

DESENVOLVIMENTO DE FILTROS LENTOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA DE CONSUMO HUMANO VOLTADO PARA COMUNIDADES DA ZONA RURAL

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.15.24.IX-006>

Priscilla Both Silva(*), Emely Negreiro Mlenek, Daniel Brinckmann Teixeira, Márcia dos Santos Ramos Berreta, Suzana Frighetto Ferrarini

* Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – Uergs. priscilla-silva@uergs.edu.br

RESUMO

Este trabalho aborda a implementação de filtros lentos para o tratamento de água potável em comunidades rurais, com foco na comunidade de Aratinga, São Francisco de Paula/RS, que enfrenta graves problemas de contaminação e poluição hídrica, incluindo coliformes, *Escherichia coli*, metais como ferro e manganês, cor e turbidez, colocando em risco a saúde pública. O objetivo do projeto foi desenvolver um sistema de filtração lenta, eficiente e de baixo custo que complemente o tratamento com pastilhas de cloro já existente no local, ampliando assim o acesso à água segura. A metodologia consistiu em três etapas principais: seleção e preparação dos materiais filtrantes, configuração dos filtros lentos e monitoramento da eficiência do sistema através da avaliação de parâmetros indicadores de potabilidade. Para tanto, materiais filtrantes (areia de diferentes granulometrias) e suportes (brita e cascalho de diferentes granulometrias) foram descontaminados e organizados em camadas adequadas. Os resultados preliminares indicam uma redução na turbidez da água tratada, sugerindo a eficácia do sistema. Com a formação da camada microbiológica prevista com o amadurecimento do sistema desenvolvido e, também, com o monitoramento de novos parâmetros considerados de grande importância (cor, microbiológicos...), espera-se uma melhora ainda maior na qualidade da água, contribuindo não apenas para a saúde imediata da comunidade, mas também para sua resiliência frente a desafios hídricos.

PALAVRAS-CHAVE: saúde pública, filtros lentos, tratamento de água, zona rural.

INTRODUÇÃO

A comunidade de Aratinga, situada na zona rural do município de São Francisco de Paula/RS, enfrenta sérios problemas relacionados à qualidade da água. A água consumida pelos moradores está, em sua maioria, contaminada por coliformes totais, *Escherichia coli* e metais como manganês e ferro. Além disso, em alguns pontos monitorados os parâmetros turbidez e cor também se encontram acima dos níveis permitidos, tornando essa água imprópria para consumo e comprometendo a saúde pública de toda uma comunidade (BIANCHI, 2021). O consumo de uma água em condições fora dos parâmetros de potabilidade representa uma ameaça significativa, gerando doenças de veiculação hídrica que prejudicam a qualidade de vida dos habitantes. A situação exige uma intervenção imediata e eficaz para assegurar a segurança hídrica dessa comunidade. Outro agravante no local refere-se à localização dos poços de captação. Esses poços são construídos pelos próprios moradores e, em sua maioria, estão localizados em locais inadequados onde recebem uma grande carga de contaminação e poluição devido, principalmente, a declividade do local e a falta de infraestrutura básica de proteção dos mesmos. Além desses aspectos, a inexistência de fossas e/ou filtros para o tratamento do esgoto doméstico gerado nas residências, representa um desafio adicional para essas famílias onde, a participação ativa da comunidade e do poder público são fatores cruciais para a mudança deste preocupante cenário.

O referido projeto iniciou em 2021, com um diagnóstico inicial onde foi constatado que todos os pontos de captação de água investigados continham parâmetros indicadores de potabilidade fora dos padrões estabelecidos na legislação. Em 2022, novos pontos foram incluídos e novamente os resultados mostraram inadequação da qualidade da água (BIANCHI et al., 2022). Como forma de mitigação, foi desenvolvido pela equipe, um sistema de tratamento de água alternativo e de baixo custo a base de pastilhas de cloro (BRASIL, 2017; OTENIO et al., 2014, HOLOWKA e DE ANDRADE 2012) e, duas propriedades receberam tais sistemas afim de averiguar sua eficiência. Os resultados obtidos com o monitoramento desse sistema foram positivos e, em 2023, o número de residências atendidas foi ampliado, beneficiando aproximadamente 40 pessoas (KLEIN et al., 2023). O desempenho e manutenção dos cloradores continua sendo monitorado periodicamente com suporte contínuo aos moradores. Porém, apesar dos avanços, em alguns pontos de captação a cloração sozinha não tem sido suficiente para atender à parâmetros de potabilidade como cor e turbidez. Dessa forma, a continuidade do projeto prevê o desenvolvimento de um sistema de tratamento de água complementar baseado no princípio da filtração lenta. Este novo sistema visa garantir o fornecimento contínuo de água potável, melhorando a saúde pública, a qualidade de vida e a resiliência da comunidade.

OBJETIVOS

Objetiva-se desenvolver e monitorar um sistema de tratamento de água com base nos princípios da filtração lenta utilizando materiais de baixo custo e de fácil acesso pela população, principalmente aquelas que se encontram distantes dos grandes centros urbanos e que não possuem água oriunda de companhias de saneamento. Tal sistema será instalado antecedendo o sistema de cloração a base de pastilhas de cloro que já se encontra instalado em algumas residências da comunidade investigada, afim de potencializar a sua ação.

METODOLOGIA

O processo metodológico ancorou-se basicamente em três etapas:

- 1 - seleção, limpeza e preparação dos materiais filtrantes e camadas suportes;
- 2 - avaliação da configuração de operação dos filtros lentos e,
- 3 - análise da eficiência do sistema de filtração desenvolvido.

Detalhes de cada uma das etapas acima citadas estão descritas abaixo.

Seleção, limpeza e secagem dos materiais suportes e materiais filtrantes

Os materiais suportes, cascalho (pedra do rio) e britas 0, 1 e 2 foram lavados com água potável até ser removida por completo a sujeira grosseira e então deixadas em processo de descontaminação em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) por um período de 48h. Após, a solução foi descartada e os materiais enxaguados com água corrente e colocados para secar de forma natural.

Já, os materiais filtrantes (areia fina, areia média e areia grossa) foram lavados com água potável até obtenção de uma turbidez ≤ 15 na água de lavagem. O procedimento consistiu na adição de água em cada um dos diferentes materiais, seguido por um pequeno período de agitação, sedimentação e então escoamento da água. Esse procedimento de lavagem/escoamento foi repetido até a obtenção de uma água na turbidez desejada. Posteriormente os materiais foram escoados e deixados secar ao sol.

Após o processo de eliminação da umidade de todos os materiais, os mesmos foram armazenados em sacos fechados para evitar que recebessem nova contaminação externa até o uso.

Peneiramento dos materiais suporte e filtrantes

Para os materiais de granulometria menor (areia fina, areia média, areia grossa e brita zero) empregou-se peneiras granulométricas em aço inox. As aberturas empregadas foram: 250 μm para areia fina; 500 μm para areia média; 1000 μm (1 mm) para areia grossa e 4026 μm (4,26 mm) para brita zero.

Já, para os materiais suporte brita 1, 2 e cascalho, devido a indisponibilidade de peneiras que pudessem contemplar tal tamanho, optou-se por medir a granulometria individual de algumas unidades de cada material através do uso de paquímetro. Após a medida da granulometria de cada uma dessas unidades, fez-se a média e, com a média obtida, fez-se um molde contendo essa abertura. O molde foi confeccionado em papelão (Figura 1). Para a brita 1 o tamanho médio obtido e então usado para a construção da abertura do molde foi de 17,75 mm; para a brita 2 foi de 41,5 mm; para o cascalho (pedra de rio) foi de 22,00 mm.



Figura 1. Moldes construído para passagem dos materiais suportes. Fonte: Autor, 2024.

Configuração dos filtros lentos

O sistema de filtração (Figura 2) é composto por quatro bombonas de polietileno cuja configuração tomou como base diferentes estudos na literatura e a legislação vigente a respeito do tema (NBR 12216/92; NBR EB - 2097/90, FREITAS, 2017; LIMA, 2020; MACIEL, 2018; PIZZOLATTI, 2010). As câmaras que formam o sistema de filtro lento possuem formato cilíndrico com diâmetro (D) de base 26 cm e altura útil (h) individual de 38 cm gerando um volume efetivo individual interno de 0,02 m³ (20 L). A composição selecionada em termos de material filtrante e suporte para cada um dos dois filtros desenvolvidos está apresentada na Tabela 1. A primeira bombona do sistema desenvolvido refere-se ao armazenamento da água bruta (oriunda da companhia de saneamento municipal), a segunda e a terceira bombona é onde estão os dois filtros com diferentes distribuições das camadas suporte e filtrante e, a última recebe a água filtrada. Nesta última bombona é onde é feito a coleta de amostra para o monitoramento dos parâmetros de potabilidade (Portaria GM/MS 888/21).



Figura 2. Configuração do sistema de filtração como uso de canos rígidos de PVC. Fonte: Autor 2024.

Tabela 1. Disposição e espessura dos materiais suportes e filtrantes no filtro 1 e no filtro 2. Fonte: Autor, 2024

Tipo de material	Espessura no Filtro 1 (cm)	Espessura no Filtro 2 (cm)
Tamanho útil da bombona – 37 cm		
Água bruta	7	7
Material filtrante		
Areia fina	-	20
Areia média	15	-
Areia grossa	5	-
Material suporte		
Brita 0	-	8,5
Brita 1	8,5	-
Brita 2	8,5	-
Cascalho	-	8,5

Limpeza inicial das bombonas e dos filtros

Antes de ocorrer a distribuição dos materiais nos recipientes, os mesmos passaram por processo de descontaminação com solução de hipoclorito de sódio por 48 h e, posteriormente foram lavados com água potável. Com as bombonas descontaminadas, todas as conexões foram feitas e, os materiais suporte e filtrantes distribuídos conforme apresentado na tabela e figura citadas. Antes de receber a água bruta, os filtros também passaram por um processo de limpeza/descontaminação conforme previsto na norma (NBR EB - 2097/90), ou seja, solução de cloro com concentração de 25 mg/L por um período de 12 h. Após, água potável foi colocada e deixada passar pelos filtros em abundância e assim pudesse remover a solução de cloro e deixar o sistema apto para uso.

Parâmetros de potabilidade a serem monitorados e frequência das análises

O monitoramento da água bruta e filtrada foi realizado por meio da análise de parâmetros físico-químicos e biológicos a saber: cor aparente, turbidez, pH, temperatura (3 a 4 dias/semana), coliformes totais e *Escherichia coli* (quinzenalmente).

Operacionalização do sistema de filtração – parâmetros de projeto

Os principais parâmetros de projeto do sistema de filtração desenvolvido que serão avaliados posteriormente: profundidade do leito filtrante; taxa de filtração; altura da camada sobrenadante e composição da camada biológica (Schmutzdecke).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos com o monitoramento dos parâmetros indicadores de potabilidade no sistema de filtração desenvolvido contemplarão apenas os indicadores turbidez, pH e temperatura nos primeiros 25 dias de instalação do sistema. As figuras seguintes trazem os resultados obtidos com o monitoramento dos parâmetros turbidez, durante o processo de lavagem dos materiais filtrantes (2A), turbidez (2B), pH (2C) e temperatura (2D) durante o processo de filtração lenta da água.

Durante a limpeza dos materiais filtrantes, o parâmetro turbidez apresentou-se com comportamento diferenciado em função da granulometria dos materiais filtrantes selecionados (Figura 2A). Para o material com maior granulometria (areia grossa, 1000 μm) foram necessárias apenas seis etapas de lavagens já, para os materiais com menor granulometria (areia média, 500 μm e areia fina 250 μm) foi necessário mais que o dobro de etapas (14 etapas) sucessivas de lavagem, para atingir a turbidez apropriada (≤ 15). Esse comportamento possivelmente está associado a velocidade de sedimentação e acomodação das partículas que, acabou sendo favorecida com o aumento da granulometria da areia grossa. Salienta-se também que a turbidez inicial da areia fina e da areia média eram superiores a turbidez inicial da areia grossa, justificando-se assim o aumento de etapas de lavagens nas primeiras.

Em relação ao parâmetro indicador de potabilidade turbidez (Figura 2B), nota-se que tanto no filtro 1 (F1) quanto no filtro 2 (F2), até 140 dia houve uma diminuição da turbidez em relação a turbidez de entrada, ou seja, a turbidez da água bruta. No entanto para o F2 após o 140 dia, houve um aumento considerável do parâmetro. Esse fato pode estar associado a lixiviação parcial do meio filtrante (areia fina) ocorrida devido a movimentação deste filtro pela equipe. Por ser um material de granulometria pequena, qualquer oscilação pode ocasionar a movimentação da camada filtrante em direção a saída do filtro e, onde posterior a medida é feita. No destaque da Figura 2B também é possível observar visualmente a redução do parâmetro cor com a passagem da água bruta pelo filtro.

O parâmetro pH (Figura 2C) mostra-se com pequenas oscilações ao longo do período monitorado, fato que pode estar associado as condições climáticas dos dias da coleta. Não se observa grandes oscilações deste parâmetro após a passagem pelos filtros.

A Figura 2D mostra a oscilação da temperatura ao longo do período de monitoramento e, comprova as alterações percebidas no parâmetro pH que, sobre influência direta com a alteração desse indicador.

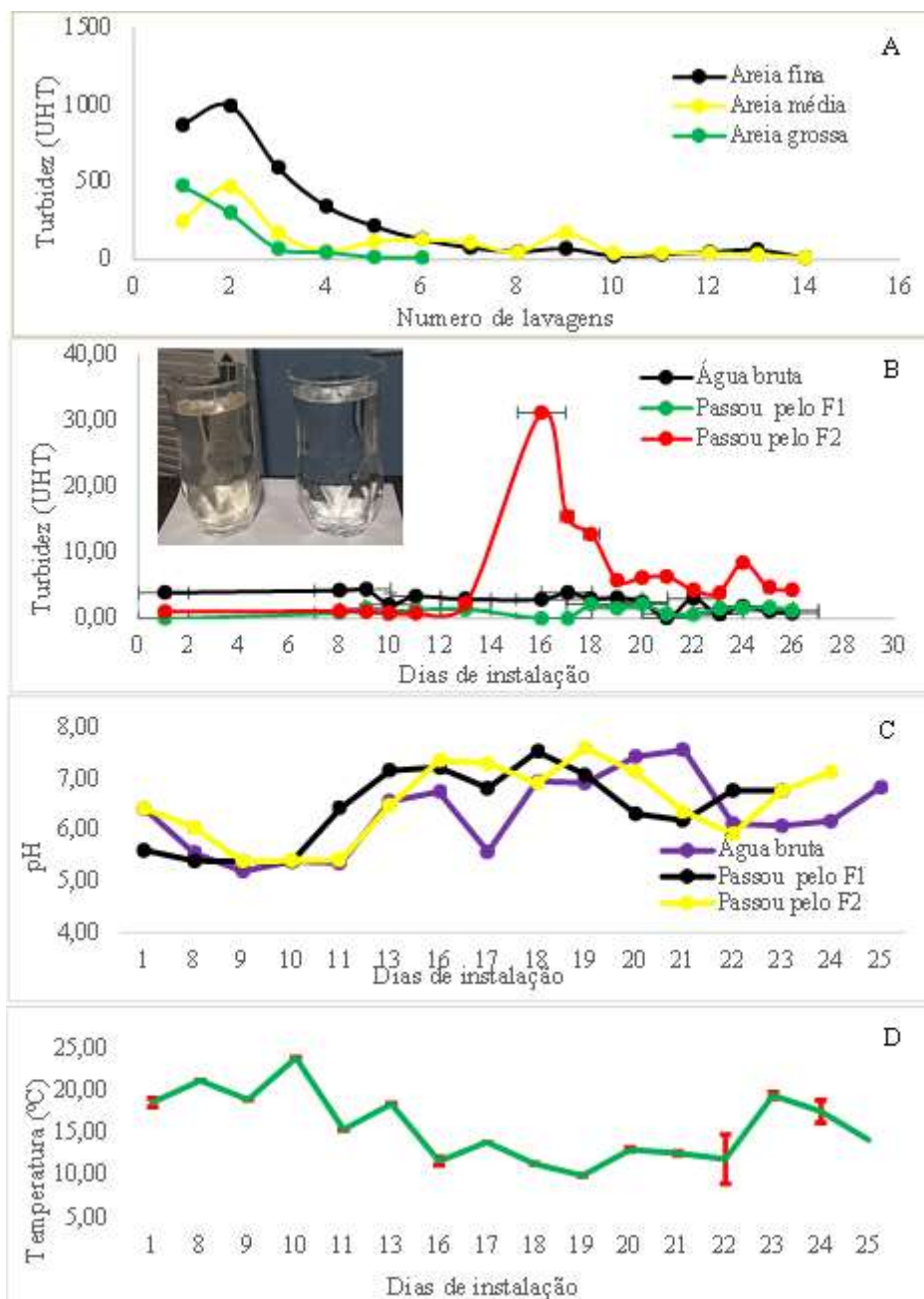


Figura 2: Monitoramento dos parâmetros indicadores de potabilidade durante o processo de lavagem (2A) e no sistema de filtração desenvolvido (2B, 2C e 2 D) ao longo dos primeiros 25 dias de instalação. Fonte: Autor, 2024.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos até o presente momento demonstram que o sistema de filtração lenta poderá ser uma ferramenta eficiente no tratamento complementar de água para consumo humano. Parâmetros como cor, coliformes totais e *Escherichia coli* também passarão a ser monitorados afim de melhorar essa avaliação de eficiência do sistema. Reforça-se que neste período inicial não houve ainda a formação da camada microbiológica na superfície dos filtros, camada esta que auxiliará no tratamento da água e fornecerá dados ainda mais satisfatórios.

Além dos resultados observados, é importante destacar a relevância prática dessas variações nos parâmetros de turbidez e pH para a saúde pública da comunidade. A redução da turbidez observada indica uma melhoria na qualidade da água, o que pode resultar na diminuição de doenças relacionadas à contaminação hídrica. Ainda, a aceitação do sistema de filtração pela comunidade é fundamental, uma vez que a eficácia do tratamento depende não apenas dos resultados técnicos, mas também da conscientização e engajamento dos moradores. Assim, a formação de parcerias com a

comunidade para monitorar e manter o sistema poderá garantir sua eficácia a longo prazo, promovendo não apenas acesso à água potável, mas também fortalecendo a resiliência da comunidade diante de futuros desafios hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro. 1992. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. EB 2097: Material Filtrante - Areia Antracito e Pedregulho. Rio de Janeiro. 1990.
2. BIANCHI, A.F. Diagnóstico da qualidade da água de poços localizados na via Aratinga, São Francisco de Paula/RS. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Bacharelado em Gestão Ambiental) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, São Francisco de Paula, 2021.
3. BIANCHI, A.F.; dos SANTOS, S.S.C.; SASSO, E.L.; FERRARINI, S.F.; BERRETA, M. dos S.R. Avaliação da qualidade da água em pontos de captação na comunidade Aratinga, São Francisco de Paula/RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 13, Teresina/PI, 2022. doi: 10.55449/congea.13.22.VIII-019.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Manual da solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano em pequenas comunidades utilizando filtro e dosador desenvolvidos pela Funasa/Superintendência Estadual do Pará. Brasília: Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, 2017.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS 888, de 4 de maio de 2021. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.
6. DA SILVA, D.E.; CORDEIRO, J.; CALAZANS, G. M.; VIEIRA, E.D.; E SOUSA PEREIRA, S.L.C. 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.
7. FREITAS, B.L.S. Filtros lentos em escala domiciliar como alternativa de tratamento de águas com risco microbiológico em comunidades isoladas. Dissertação: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2017.
8. HOLOWKA, H. DE ANDRADE, M. Clorador Emater: Tratamento da Água no Meio Rural. Curitiba: Instituto Emater, 2012.
9. KLEIN, I.J.; SANTOS, S. S. C.; BIANCHI, A. F.; OLIVEIRA, V. P. C.; FERRARINI, S.F.; BERRETA, M. S. R. Qualidade de águas de consumo humano na zona rural do município de São Francisco de Paula/RS comunidade Aratinga – Instalação e Monitoramento de Sistema alternativo de tratamento. In: XVI Seminário Internacional de Desenvolvimento Rural Sustentável, Cooperativismo e Economia Solidária (XVI SICOOPES) e VII Feira de Ciência, Tecnologia e Inovação Social (VII FECITIS), 2023, Castanhal, Pará. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA Campus Castanhal, 2023. v. 1. p. 1-19.
10. LIMA, A. DE JESUS. Análise comparativa da eficiência de filtros lentos com meios filtrantes convencional e não convencionais. Dissertação: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Sergipe. 2020.
11. MACIEL, P.M.F. Filtração lenta domiciliar como alternativa de tratamento de água em comunidades isoladas: eficiências com e sem controle de nível da água e aceleração do amadurecimento. Tese: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 2018.
12. OTENIO, M.H. et al. Como montar e usar o clorador de pastilhas em residências rurais: Cartilhas adaptadas ao letramento do produtor. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Gado de Leite, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2014.
13. PIZZOLATTI, B.S.; Estudos de limpeza de filtro lento por raspagem e retrolavagem. Dissertação: Mestrado em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.