

Proposta de um filtro para tratamento de água para uma comunidade isolada: estudo de caso na comunidade indígena de Killuyacu Alto-Ecuador

Proposal for a filter for water treatment for an isolated community: case study in the indigenous community of Killuyacu Alto-Ecuador

Norah Nádía Sánchez Torres¹
Jaime Orlando Robayo Bolaños²
Romenio José Ribeiro Rocha³
Thaynara Vitória da Silva Dias⁴
Jiam Pires Frigo⁵
Oswaldo Hideo Ando Junior⁶

Resumo

O filtro natural aplicado ao tratamento da água pluvial na comunidade indígena de Killuyacu Alto na província de Napo no Equador tem como finalidade a melhora da qualidade da água para o consumo da população, tendo em vista que água consumida atualmente pela comunidade não é submetida a nenhum tipo de tratamento. Esse estudo tem por finalidade fornecer água potável para comunidades isoladas na região amazônica equatoriana, melhorando assim a qualidade de vida da população e melhora na saúde, prevenindo surtos de doenças de veiculação hídrica. Para compararmos os resultados e comprovar a eficácia do filtro, foram realizadas coletas de amostras de água no sistema de abastecimento, análise e avaliação dos padrões de potabilidade antes e depois da implantação do filtro.

Palavras-chave: Filtragem lenta; Água potável; Saneamento; Qualidade da água.

Abstract

The natural filter applied to treat rainwater in the indigenous community of Killuyacu Alto, in the province of Napo, Ecuador, aims to improve the quality of water for consumption by the population, considering that the water currently consumed by the community is not applied in any type of treatment. This study aims to provide drinking water to isolated

¹ Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade – PPGIES - Foz do Iguaçu – Paraná; E-mail: eng.sancheztorres@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7155-6095>

² UNILA – Universidade da Integração Latino Americana – Foz do Iguaçu – Paraná; E-mail: jaimе.robayo.bolanos@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8839-4103>

³ UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco Recife – Pernambuco; E-mail: romeniorrocha@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2176-7673>; E-mail: UFRPE -

⁴ Universidade Federal Rural de Pernambuco Recife – Pernambuco; E-mail: thayddias01@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6597-4340>

⁵ UNILA - Universidade da Integração Latino Americana Foz do Iguaçu – Paraná; E-mail: jiam.frigo@unila.edu.br; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5392-4376>.

⁶ UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco Recife – Pernambuco; E-mail: oswaldo.ando@ufrpe.br; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6951-0063>.

communities in the Ecuadorian Amazon region, thus improving the population's quality of life and improving health, preventing outbreaks of waterborne diseases. To compare the results and prove the effectiveness of the filter, water samples were collected from the supply system, analysis and evaluation of potability standards before and after the implementation of the filter.

Keywords: Slow filtering, drinking water, sanitation, Quality of water.

INTRODUÇÃO

O Equador é o país que mais consome água potável por habitante/dia na região da América Latina (237 litros), um aumento de 40% em relação à média da região (169 l/hab/dia). No Equador as maiores bacias hidrográficas encontram-se na região amazônica (Massón, 2018; Osejos Vásquez et al., 2018).

A água potável é um elemento indispensável para definir o desenvolvimento das comunidades rurais, proporcionando também melhorias da qualidade de vida da população que tem acesso à mesma, diminuindo o risco de contrair doenças transmitidas pela água e a higiene (MAATE; Unicef, 2022). Outro aspecto levantado, é que dentre as melhorias do saneamento ambiental os sistemas de abastecimento de água são os que provocam o maior impacto na redução de doenças infecciosas provocadas por agentes patogênicos presentes na água (Organización Panamericana de la Salud, 2020; Ríos-Tobón; Agudelo-Cadavid; Gutiérrez-Builes, 2017). A água livre desses agentes, além de evitar a contaminação das pessoas, provoca inúmeros benefícios diretos à saúde, ajuda na preparação de alimentos, favorecendo uma nutrição saudável, possibilita a higiene corporal e a limpeza do ambiente e contribui ainda para a hidratação do organismo.

Nas épocas de chuva há uma grande mudança nas propriedades organolépticas da água, principalmente um aumento na turbidez, causado pelos sedimentos em suspensão no momento da captação (Paganini; Bocchiglieri; Pitombo, 2023; Silva, 2019). Como nessa região a captação de água vem desses mananciais, a simplicidade e o baixo custo do filtro proposto neste trabalho, visa melhorar a qualidade da água, diminuindo o risco da população de contrair

doenças relacionadas ao seu consumo melhorando significativamente a qualidade de vida da população.

Este artigo apresenta uma proposta inovadora para o tratamento de água em comunidades isoladas, focando no estudo de caso da comunidade indígena de Killuyacu Alto, no Equador. O objetivo principal é introduzir um filtro natural no tratamento da água pluvial, visando aprimorar a qualidade da água destinada ao consumo da população local. Atualmente, a água consumida na comunidade não passa por nenhum processo de tratamento, o que representa um risco para a saúde da população. A proposta deste estudo é implementar um filtro eficaz, com coletas de amostras antes e depois da aplicação, para analisar e comparar os padrões de potabilidade.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Libâno (2011), afirma que na potabilização das águas naturais, as tecnologias de tratamento apresentam basicamente três fases: clarificação, filtração e desinfecção. Para a maioria dos mananciais subterrâneos apenas a desinfecção faz-se necessária para adequação ao padrão de potabilidade. O tipo de tratamento a ser empregado depende da qualidade da água bruta. Os principais tratamentos se mostra na figura 1.

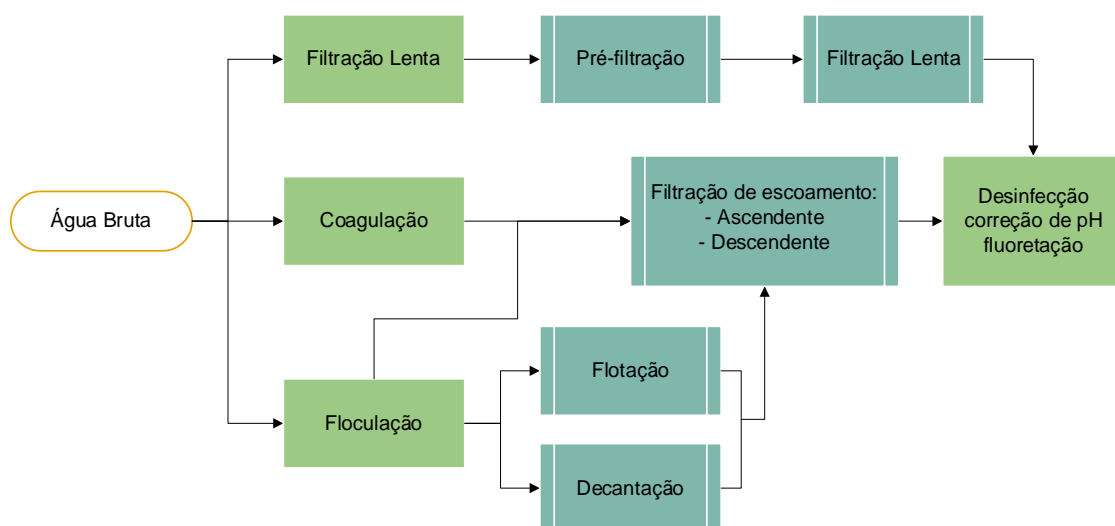


Figura 1: Tecnologias de tratamento de água

Fonte: Adaptado de (Libâno, 2011).

O tratamento da água tem como objetivo adequar a água bruta dentro dos parâmetros de potabilidade com os menores custos de implantação, manutenção e operação. A escolha da tecnologia mais adequada deve ser guiada pelos seguintes fatores: i) características da água bruta; ii) custos envolvidos; iii) manuseio e confiabilidade dos equipamentos; iv) flexibilidade operacional; v) localização geográfica e características da população.

Autores como Oliveira (2022) aborda o uso de um sistema de filtração com cloração em comunidades ribeirinhas, composto por três estágios: areia + brita, filtração com zeólitas e cloração. Em um estudo de laboratório, foi construído um filtro moldado com dois tanques de tremonhas de 7.000 litros, utilizando cascalho, areia e zeólitas. Os resultados indicam que a técnica de areia+cascalho melhora as características físicas e químicas da água. As zeólitas, especialmente a mordenita, mostraram eficiência na remoção de metais pesados. O tratamento com cloro ativo resultou em uma eficiência média de remoção de 87% para contaminantes microbiológicos.

Ferreira (2022) exploram o potencial das argilas verde e branca como meio filtrante no tratamento de água. Filtros de laboratório foram construídos com garrafas de Polietileno tereftalado (PET) de 500ml, compostos por camadas de argila, areia e ranchinha. Os resultados indicam que a argila branca apresentou maior permeabilidade que a argila verde. Filtros com mistura de argila e areia aceleraram a filtração. Protótipos com esferas foram mais eficazes, mas ainda apresentaram cor e turbidez na água.

Terin (2017) avaliou o desempenho de coagulantes naturais, adsorventes alternativos e filtros lentos domiciliares no tratamento de água com *Microcystis aeruginosa* e microcistina para comunidades isoladas. Filtros foram construídos com tubos de policloreto de vinila (PVC) conectados a uma caixa d'água possuindo camadas de pedregulho, areia e zeólitas. Coagulantes naturais, especialmente o extrato de *Opuntia chochenlilifera*, mostraram bom desempenho. Assim, os filtros em fluxo contínuo alcançaram resultados superiores na remoção de cor e turbidez, mantendo a concentração de

microcistina abaixo dos limites da Organização Mundial da Saúde (OMS).

O trabalho de Melo Neto (2022) aborda um sistema de captação e tratamento de águas pluviais em comunidades rurais, no qual o sistema incluiu filtros lentos domiciliares e desinfecção ultravioleta (UV). Os filtros foram compostos por camadas de areia, pedregulho, sendo o seu material de PVC. O sistema mostrou conformidade com os padrões físico-químicos da OMS, mas houve lixiviação do meio filtrante e interferência do meio externo.

Piencó (2023) avaliaram um filtro lento alternativo no tratamento de água de rio para atender comunidades rurais. O sistema de filtração lenta deste trabalho, foi composto por dois filtros lentos com meios filtrantes de resíduo da mineração de caulim, confeccionados por tubulações de PVC. A retrolavagem foi realizada através do bombeamento vertical, no qual a água entrava pela parte inferior transportando as impurezas para fora do filtro. O sistema demonstrou eficácia na remoção de turbidez, cor, sólidos suspensos e coliformes, sendo considerado uma opção viável e sustentável.

Estudo de Caso: apresentação do local

O filtro será instalado na comunidade Killuyacu, que está localizada na região amazônica do Equador e pertencente à etnia indígena Kichwa do alto Napo. O centro da comunidade localiza-se a uma altitude de 641,0 m, latitude: 1°00'42,60"S, longitude: 77°44'42,45"O, na província de Napo a 16,7 km da cidade de Tena. A temperatura média anual de 23.3 °C e o índice pluviométrico médio é 4330 mm, com umidade relativa do ar de 84%, o relevo da região é um planalto pouco ondulado e o acesso a comunidade é feito por uma estrada rural de pedra por 3,6 km, a atividade econômica é baseada na exploração madeireira, e na agricultura familiar, a comunidade possui 12 casas espalhadas ao longo da estrada principal, onde residem um total de 63 habitantes. A comunidade conta com o serviço de água encanada, porém sem nenhum tratamento de potabilização.

Dimensionamento do filtro final

Para o correto dimensionamento do filtro utilizamos os parâmetros descritos na norma Norma Equatoriana 10.7-602 (2014). de modo que para adequar o projeto à norma vigente, precisamos estimar o aumento da população para os próximos 20 anos e a partir da quantidade atual de moradores, utilizamos a equação 1.

$$Pf = Pa (1 + r)^n \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde: Pf : População futura (habitantes); Pa : População atual (habitantes); n : Horizonte de projeto (anos); r : Taxa de crescimento geométrico da população. Verificar se a vazão do sistema de filtragem atinge a vazão do projeto, foi realizado a medição da vazão no tanque reservatório pós-filtragem. A vazão do sistema de filtragem foi realizada pelo método direto, o qual consiste em medir o tempo (t) para que um determinado fluxo de água ocupe um recipiente com volume conhecido (V).

Escolha do sistema de tratamento de água implementado

Visando o baixo custo de implantação do sistema de tratamento de água, a disponibilidade de materiais na região e a facilidade de instalação e manutenção foi adotado um sistema de tratamento de água por filtragem lenta de fluxo ascendente, baseado no modelo de Filtro Lento de Água Modelo Imaruí criado pela Epagri (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2005) e adaptado a realidade da comunidade indígena.

O tratamento de água foi possível a partir da construção de um sistema de filtragem, o qual foi dividido em um tanque de pré-filtragem, dois tanques de filtragem e um tanque reservatório para estabilizar a pressão do sistema de abastecimento que pode ser visualizado na figura 2.

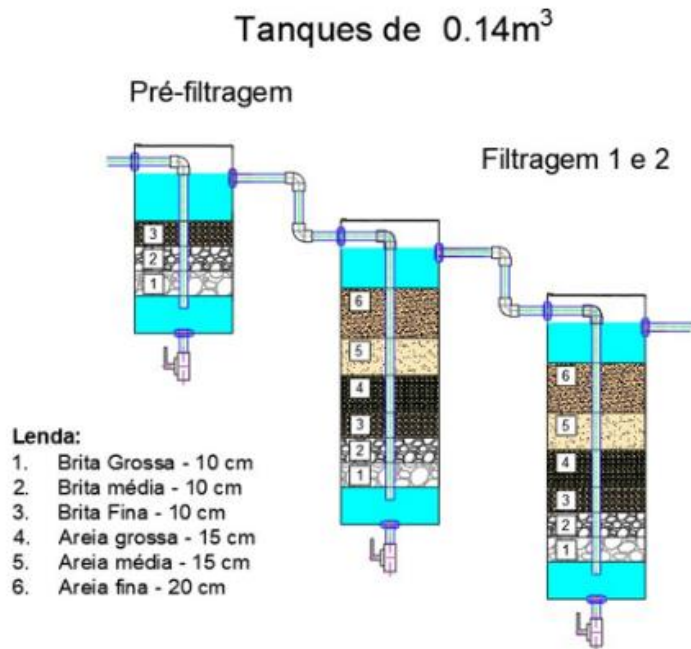


Figura 2: Esquema do Filtro

Fonte: Dos Autores

Para a construção do pré filtro e dos filtros utilizamos três bombonas de plastico de 200 litros e para o reservatório de estabilização da pressão utilizamos um reservatório de 1000 litros, foram construídas plataformas de concreto armado para a instalação dos reservatórios de modo que fosse possível utilizar a estrutura existente para a implementação do filtro pensando sempre no custo final do projeto como pode ser observado na Figura 3.

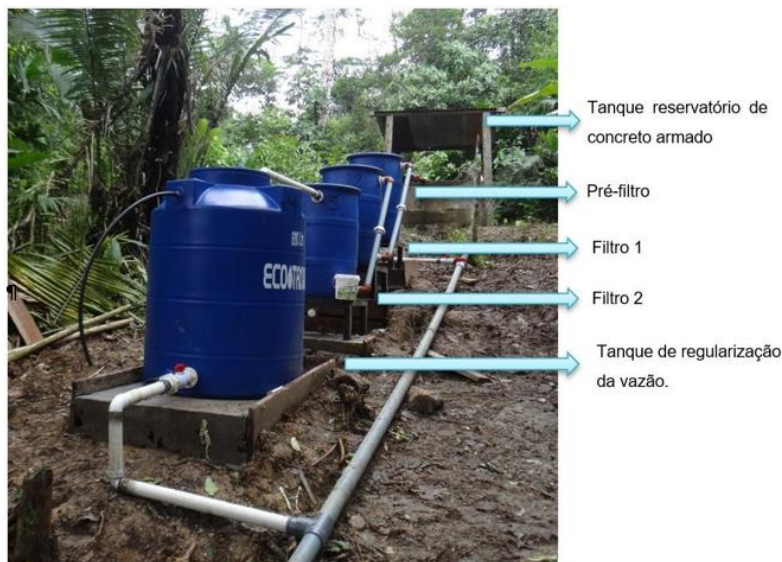


Figura 3: Esquema de instalação do sistema de filtragem

Fonte: Dos Autores

Foram feitos os suportes das bases internas dos filtros, onde foram depositados os materiais filtrantes com perfis quadrados de aço de 5 cm, com dimensões de 40x40 cm de largura por 30 cm de altura, a base de apoio do leito filtrante foi feita com um perfil de aço quadrado de 25 mm soldado a uma grelha de aço, para finalmente ser pintado com tinta anticorrosiva e assim proteger a estrutura e garantir uma maior durabilidade.

Em seguida foi realizada a perfuração nos tanques de água para colocação dos flanges e acessórios e logo após essa etapa, transportamos os materiais para o local onde o filtro foi instalado.

Ao chegar no local foi realizado o desmatamento, limpeza do terreno, construção das formas para concretagem e elaboração do gabarito da obra e vale ressaltar que todas essas etapas foram possíveis graças a ajuda dos membros da comunidade.

Foram construídas as fundações superficiais tipo “radier” onde foram colocados os reservatórios dos filtros, para o melhoramento do solo na base das fundações foram colocadas rochas, depois foi enchido com concreto magro, colocado a armadura da fundação e finalmente procedeu-se com a concretagem das lajes da fundação, após a construção das lajes onde foram instalados os filtros, realizamos a montagem dos mesmos.

Instalamos a entrada de água do filtro, com a colocação de uma tubulação de entrada de 38,1 mm de diâmetro, a qual foi perfurada em toda a sua superfície de maneira uniforme e depois fechada com um “cap” roscável para aumentar a perda de carga e diminuir a turbulência e por último colocamos base do leito filtrante no filtro.

Para a construção dos leitos filtrantes do pré filtro e dos dois filtros foram usados: pedras vulcânicas de diâmetro máximo 10 cm; Areia média; Areia grossa; Brita de 6,35mm (1/4”); Brita de 9,53mm (3/8”); Brita de 12,70mm (1/2”); Brita de 19,05mm (3/4”); Brita de 25,4mm (1”).

O próximo passo foi realizar a demarcação dos limites das camadas do leito filtrante do pré- filtro e dos filtros, em seguida foi realizado a lavagem dos materiais filtrantes, e para a separação das camadas filtrantes e foi colocada

uma tela geotêxtil de modo que a configuração final do leito filtrante do pré-filtro foi: 10 cm de pedra vulcânica; 15 cm de brita de 25,4mm (1”); 15 cm de brita de 19,05mm (3/4”), a configuração final do leito filtrante do filtro um foi: 10 cm de brita de 12,70mm (1/2”); 10 cm de brita de 9,53mm (3/8”); 10 cm de brita de 6,35mm (1/4”); 15 cm de areia grossa e a configuração final do leito filtrante do filtro dois foi: 10 cm de brita de 9,53mm (3/8”); 10 cm de brita de 6,35mm (1/4”); 15 cm de areia grossa; 15 de areia media.

Antes de iniciar a operação do sistema de filtragem, foi realizada uma limpeza completa no reservatório de concreto armado, Instalamos um *by-pass* antes do sistema de filtragem para que o operador ou pessoa encarregada possa realizar a manutenção e limpeza periódica. Assim pode-se oferecer o serviço da água à comunidade de forma ininterrupta.

Depois de tudo pronto iniciamos a operação do filtro a procura de vazamentos e percolações que pudessem haver sido produzidas na construção, fizemos à verificação da vazão no último ponto da rede de abastecimento e constatamos que a pressão estava adequada.

DISCUSSÃO E RESULTADOS

As amostras foram coletadas em duas fases, uma antes e outra após a implementação do sistema de filtragem lenta, dessa forma é possível analisar a qualidade da água que será disponibilizada à comunidade.

Foram colhidas amostras na pré-filtragem coletadas no reservatório do sistema de abastecimento e na pós filtragem coletadas após o sistema de filtragem lenta e encaminhadas para análises como mostrado nas Figura 4a e 4b.



Figura 4: Coletas de amostra Pré-filtragem (a) e Pós filtragem(b).
Fonte: Dos Autores

A norma equatoriana 10.7-602 (2014), estabelece os limites máximos permissíveis para os parâmetros físico-químicos e microbiológicos a serem avaliados neste trabalho de acordo com a Figura 5.

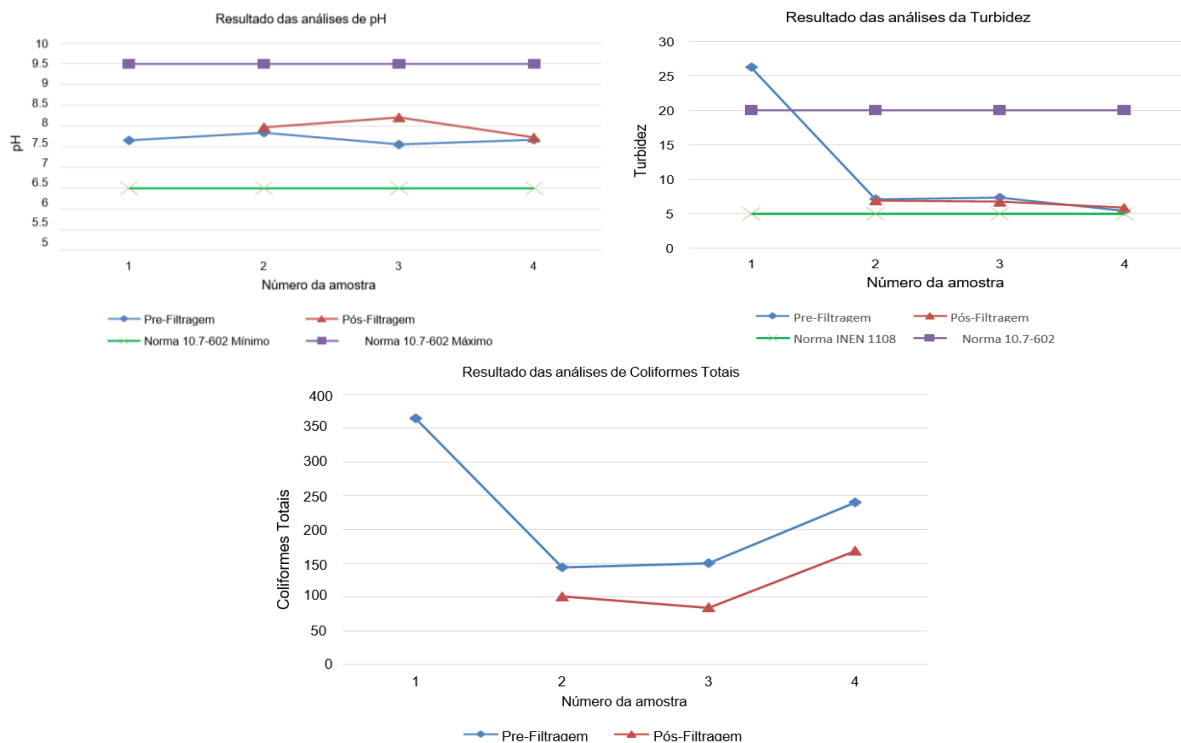


Figura 5: Resultados das amostras de acordo com a Norma

Vazão do sistema de filtragem

A vazão do sistema de filtragem foi estimada pelo método direto, onde foram realizadas 10 leituras, com volume de medição de 10 Litros e os resultados descritos na tabela 3 onde são apresentadas as leituras dos tempos e a vazão calculada.

Tabela 1. Cálculo da vazão na saída do sistema de filtragem

Leitura	Volumen (L)	Tempo (s)	Vazão (L/s)
1	10	28.26	0.35
2	10	29.63	0.34
3	10	28.18	0.35
4	10	28.39	0.35
5	10	28.09	0.36
6	10	28.25	0.35
7	10	28.11	0.36
8	10	28.16	0.36
9	10	27.89	0.36
10	10	28.82	0.35
Media		0.35	
Desvio Padrão		0.0061	

CONCLUSÃO

Desde o processo de construção até a implementação do projeto final foi possível observar o grande potencial da proposta deste trabalho. Além dos resultados de melhoria da água para a população da comunidade, conseguiu-se mostrar aquelas pessoas os benefícios para sua saúde. Mediante a construção do sistema de filtragem natural lento, tornou-se possível obter uma melhoria na qualidade da água principalmente na redução de 34,62% dos coliformes totais nas etapas de pós-filtragem e na redução da turbidez, desta forma cumprindo o objetivo estabelecido.

Conseguiu-se elaborar um modelo de filtragem de acordo com a região já que o local de estudo se encontra numa área de difícil acesso. A configuração e montagem foi realizada seguindo-se parâmetros de simplicidade e baixo custo que podem ser reproduzidas em locais semelhantes sem a necessidade de mão

de obra capacitada. O sistema de filtragem atingiu a vazão futura de projeto calculada, assim fornecendo água de maneira ininterrupta para a população.

Conclui-se que o projeto foi além do esperado, pois foi possível ensinar e capacitar à população da importância, educação e consciência do consumo da água tratada e como a água potável pode melhorar a qualidade de vida e a saúde. Além disso, a comunidade aprendeu desde o funcionamento, manutenção e proteção do projeto e sistema de abastecimento de forma periódica.

REFERENCIAS

FERREIRA, Myllena Kely Pereira. **Potencial uso das argilas verde e branca como meio filtrante no auxílio ao tratamento de água**. 2022. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - Paraíba, 2022.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3era. ed. Campinas - Sp: Átomo, 2011.

MAATE; UNICEF. **COSTOS ASOCIADOS A SERVICIOS INADECUADOS DE AGUA, SANEAMIENTO E HIGIENE EN EL ÁREA RURAL DEL ECUADOR**, 2022.

MASSÓN, Alejandra. **Los Andes: El Periódico Regional**, 2018. Informativo. Disponível em: <https://www.diariolosandes.com.ec/ecuador-el-pais-de-mayor-consumo-de-agua-en-la-region/> . .

MELO NETO, Murilo Guilherme De. **Sistema de captação e tratamento de águas pluviais para fins de consumo humano em comunidades rurais: filtração lenta em escala domiciliar e desinfecção por radiação ultravioleta**. 2022. Mestrado em Hidráulica e Saneamento - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-22112022-122836/>.

OLIVEIRA, Jonas De Souza. Tratamento de água com sistema de filtração com cloração nas comunidades Ribeirinhas / Water treatment with chlorination filtration systems in Ribeirinhas communities. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 6, p. 47974–47996, 2022.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. **Reseña técnica sobre el agua, el saneamiento, la higiene y la gestión de aguas residuales para prevenir las infecciones y reducir la propagación de la resistencia a los**

antimicrobianos. Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud, 2020. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/53020>.

OSEJOS VÁSQUEZ, Antonio *et al.* Análisis del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Jipijapa (Manabí - Ecuador) año 2015. **SATHIRI**, v. 13, n. 2, p. 152, 2018.

PAGANINI, Wanderley Da Silva; BOCCHIGLIERI, Miriam Moreira; PITOMBO, Leonardo Machado. **Saneamento para estudantes e profissionais de saúde pública.** São Paulo, SP.: Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública, 2023. Disponível em: <https://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/1004>.

PIANCÓ, Pedro Igor Rodrigues. **Avaliação de um filtro lento com meio filtrante alternativo no tratamento de água de rio.** 2023. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal - Paraíba, 2023.

RÍOS-TOBÓN, Sandra; AGUDELO-CADAVID, Ruth M.; GUTIÉRREZ-BUILES, Lina A. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. **Revista Facultad Nacional de Salud Pública**, v. 35, n. 2, p. 236–247, 2017.

SILVA, Ana Carina Matos. **ESTUDO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DAS PRINCIPAIS LAGOAS E FONTES URBANAS DE SALVADOR-BA COMO SUBSÍDIO ÀS NOVAS POLÍTICAS DE GESTÃO AMBIENTAL.** 2019. 181 f. Tede de Doutorado - UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, Salvador - BA, 2019.

TERIN, Ulisses Costa. **Desempenho de coagulantes naturais, adsorvente alternativo e filtros lentos domiciliares no tratamento de águas com *Microcystis aeruginosa* e microcistina: alternativas tecnológicas para comunidades isoladas.** 2017. Mestrado em Hidráulica e Saneamento - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-23112017-112217/>.

Manuscrito recebido em: 15 de Janeiro de 2024

Aprovado: 19 de Abril de 2024

Publicado: 22 de agosto de 2024