda melhores após o escoamento pelo sistema completo, que é a combinação de filtro de areia ou filtro de resíduos de ardósia, mais os filtros de carvão ativado.

A eficiência na remoção de coliformes totais e da E. Coli está ligada a formação de uma camada biológica madura no topo da camada filtrante, conhecida como *schmutzdecke*, responsável pela degradação da matéria orgânica, absorção do gás carbônico, nitratos e fosfatos e liberação de oxigênio. Os resultados obtidos em um filtro com uma camada madura, chegam a 100% e 99% de eficiência na remoção cistos de Giardia e coliformes, enquanto um meio filtrante com camada nova de areia apresenta apenas de 85 a 98% de remoção (ALBUQUERQUE et al., 2019).

Para analisarmos o parâmetro de Escherichia Coli, comparamos os resultados de remoção em log, obtidos nas literaturas de estudo, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados de Remoção de Escherichia Coli

Autor	Remoção de Escherichia Coli (log)	
	FLD Fluxo Contínuo	FLD Fluxo Intermitente
ANDREOLI, 2020	3,5	1,5
FREITAS, 2017	0,10 ± 0,43	0,89
OLIVEIRA, 2021	2,62 ± 3,62	1,93 ± 2,28
LUBARSKY et al., 2022	1,71 ± 0,79	1,77 ± 0,68

Fonte: Autoras (2022)

Conforme apresentado na tabela, podemos observar que todas as literaturas em destaque obtiveram valores satisfatórios na remoção de Escherichia. Coli. Entretanto, vale ressaltar que os bons resultados apresentados pelos autores, só foram alcançados nas etapas de filtração em que havia uma camada biológica madura desenvolvida.

Em seus estudos, Andreoli (2020), realizou a operação dos filtros em duas etapas. Na primeira com água subterrânea, composta por baixas concentrações de nutrientes, tornando lenta a formação da camada biológica, com isso a remoção de E. Coli foi de 3,5 log para filtros contínuos e 1,5 log

para filtros intermitentes, após 100 dias de operação. Já na segunda etapa, em que foi usada água de manancial superficial, composta por altas concentrações de nutrientes e elementos essenciais para o surgimento da camada biológica em menor tempo, os mesmos resultados foram alcançados em 20 dias, ou seja, o desenvolvimento mais rápido da camada biológica na segunda etapa reduziu o tempo de remoção de *E. Coli* em 80 dias.

Nas análises realizadas por Freitas (2017), a remoção de *E. Coli* só foi significativa após a terceira alimentação do filtro, com valores de 0,89log de remoção, que também foi associada pelo autor à ausência de uma camada biológica madura no topo da camada filtrantes nas primeiras alimentações.

Embora, os resultados de *E. Coli* apresentados sejam satisfatórios, para que a água filtrada se enquadre na nossa legislação, é necessário que haja a ausência em 100 ml, de acordo com o padrão exigido pela PORTARIA Nº 1.469, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2000, o que foi possível observar nos resultados obtidos por Lubarsky et al., (2022), que se enquadraram parcialmente nos padrões, visto que em 58,3% das amostras do C-HSSF (Filtro Lento de Areia Contínuo) e 47,9% do I-HSSF (Filtro Lento de Areia Intermitente) houve ausência de *E. Coli*.

Para Oliveira (2021) a etapa de desinfecção foi essencial na melhora dos resultados, pois 83,33% das amostras desinfectadas do FLD-C, e 50% das amostras do FLD-I apresentaram ausência de *E. coli*. Para essa etapa foi adicionado 2,5% de concentração de hipoclorito de sódio na água filtrada.

3.4. Manutenção e Custos Operacionais

A filtração lenta apresenta vantagens para aplicação em comunidades isoladas, devido ao baixo custo e sua facilidade operacional, de construção e manutenção, além de não necessitar da utilização de coagulantes químicos (ANDREOLI, 2020).

Além dos parâmetros operacionais e mecânicos, a manutenção dos FLDs é uma etapa importante para a eficiência do filtro, pois a taxa de filtração pode ser reduzida pelo acúmulo de partículas nos poros da camada filtrante (ANDREOLI, 2020), portanto, o uso da manta não tecida no topo da camada filtrante também auxilia no momento da manutenção, evitando o entupimento rápido da camada de areia (OLIVEIRA, 2021).

A manutenção é feita através de uma limpeza na camada superficial, tomando os cuidados necessários para minimizar o descarte da camada biológica. Também é feita a lavagem sucessiva na camada de areia até a redução da turbidez e a lavagem das mangueiras, torneiras, reservatórios e demais acessórios. Após a limpeza é necessário que o filtro opere por um tempo para formar uma nova camada biológica (ANDREOLI, 2020).

Os custos para se construir um FLD são consideravelmente baixo, pois as matérias comumente usadas são de fácil acesso, como por exemplo, areia e granito. O orçamento de um projeto vai variar de acordo com a suas dimensões e capacidade operacional.

Para Andreoli (2020), os custos orçados em janeiro de 2020 foram de R\$ 381,96 para o FLD intermitente, incluindo: materiais, sistema de desinfecção e mão de obra local, e para o FLD contínuo, um custo de R\$ 918,70, considerando: materiais, sistema de desinfecção e mão de obra paga. Os filtros de fluxo contínuo possuem um custo mais elevado, devido a necessidade de um reservatório elevado. Ainda sim é possível economizar em torno de 400 reais com a mão de obra, caso os usuários se disponham a construir o filtro. Cálculos realizados pelo autor apontam que os custos correspondem em média de 3 a 7% da renda anual de um indivíduo que recebe um salário mínimo no Brasil em 2020.

Para diminuição dos custos, Morruzi et al., (2016), realizou a construção de um filtro, utilizando materiais simples, como tubos PVC, além de diminuir a espessura da camada filtrante de

areia, com a capacidade de produzir 55 Litros de água tratada por dia, e ao final do projeto o custo total foi de 780 reais.

4. CONCLUSÕES

Esse trabalho objetivou uma análise crítica dos estudos recentes publicados, sobre o uso de filtros lentos de areia em comunidades isoladas do Brasil, analisando parâmetros operacionais e mecânicos, assim como a eficiência dos filtros na remoção de matéria orgânica, compostos nitrogenados, turbidez e metais pesados.

Os FLDs apresentam uma construção e manutenção simplificada, com materiais acessíveis e de baixo custo, sendo adaptável às condições das comunidades isoladas brasileiras. Os filtros podem ser alimentados por reservatórios de forma contínua ou intermitente, e sua construção é feita de formas variadas, sendo a mais comum, com camadas de areia e britas.

Ao longo do trabalho foi possível observar que alguns parâmetros interferem no desempenho dos Filtros Lentos Domiciliares, como: as condições físico-químicas e biológica da água bruta, taxa de filtração, espessura do meio filtrante e maturidade microbiológica do meio filtrante.

Nos estudos analisados, a eficiência dos filtros lentos está diretamente relacionada ao amadurecimento da camada biológica no topo da camada filtrante, que atuam na remoção de coliformes totais e E. Coli, além da redução da turbidez. Com a camada biológica plenamente desenvolvida, a eficiência de remoção dos filtros para turbidez pode chegar a 80%, e para Coliformes Totais e E. Coli podem variar de 80% a 100%. Vale destacar que os resultados atingidos dependem do tempo de formação da camada, que está diretamente ligada as características da água bruta, que, quanto mais ricas em nutrientes, mais acelerada é a formação da camada.

A eficiência na remoção de compostos nitrogenados e metais pesados nos filtros lentos, são poucos explorados nas literaturas. A partir das análises feitas, concluímos que a concentração dos compostos na água filtrada, variam de acordo com a qualidade da água bruta.

Além disso, a adição de etapas de pré e pós-tratamento podem funcionar como um complemento para melhorar a qualidade da água filtrada. Para etapas de pré-tratamento é possível adotar o uso de coagulantes naturais, para remover os sólidos suspensos, auxiliando na remoção de turbidez. E para o pós-tratamento é recomendado o uso de hipoclorito de sódio para desinfecção da água filtrada, reduzindo os microrganismos patógenos da água.

Sendo assim, concluímos com nossas pesquisas que os Filtros Lentos Domiciliares se apresentaram eficientes para os parâmetros analisados, sendo uma alternativa viável para comunidades isoladas no Brasil, desde que sejam realizadas análises prévias da água bruta.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, F. C. **Filtros lentos de areia em escala domiciliar como alternativa de tratamento de águas subterrâneas com risco microbiológico em comunidades isoladas.** [s.l: s.n.].

BRASIL. IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: 6. água potável e saneamento.** 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods6.html#:~:text=Meta%206.3-,Na%C3%A7%C3%B5es%20Unidas,reciclagem%20e%20reutiliza%C3%A7%C3%A3o%20segura%20globalmente>. Acesso em: 26 out. 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Caderno técnico: projeto e operação de filtros lentos retrolaváveis para o tratamento de água para**

abastecimento / Fundação Nacional de Saúde. – Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2018. 64 p. : il. ISBN 978-85-8388-146-9

ELICE DA SILVA, D. et al. **Análise da eficiência da filtração lenta para o tratamento de água de uma nascente situada na zona rural de Passabém – MG.** Research, Society and Development, v. 7, n. 6, p. 1–25, 2018.

FREITAS, B. L. S. **Filtros lentos em escala domiciliar como alternativa de tratamento de águas com risco microbiológico em comunidades isoladas.** [s.l: s.n.].

LIMA, A. DE J. **ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA DE FILTROS LENTOS COM MEIOS FILTRANTES CONVENCIONAL E NÃO CONVENCIONAIS.** [s.l: s.n.].

LUBARSKY, H. et al. **Biological Layer in Household Slow Sand Filters: Characterization and Evaluation of the Impact on Systems Efficiency.** Water (Switzerland), v. 14, n. 7, 1 abr. 2022.

MARIA COMETA MOTA MORUZZI, R.; REBELLO AMUI, C.; CELIA SILVEIRA BRANDÃO, C. **I-329-DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE PROTÓTIPO DE FILTRO LENTO PARA TRATAMENTO DE ÁGUA EM DOMICÍLIOS RURAIS.** [s.l: s.n.].

MARTINS JUNIOR, V. et al. **FILTRAÇÃO LENTA DOMICILIAR COM MEIOS FILTRANTES RECICLADOS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.** Científic@ - Multidisciplinary Journal, v. 6, n. 1, p. 87–103, 29 maio 2019.

MEDEIROS, R. C. et al. **Drinking water treatment by multistage filtration on a household scale: Efficiency and challenges.** Water Research, v. 178, 1 jul. 2020.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. **Diagnóstico Temático - Serviços de Água e Esgoto: visão geral.** Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento, 2021. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf. Acesso em: 22 maio 2022.

OLIVEIRA, M. DE. **FILTROS LENTOS DOMICILIARES PARA TRATAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS DE CONSUMO.** [s.l: s.n.].

PORTAL DO GOVERNO BRASILEIRO. **Indicador 3.9.2 – Taxa de mortalidade atribuída a fontes de água inseguras, saneamento inseguro e falta de higiene.** Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2019. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo3/indicador392>.

SHIGEOKA, C. Y.; MARCOS FARIA MACIEL, P.; PATRICIA SABOGAL-PAZ, L. **I-101-REMOÇÃO DE TURBIDEZ EM FILTRO LENTO DOMICILIAR OPERADO EM FLUXO CONTÍNUO.** [s.l: s.n.].

TONETTI, Adriano Luiz, 1973. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções.** / Ana Lucia Brasil, Francisco José Peña y Lillo Madrid, et al. -- Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018

VIRGÍNIA DA CONCEIÇÃO ALBUQUERQUE, M. et al. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE FILTROS LENTOS COMO TECNOLOGIA PARA POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA: UMA REVISÃO.** Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 7, 2019.

ZIPF, M. S.; PINHEIRO, I. G.; CONEGERO, M. G. **Simplified greywater treatment systems: Slowfilters of sand and slate waste followed by granular activated carbon.** Journal of Environmental Management, v. 176, p. 119–127, 1 jul. 2016.