

XII-1083 - PERCEPÇÃO SOBRE A IMPLANTAÇÃO DE TECNOLOGIAS DESCENTRALIZADAS PARA TRATAMENTO DE ÁGUA A PARTIR DAS DEMANDAS EM ZONAS RURAIS BRASILEIRAS

Emanuel Júnior Silva Soares⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestrando em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (PPG-SHS/EESC/USP).

Bárbara Luíza Souza Freitas⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) e graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Anhembi Morumbi (UAM). Mestre e Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (PPG-SHS/EESC/USP). Pós-doutoranda do projeto "Low cost technologies for drinking water in Brazilian rural communities: household slow sand filters combined with ultraviolet LED disinfection" financiado pela Royal Society.

Natália de Melo Nasser Fava⁽³⁾

Bióloga pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Mestre e Doutora em Imunologia e Parasitologia Aplicadas pela Universidade Federal de Uberlândia. Pós-doutoranda do projeto "Low cost technologies for drinking water in Brazilian rural communities: household slow sand filters combined with ultraviolet LED disinfection" financiado pela Royal Society.

Lyda Patricia Sabogal Paz⁽⁴⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidad del Valle (UNIVALLE). Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (PPG-SHS/EESC/USP). Pós-doutorado no Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP, na Universidade de Cádiz (Espanha) e na University College London (Londres, Inglaterra). Professora Associada (Livre-docente) do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC/USP.

Endereço⁽¹⁾: Av. Trab. São Carlense, 400 - Parque Arnold Schimidt - São Carlos - SP, CEP: 13566-590 – Brasil – Tel: (83) 999730788 – e-mail: emanuel.junior.902@gmail.com

RESUMO

No Brasil, o gerenciamento dos serviços de saneamento se torna uma atividade complexa devido às dimensões continentais do país. Nesse contexto, as políticas públicas para acesso à água devem englobar tanto as zonas urbanas quanto as rurais, que na maioria das vezes, por critérios técnicos, econômicos e operacionais não são atendidas por Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), fazendo com que as populações de regiões isoladas busquem fontes alternativas para o acesso à água. O trabalho apresenta uma percepção sobre a implantação de tecnologias para tratamento de água em zonas rurais brasileiras, a considerar as demandas por água estabelecidas pelo "Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil" e a "Conjuntura dos Recursos Hídricos", de forma a identificar as regiões e Unidades Federativas (UF) prioritárias para implementação de políticas de acesso à água, bem como identificar tecnologias viáveis para o tratamento no ponto de uso. A partir dos gráficos em mapas gerados, foi possível observar que na região Nordeste 45% da demanda consultiva de água é destinada para o abastecimento rural, já as regiões Sudeste, Norte, Sul e Centro-Oeste fazem retiradas próximas a 22, 15, 14 e 5%, nessa ordem. Em termos absolutos, os estados da Bahia e Minas Gerais são os que destinam as maiores vazões de água para abastecimento rural, em torno de 4.000 L.s⁻¹. As distintas retiradas de água refletem na necessidade de promover a universalização do saneamento rural, que para além disso, está relacionada a fatores econômicos, sociais, governamentais, culturais, ambientais e demográficos. Por fim, foi possível indicar tecnologias existentes para a melhoria da qualidade da água em comunidades rurais, sendo o Filtro Lento Domiciliar (FLD) uma das alternativas mais viáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento. Usos Consuntivos. Água Potável. *Point-Of-Use*. Filtro Lento Domiciliar.

INTRODUÇÃO

O acesso à água potável é indispensável para que todos possam ter o pleno gozo da vida e requisito básico para o desenvolvimento de diversas atividades. Além de estar diretamente relacionado com a promoção de saúde e qualidade de vida, por contribuir com o aumento do tempo de vida da população atendida, diminuição de mortalidade, em especial a infantil, e do número de horas improdutivas por afastamento devido às doenças (BRASIL, 2019).

Nesta perspectiva, em 2015, os 193 países membros da Organização das Nações Unidas aprovaram os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sendo o ODS 6 o que visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, com a meta de alcançar o acesso à água potável e segura de forma equitativa até 2030.

No Brasil, o novo marco legal do saneamento, instituído pela Lei Federal nº 14.026 de 15 de julho de 2020, tem como meta universalizar o atendimento de 99% da população brasileira com água potável, além de inferir sobre a garantia de meios adequados para atendimento à população rural, considerando as características econômicas, sociais e culturais de cada região (BRASIL, 2020).

De acordo com último relatório do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), em 2017 apenas 71,4% dos domicílios rurais do Brasil eram atendidos pelo Sistema de Abastecimento de Água (SAA), e a meta para 2023 é que o atendimento seja para 77,3% das residências (MDR, 2019), o que expõe ainda cerca de 30 milhões de pessoas a riscos de acometimento por doenças de veiculação hídrica (ANA, 2021).

Por vezes, a implantação do SAA em zonas rurais pode ser inviabilizada por critérios técnicos, econômicos e operacionais (FERREIRA et al., 2021). Dessa forma, é imprescindível o desenvolvimento e implantação de tecnologias descentralizadas para o tratamento de água no ponto de uso (*Point-Of-Use* – POU). Essas baseiam-se em sistemas construídos a partir de métodos simples e de baixo custo, que podem ser instaladas na residência como forma de melhorar a qualidade da água a ser consumida (FREITAS, 2021; WU et al., 2021).

Como exemplo de tecnologia descentralizada tem-se o Filtro Lento Domiciliar (FLD), que se baseia na filtração lenta, mas projetado para atender uma unidade familiar. Nesses filtros, o tratamento da água acontece pela combinação de processos físicos, químicos e em especial os biológicos, uma vez que na camada inicial do leito filtrante desenvolve-se o *schmutzdecke* que reduz os espaços de vazios da areia contribuindo para a retenção de microrganismos e impurezas.

Dessa forma, o trabalho buscou apresentar uma percepção sobre a implantação de tecnologias descentralizadas para o tratamento de água em zonas rurais brasileiras, bem como identificar regiões e Unidades Federativas prioritárias a partir das demandas por água para o abastecimento humano rural. Em complemento, indicar alternativas de tratamento descentralizadas para essas zonas rurais.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida considerando os dados abertos fornecidos pelo governo federal sobre os usos múltiplos da água no Brasil, sendo os documentos base o “Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil” e a “Conjuntura dos Recursos Hídricos”, ambos desenvolvidos pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2019; ANA, 2021).

A partir dos dados contidos nos documentos em questão, foram analisadas graficamente as demandas para abastecimento humano em zonas rurais, para agrupar os dados referentes às vazões de retirada por região (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste) e por Unidade Federativa – UF. Os gráficos foram gerados com auxílio da ferramenta Mapas com busca em plataforma Bing vinculada ao Excel®.

Com base nisso, foram indicadas as regiões e os estados com maiores necessidades de implantação de tecnologias descentralizadas para tratamento de água, considerando as maiores retiradas em termos percentuais (%) para as regiões e absolutos ($L.s^{-1}$) para os estados. Para além, se fez uma análise de fatores que interferem na implementação de tecnologias para abastecimento nas regiões rurais brasileiras. Por fim, se indicaram exemplos de tecnologias descentralizadas para o tratamento de água com enfoque na filtração lenta domiciliar como alternativa POU para implantação em zonas rurais brasileiras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise da retirada de água e fatores intervenientes para o abastecimento rural no Brasil

A região Nordeste detém o maior percentual de retirada de água para o abastecimento rural (Figura 1A), sendo este de 45%, devido à escassez contínua de água na região do semiárido (ANA, 2019). Enquanto as regiões Sudeste, Norte, Sul e Centro-Oeste ficam com retiradas próximas a 22, 15, 14 e 5%, respectivamente.

Em termos absolutos (Figura 1B), Bahia e Minas Gerais são os estados que retiram as maiores vazões de água para abastecimento rural, em torno de 4.000 L.s⁻¹, seguido pelos estados do Pará, Maranhão e Ceará com retiradas aproximadas de 2.500 L.s⁻¹.

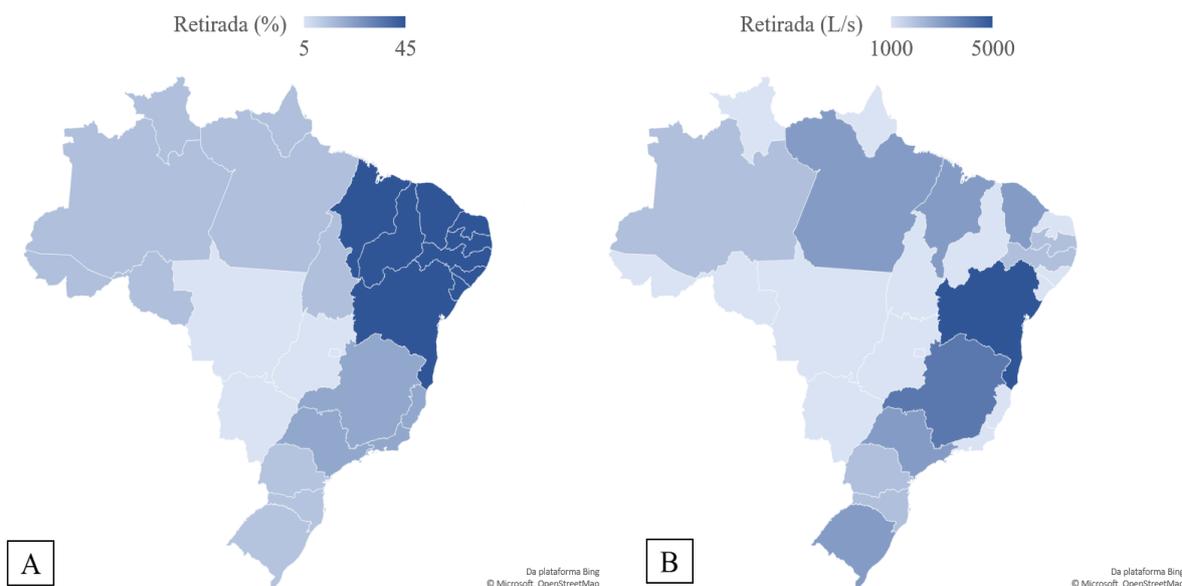


Figura 4: Retirada de água para abastecimento humano em zona rural por região (em percentual) (A) e por Unidade Federativa – UF (em L.s⁻¹) (B)

Com base nos gráficos em mapas gerados, nota-se que o Brasil apresenta uma distribuição heterogênea da retirada de água para abastecimento humano em zonas rurais, isso pode ser devido à dimensão continental do país, além de fatores como extensão territorial das UFs e densidade demográfica.

A região Nordeste pode ser alvo inicial para o fomento de implantação de tecnologias descentralizadas para o tratamento de água, uma vez que também detém elevado quantitativo de pessoas residentes em zonas rurais. De forma específica, pode-se destacar os estados da Bahia, do Ceará e do Maranhão, os quais realizam as maiores retiradas de água para abastecimento humano rural na região em questão.

Estados de outras regiões, a exemplo do Pará, Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul, também realizam consideráveis retiradas de água, o implica na necessidade de implementação de políticas públicas para acesso à água potável não só no Nordeste, mas também a nível nacional.

Para além dos dados sobre demandas destinadas ao abastecimento rural é importante ressaltar que o fornecimento de água potável nessas comunidades também está relacionado a fatores econômicos, sociais, governamentais, culturais, ambientais e demográficos. De forma que a falta de integração entre esses reflete diretamente na efetividade da implementação de tecnologias.

A Tabela 1 sintetiza os principais pontos no que se refere a fatores que dificultam o abastecimento de água potável em comunidades rurais brasileiras, considerando uma interpretação do estudo de “Gestão Comunitária da Água: soluções e dificuldades do saneamento rural no Brasil”, realizado pelo Instituto de Pesquisa Aplicada (BRASIL, 2020) e o “Programa Nacional de Saneamento Rural” desenvolvido pela Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (BRASIL, 2019).

Tabela 1: Fatores que dificultam a implantação de tecnologias para o abastecimento rural no Brasil

Fatores	Dificuldade enfrentada
Econômico	<ul style="list-style-type: none"> • Alto custo de implantação de sistemas convencionais; • O saneamento rural não configura um mercado; • Ideia de que o serviço não é lucrativo; • Custos de operação e manutenção das tecnologias.
Social	<ul style="list-style-type: none"> • Deficiência de líderes sociais para organização das comunidades; • Não reconhecimento da importância do acesso à água potável; • Falta de cuidado com operação e manutenção; • Acessibilidade financeira à tecnologia proposta.
Governamental	<ul style="list-style-type: none"> • Dependência do sistema público; • Órgãos públicos endividados; • Dificuldade de investimentos; • Falta de gerenciamento; • Escassez de dados sobre demandas e sistema de saneamento do país.
Cultural	<ul style="list-style-type: none"> • Modo de vida da família/comunidade; • Não adesão à tecnologia; • Baixa expressividade da cultura local; • Infraestrutura física da tecnologia pode não ser compatível com as diversas comunidades existentes.
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Acesso às fontes perenes para a captação de água, em especial no semiárido brasileiro; • Influência dos biomas e como a população utiliza os recursos; • Oscilação da quantidade e qualidade da água bruta nas diversas regiões do país; • Relevo local; • Profundidade do lençol freático; • Tipos de solo e vegetação.
Demográfico	<ul style="list-style-type: none"> • Distribuição das residências na região; • Porte populacional; • Densidade demográfica.

Para a realidade brasileira, o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) pode ser uma conduta inicial para concentrar as ações em prol do saneamento rural. De forma que o desenvolvimento dos projetos voltados para o saneamento rural contribua na (i) preservação das águas, (ii) acesso da população de baixa renda ao saneamento básico; (iii) modernização e racionalização da gestão e (iv) redução dos custos e equilíbrio econômico-financeiro dos serviços.

No tocante ao abastecimento de água, o PNSR apresenta diretrizes de suma importância, como priorizar a implementação de tecnologias de maior aceitabilidade e fácil manejo pela população local, e de forma estratégica, garantir que os serviços de abastecimento contemplem as necessidades das mulheres, de forma a considerar sua aceitação e autonomia para operar o sistema.

Com isso, se nota que o estabelecimento de uma política nacional bem como a efetivação e continuidade de ações para a promoção do saneamento rural é de suma importância para que se atinja a universalização do acesso à água potável e segura para todos os brasileiros. É imprescindível a capacitação de atores locais, envolvimento social, facilitação de projetos e desembolso de recursos para a construção de tecnologias (BRASIL, 2020).

Tecnologias descentralizadas para tratamento de água em zonas rurais

No que se refere à indicação de tecnologias para implementação em zonas rurais, é importante ressaltar que a seleção do sistema de tratamento deve considerar diversos aspectos como a qualidade da água a ser tratada, viabilidade técnica, econômica e ambiental, além de critérios de aceitação da tecnologia por parte dos usuários, a considerar as particularidades culturais como citadas anteriormente (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

A literatura retrata diversos sistemas POU baseados em operações unitárias, tais como a coagulação, floculação, filtração e desinfecção. A adequação desses processos, bem como a combinação deles, resulta em tecnologias como a Solução Alternativa de Tratamento de Água com Zeólita (SALTA-z), os sistemas de cloração desenvolvidos pela (FUNASA) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o projeto *Solar Water Disinfection* (SODIS) e os Filtros Lentos Domiciliares - FLD (FERREIRA, 2021; EAWAG, 2002; LEE, 1991).

A Tecnologia SALTA-z, desenvolvida pela FUNASA, é destinada com caráter de Solução Alternativa Coletiva (SAC), tendo a capacidade de atender pequenas comunidades como moradores da zona rural, pequenas comunidades ribeirinhas, escola da zona rural e comunidades indígenas. Tal tecnologia detém de processos simplificados para promover a clarificação, filtração e desinfecção de águas superficiais e subterrâneas (BRASIL, 2017).

Os cloradores projetados pela FUNASA e Embrapa são dispositivos de caráter unifamiliar que podem ser construídos com materiais hidráulicos de fácil acesso e baixo custo, além disso, a montagem pode ser realizada pelo próprio usuário e seus funcionamentos dispensam a utilização de energia elétrica. Geralmente, os cloradores são instalados na tomada de água da residência e os agentes utilizados na desinfecção podem ser o hipoclorito de cálcio ou hipoclorito de sódio, a depender da concepção do sistema.

O projeto SODIS foi lançado pelo *Swiss Federal Institute Of Aquatic Science And Technology* (EAWAG), com o objetivo de produzir água potável, em nível doméstico de forma ecológica e de baixo custo; a ser aplicado para populações vulneráveis com acesso restrito à água. A tecnologia SODIS utiliza a energia solar para promover a degradação de microrganismos patogênicos presentes na água que são sensíveis aos efeitos da radiação no espectro UV-A (320-400 nm) e elevação da temperatura (EAWAG, 2002).

Dentre as tecnologias citadas, os FLD são datados de 1991, desenvolvidos por um grupo de pesquisa da Universidade de Calgary, Alberta – Canadá, liderado pelo professor Dr. David Manz (LEE, 1991). Seu mecanismo de funcionamento baseia-se no de filtração lenta convencional, porém pensada de forma que os processos de construção, operação e manutenção fossem simplificados para que os usuários não encontrassem dificuldades durante a utilização (FREITAS, 2021).

A concepção inicial do FLD utilizou concreto na construção do corpo do filtro e tubulação de saída em plástico, porém, estudos recentes têm otimizado os filtros lentos ao incorporar componentes plásticos de fácil acesso, como tubos e conexões comerciais (Figura 2). Além de adequações no regime de funcionamento, seja ele contínuo ou intermitente, e a incorporação de unidades de pré (coagulação, filtração em manta) e pós-tratamento (desinfecção) como forma de obter um sistema de múltiplas barreiras (TERIN et al. 2021; FREITAS et al., 2022).

Os FLDs estão consolidados no mundo, e possuem adaptações que podem torná-los praticáveis no Brasil. Freitas et al. (2022) realizaram uma revisão crítica desses filtros para tratamento de água e concluíram que é uma tecnologia de baixo custo considerada viável para o tratamento de água como forma de redução de parâmetros como turbidez, metais e patógenos.

Ao avaliarem a viabilidade de tecnologias descentralizadas, Sobsey et al. (2008) consideraram os FLDs como sendo o sistema mais sustentável quando comparado com opções de tratamento como a coagulação, cloração, filtros de cerâmica e o SODIS. Isso porque os FLDs exigem baixo investimento para aquisição dos materiais e montagem, além de produzir água em quantidade e qualidade adequada em curto período de tempo.

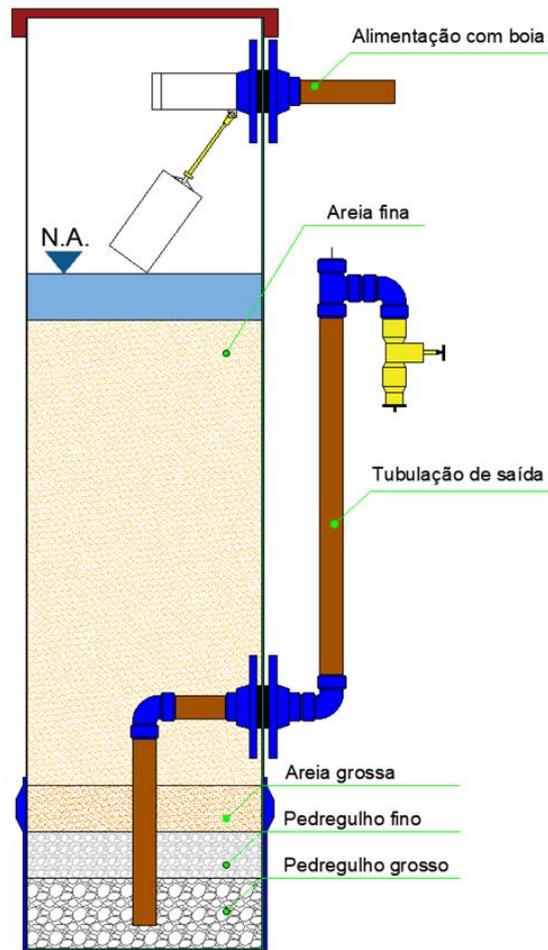


Figura 10: Representação do FLD de escoamento contínuo e especificação dos componentes

Desde os primeiros protótipos desenvolvidos, os FLDs passaram por uma série de otimizações que os tornaram viáveis para serem implementados em domicílios rurais. Por sua simples concepção, esses podem ser construídos com materiais disponíveis localmente, sem a necessidade de equipamentos sofisticados e mão de obra qualificada (MACIEL; SABOGAL-PAZ, 2020). Além de apresentar bom funcionamento a longo prazo, estabilidade dos componentes, simples processo de operação, manutenção e dispensa de produtos químicos; o que não adiciona riscos à manipulação por parte do usuário.

Ao considerar a fonte de água a ser tratada, a literatura retrata a aplicação dos FLDs para águas superficiais como a dos rios, lagos e da chuva; bem como para águas subterrâneas profundas ou rasas (FREITAS, 2021; ROMERO, 2020). Para a realidade brasileira essa versatilidade da tecnologia confere um destaque visto que nas comunidades rurais existem diversas fontes para captação de água.

De forma geral, os FLDs estão sendo aceitos de forma satisfatória nos países em que foram aplicados. A sua distribuição e acompanhamento são fomentados e geridos por órgãos não governamentais consolidados como o *Centre for Affordable Water and Sanitation Technology* (CAWST), que já beneficiou mais de cinco milhões de pessoas em sessenta e nove países de baixa e média renda (CAWST, 2012).

CONCLUSÕES

Com base nos levantamentos realizados, o Brasil possui heterogênea retirada de água com finalidade de abastecimento rural, isso se deve às dimensões do país e características de cada região, de forma que o Nordeste, Sudeste e Norte apresentam os maiores percentuais de retiradas, e em específico, a Bahia, Minas Gerais, Pará, Maranhão e Ceará são as UF's que realizam as maiores retiradas em termos absolutos; sendo estas indicadas como prioritárias para a implantação de tecnologias que visem a obtenção de água potável e segura para consumo. Nesse contexto, foi possível relacionar fatores que interferem na implantação e efetividade de tecnologias que promovam o acesso e gestão comunitária da água em zonas rurais. Por fim, se confirma pela literatura a existência de tecnologias descentralizadas que podem contribuir para melhoria da qualidade da água em zonas rurais, a exemplo dos Filtros Lentos Domiciliares, um sistema com eficiência comprovada e amplamente utilizado no mundo.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Royal Society (ICA\R1\201373 - International Collaboration Awards 2020) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-Brasil, processo nº 308070/2021-6) A Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior Pessoal de Educação (CAPES-PROEX - Brasil, Código Financeiro 001) outorgou uma bolsa de mestrado a Emanuel Júnior Silva Soares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: ciclo 2021-2024. Brasília: ANA, 2021.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil. Brasília: ANA, 2019.
3. BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Gestão Comunitária a Água: soluções e dificuldades do saneamento rural no Brasil. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2020.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento 5.ed. Brasília: Funasa, 2019.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual da solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano em pequenas comunidades utilizando filtro e dosador desenvolvidos pela Funasa. Brasília: Funasa, 2017.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Saneamento Rural. Brasília: Funasa, 2019.
7. BRASIL. SECRETARIA-GERAL. Lei Federal nº 14.026 de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984. Diário Oficial da União, Brasília, 2020.
8. CENTRE FOR AFFORDABLE WATER AND SANITATION TECHNOLOGY (CAWST). Biosand Filter Construction Manual. Canadá: CAWST, v.10, 2012.
9. FERREIRA, W. B.; SANTOS, W. B.; SILVA, G. A. B.; SOARES, E. J. S.; PEREIRA, M. L. F. Desinfecção de água de chuva em comunidades difusas no semiárido brasileiro. In: COSTA, F. X.; MENDONÇA, A. M. G. D.; FERREIRA, W. B.; MEDEIROS, S. S. (Org.). Alternativas de disponibilidade e uso dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável do semiárido. 1. ed. Campina Grande: Eduepb, 2021, p. 69-107.
10. DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água. São Carlos: Ed. LDiBe. v.2, 2008.
11. FREITAS, B. L. S. Filtros lentos domiciliares com operação contínua como alternativa para sistemas de tratamento de águas superficiais em comunidades isoladas: uma avaliação comparativa para redução do leito filtrante. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.
12. FREITAS, B. L. S.; TERIN, U. C.; FAVA, N. M. N.; MACIEL, P. M. F.; GARCIA, L. A. T.; MEDEIROS, R. C.; OLIVEIRA, M.; FERNANDEZ-IBÁÑEZ, P.; BYRNE, J. A.; SABOGAL PAZ, L. P. A critical overview of household slow sand filters for water treatment. Water Research. v. 208, n. 1, p. 1-11, 2022.
13. LEE, D. Development of a prototype of an individual slow sand filter for intermittent use in the Philippines. Department of Civil Engineering, University of Calgary, 1991.

14. MACIEL, P. M. F.; SABOGAL-PAZ, L. P. Household slow sand filters with and without water level control: continuous and intermittent flow efficiencies. *Environmental Technology*, v. 41, n. 20, p. 944-958, 2020.
15. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO (SNS). Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab). Brasília: MDR, 2019.
16. ROMERO, D. A. D. Filtro biosand como método de tratamento de água no ponto de uso para consumo a nível familiar em zonas rurais: influência da turbidez. Dissertação (mestrado) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas e Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.
17. SOBSEY, M. D.; STAUBER, C. E.; CASANOVA, L. M.; BROWN, J. M.; ELLIOTT, M. A. Point of use household drinking water filtration: A practical, effective solution for providing sustained access to safe drinking water in the developing world. *Environ Sci. Technol*, v. 42, n.12, p. 4261-4267, 2008.
18. TERIN, U. C.; FREITAS, B. L. S.; FAVA, N. de M. N.; SABOGAL-PAZ, L. P. Evaluation of a multi-barrier household system as an alternative to surface water treatment with microbiological risks. *Environmental Technology*. p. 1-13, 2021.
19. SWISS FEDERAL INSTITUTE OF AQUATIC SCIENCE AND TECHNOLOGY (EAWAG). Desinfecção solar da água: guia de aplicações do SODIS. Gallen: SANDEC, 2002.
20. WU, J.; CAO, M.; TONG, D.; FINKELSTEIN, Z.; HOEK, E. M. V. A critical review of point-of-use drinking water treatment in the United States. *Clean Water*, v. 40, p. 1-25, 2021.