

I-1161 - REMOÇÃO DE ESPOROS DE BACTÉRIAS AERÓBIAS PELA SOLUÇÃO ALTERNATIVA COLETIVA DE TRATAMENTO DE ÁGUA (SALTA-z) NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE UM RESERVATÓRIO SUPERFICIAL DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Whelton Brito dos Santos⁽¹⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutor em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais pela UFCG.

Emanuel Júnior Silva Soares⁽²⁾

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

Robson José de Araújo Oliveira⁽³⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Aluno participante do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

Weruska Brasileiro Ferreira⁽⁴⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutora em Engenharia Química pela UFCG. Professora efetiva do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (DESA/UEPB).

Vera Lúcia Antunes de Lima⁽⁵⁾

Engenheira Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestre em Engenharia Civil pela UFPB. Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Professora Titular da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UAEA/UFCG).

Endereço⁽¹⁾: Rua Pedro Feitosa Nevez, 465 – Bela Vista – Campina Grande - PB - CEP: 58428-757 - Brasil - Tel: (83) 9 9654-6425 - e-mail: wheltonbrt@gmail.com

RESUMO

A solução alternativa coletiva de tratamento de água (SALTA-z) é composta por técnicas convencionais de tratamento de água, reunidas em uma estrutura simplificada, que tem como finalidade o fornecimento de água segura para a população. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da SALTA-z na remoção de esporos de bactérias aeróbias (EBA) e turbidez. Para isso, foram utilizadas águas do reservatório Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão, Paraíba, no semiárido brasileiro. O foram realizados dois tipos de operação: Operação I com configuração completa da SALTA-z (coagulação, floculação, decantação, desinfecção e filtração) e a Operação II isenta do processo de desinfecção. As amostras de água bruta, decantada, filtrada e tratada de ambas as operações foram caracterizadas em termos de EBA e turbidez. Após análises, foi constatado que a turbidez da água tratada e filtrada atingiu os valores preconizados pelo Anexo XX da PCR nº 5/2017, contudo, o sistema de tratamento utilizado não atingiu os valores de referência para a remoção de EBA (2,5 log). Por seu turno, a remoção de EBA foi superior à de turbidez na clarificação (coagulação/ floculação/ sedimentação) e a filtração é a etapa que garante maior eficiência na remoção desses parâmetros. Não foi observada diferença de remoção/inativação de EBA entre as Operações I e II, mesmo quando se aplica o agente desinfetante anterior a filtração.

PALAVRAS-CHAVE: Esporos de Bactérias Aeróbias, Turbidez, SALTA-z, Filtração, SAC.

INTRODUÇÃO

O relatório de avaliação anual do Plano Nacional de Saneamento Básico apontou que em 2019 apenas 71,3% das residências rurais contavam com serviços de abastecimento de água e a estimativa para 2033 é que este número seja 87,1% (MDR, 2021).

Ainda que o tratamento a nível domiciliar seja uma opção para a obtenção de água segura, a aplicação de tecnologias ainda ocorre de maneira incipiente (TERIN et al., 2021; FREITAS et al., 2021). Por seu turno, Machado et al. (2021) apontam que a distância entre as casas dificulta a instalação de sistemas convencionais

de tratamento e distribuição. Dessa forma, o desenvolvimento e implantação de soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano são de suma importância.

A solução alternativa coletiva de tratamento de água (SALTA-z), uma solução alternativa coletiva de abastecimento de água (SAC), surge como alternativa para minimizar os efeitos da desigualdade ao acesso a água e aos serviços de saneamento por brasileiros residentes em áreas rurais e/ou em territórios tradicionais. Essa SAC foi desenvolvida pela Superintendência Estadual da Fundação Nacional da saúde do Pará (MACHADO et al., 2021).

A SALTA-z reúne, em uma estrutura simplificada, técnicas convencionais de tratamento de água: coagulação, floculação, sedimentação, desinfecção e filtração, nesta ordem, com objetivo de fornecer água segura para os usuários atendidos por ela. No entanto, esse sistema demanda estudos relacionados a sua pertinência e capacidade de desempenho (MACHADO et al., 2021).

O monitoramento de protozoários torna-se um impeditivo para transferência tecnológica de soluções alternativas, visto que as análises são dificultosas e de alto custo, ademais há empecilhos analíticos para a detecção desses em amostras com concentrações ínfimas (OLIVEIRA; BASTOS; SILVA, 2018; ANDREOLI; SABOGAL-PAZ, 2017). Embora a turbidez seja um parâmetro de avaliação da eficiência do tratamento, por sua variabilidade ao longo das operações, há discordância sobre a segurança na remoção de protozoários (BASTOS; VIANA; BEVILACQUA, 2013).

Por isso, indicadores alternativos vêm sendo estudados, dentre eles tem-se os esporos de bactérias aeróbias (EBA). A partir disso, atual portaria de potabilidade brasileira, Anexo XX da Portaria de consolidação nº 5/2017 (PRC Nº5/2017), alterada pela Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021a) e pela Portaria GM/MS Nº 2.472/2021 (BRASIL, 2021b), assume a necessidade do monitoramento de EBA em SAC como indicador indireto da remoção de protozoários.

OBJETIVO

Avaliar o desempenho da SALTA-z, utilizando as águas de um reservatório superficial do semiárido brasileiro, em termos de remoção esporos de bactérias aeróbias e turbidez, visando o fornecimento de água seguro para o consumo humano.

METODOLOGIA UTILIZADA

A água empregada no estudo foi proveniente do reservatório Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão, Paraíba, no semiárido brasileiro, onde seus usos principais são o abastecimento humano e a irrigação. Para a execução dos experimentos, a água foi retirada do manancial e encaminhada para a SALTA-z por meio de carro-pipa.

A Figura 1 ilustra o a SALTA-z e seu funcionamento ocorreu da seguinte forma: (a) tomada de água previamente armazenada em um reservatório de água bruta com capacidade de 10 m³; (b) introdução da solução coagulante pela tubulação de recalque; (c) floculação pela mistura hidráulica que ocorre entre a tubulação de recalque e o tanque de (d) decantação (e) dosagem do agente desinfetante, hipoclorito de cálcio, (f) filtração em unidade composta por uma camada suporte de 0,3 m de areia grossa e 1,0m de zeólita clinoptilolita, com taxa de aplicação de taxa de filtração de 360 m³/m².dia (Figura 1b).

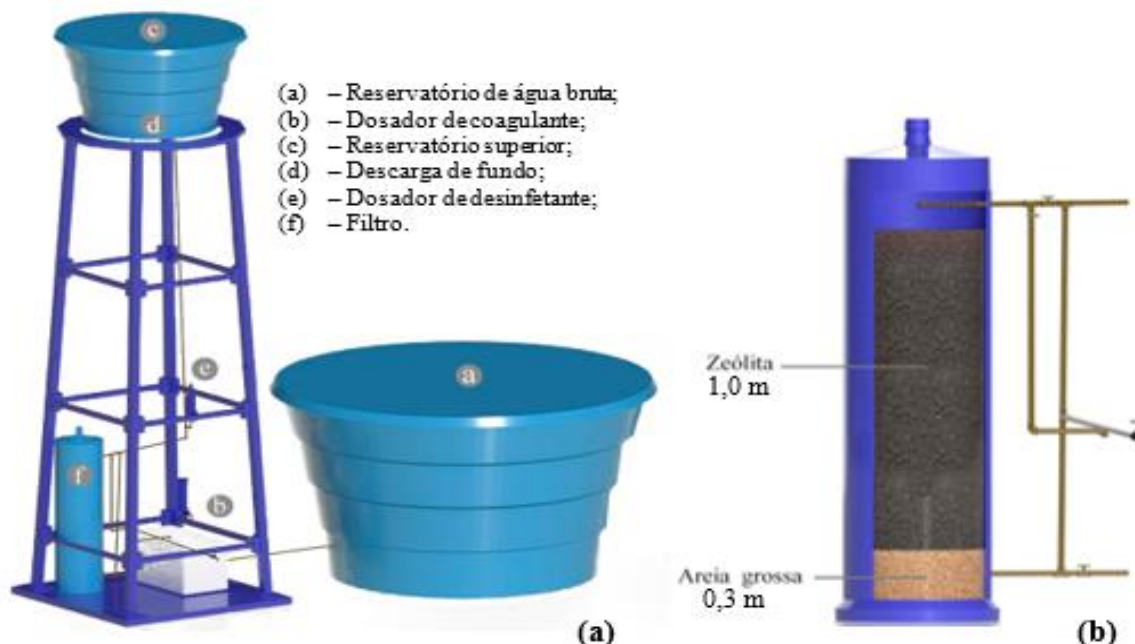


Figura 1: Esquemática do funcionamento da SALTA-z (a) e detalhamento da unidade filtrante utilizada (b).

A operação do sistema foi realizada de duas formas distintas: (i) Operação I: configuração completa da SALTA-z (coagulação/ floculação/ decantação/ desinfecção/ filtração); e Operação II: tratamento isento da etapa de desinfecção. As características de cada tipo de operação estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição das operações da SALTA-z.

ETAPA	OPERAÇÃO I	OPERAÇÃO II
Coagulação	Coagulante: Sulfato de alumínio; Dosagem: 45mg/L (definido em ensaios preliminares)	Coagulante: Sulfato de alumínio; Dosagem: 45mg/L (definido em ensaios preliminares)
Floculação	Realizada até que o reservatório superior estivesse totalmente preenchido	Realizada até que o reservatório superior estivesse totalmente preenchido
Decantação	30min de sedimentação	30min de sedimentação
Desinfecção	Desinfetante: 200g de hipoclorito de cálcio, mantendo o registro do dosador de cloro totalmente aberto	-
Filtração	A unidade composta por um leito filtrante com 30cm de camada suporte de areia grossa e 1,0m de zeólita	A unidade composta por um leito filtrante com 30cm de camada suporte de areia grossa e 1,0m de zeólita

O sistema, para cada operação, foi monitorado durante 90min com coletas da água bruta, decantada e filtrada a cada 30min. As amostras foram caracterizadas em termos de turbidez e EBA. Todas as determinações analíticas foram realizadas de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2012).

RESULTADOS OBTIDOS

A água bruta apresentou turbidez de 2,2 uT e 2.100 UFC/100 ml de EBA. A Figura 2 apresenta os resultados do monitoramento de turbidez e EBA nos diferentes tipos de operação da SALTA-z. Em relação a turbidez

(Figura 2a), os valores variaram entre 1,1-1,7 uT na água decantada e 0,3-0,6 uT na água tratada para a Operação I e entre 1,1-1,2 uT na água decantada e 0,3-0,4 uT na água filtrada para a Operação II.

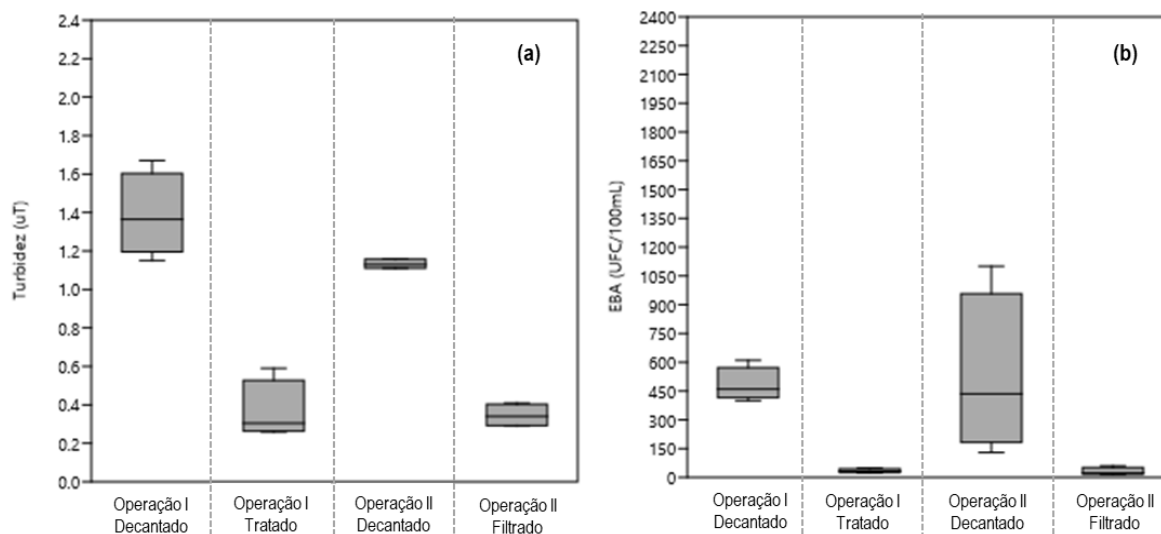


Figura 2: Resultados do monitoramento de turbidez (a) EBA (b) nos diferentes tipos de operação da SALTA-z.

O monitoramento de EBA (Figura 2b) na Operação I atingiu valores entre 400 e 610 UFC/100mL na água decantada e 24 e 49 UFC/100mL na água tratada e valores entre 130 e 1100 UFC/100mL na água decantada e 16 e 60 UFC/100mL na água filtrada, na Operação II.

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam a variabilidade da remoção (log) de turbidez e EBA, nas Operações I e II, nas diferentes etapas do tratamento da SALTA-z.

A remoção de turbidez na decantação (Figura 3), em ambas as operações, oscilou entre 0,1 e 0,3 log, e 0,5 a 0,7 log na Operação I e 0,3 e 1,2 log na Operação II para EBA.

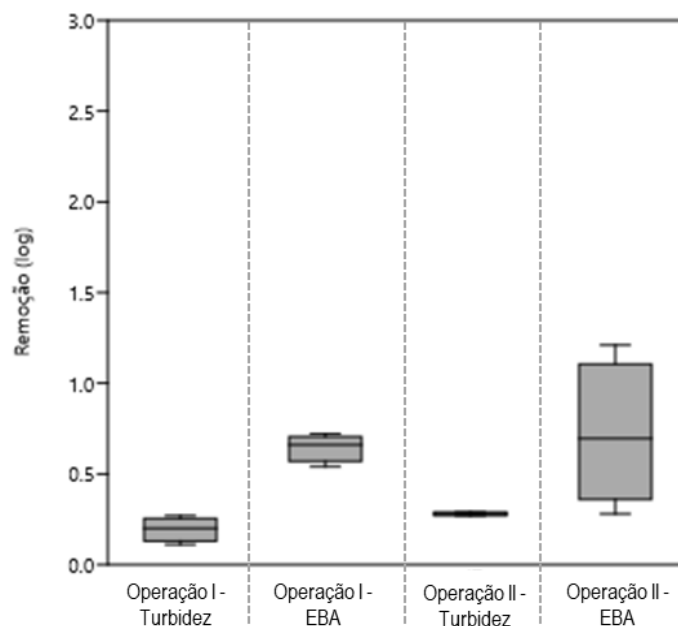


Figura 3: Variabilidade dos dados de remoção de turbidez e EBA na etapa de clarificação, nas Operações I e II da SALTA-z.

Conforme apresentado na Figura 4, nas etapas de desinfecção + filtração para a Operação I verificou-se variação entre 0,4-0,6 log para a turbidez e de 0,9-1,3 log para EBA e na Operação II, a qual foi dispensado a desinfecção, ocorrendo apenas a filtração, 0,4-0,6 log de turbidez e 0,9-1,3 log de EBA.

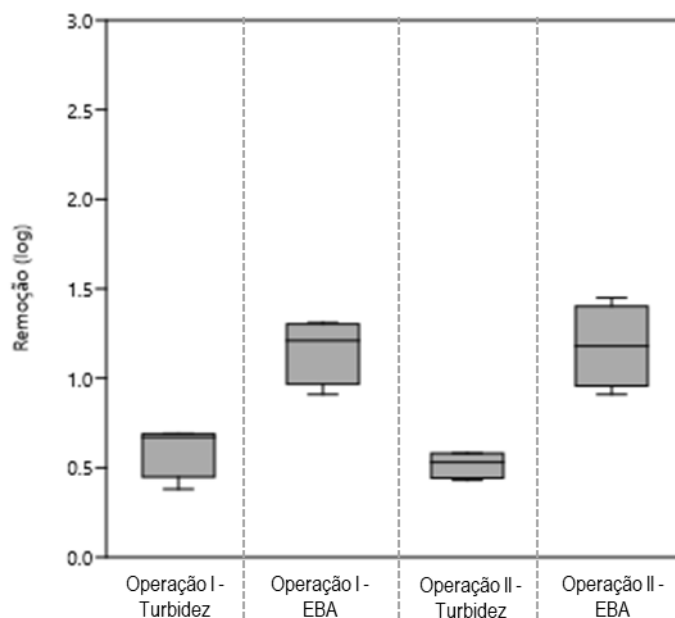


Figura 4: Variabilidade dos dados de remoção de turbidez e EBA nas etapas de desinfecção + filtração para a Operação I e filtração para a Operação II da SALTA-z

Por seu turno, quando verificado as remoções no tratamento completo nas Operação I (coagulação/ floculação/ sedimentação/ desinfecção/ filtração) e na Operação II (coagulação/ floculação/ sedimentação/ filtração) (Figura 5) da SALTA-z, obtém-se, respectivamente, valores entre 0,6-0,9 log e 0,7-0,9 log de turbidez e 1,6-1,9 log e 1,5-2,1 log de EBA.

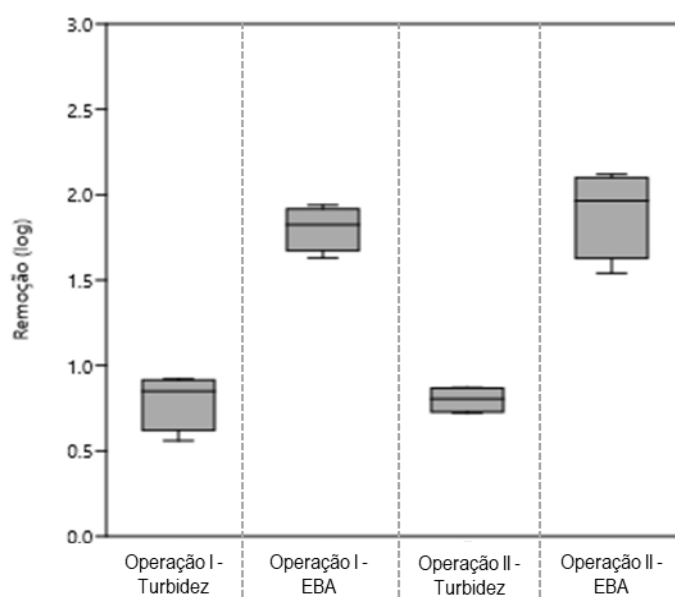


Figura 5: Variabilidade dos dados de remoção de turbidez e EBA na Operação I (coagulação/ floculação/ sedimentação/ desinfecção/ filtração) e na Operação II (coagulação/ floculação/ sedimentação/ filtração) da SALTA-z.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A turbidez na água tratada, em ambas as operações, atingiu valores inferiores a 0,5 uT, valor máximo permitido estabelecido pela PRC nº5/2017 para a água tratada por filtros rápidos, e em alguns casos atingiu 0,3 uT, sendo esse valor estabelecido para que os operadores dos sistemas dispensem análises de EBA e, consequentemente, oocistos de *Cryptosporidium* spp. e cistos *Giardia*, caso seja identificada a média geométrica móvel maior ou igual a 1.000 *E. coli*/100mL no ponto de captação (BRASIL, 2017).

No que tange a clarificação (Figura 3), pode-se verificar que uma maior remoção de EBA em relação turbidez, em ambas as operações, o que pode indicar que os mecanismos de remoção são distintos, que pressupõe estar relacionado a baixa turbidez presente na água bruta (2,2 uT). Oliveira, Bastos e Silva (2018) em trabalho desenvolvido numa estação de tratamento de água de ciclo completo verificaram remoção de turbidez e EBA próximos (média e mediana de 0,75 log de turbidez e 0,65 log de EBA) no tratamento de uma água bruta com turbidez de $8,8 \pm 12$ uT, e associaram esses resultados a remoção de partículas em suspensão, por adsorção ou varredura pelos flocos.

Em relação a análise que considera a etapa de filtração (Figura 4), é perceptível que a maior remoção tanto de EBA como da turbidez ocorreu durante a filtração, mesmo quando se aplica o agente desinfetante anterior a filtração (Operação I), o que leva a inferir que a desinfecção realizada na SALTA-z não garante a remoção/inativação dos esporos, o que pode ser atribuído ao baixo tempo de contato do cloro na unidade de filtração. A importância e eficiência de remoção de EBA pela unidade de filtração é consolidado na literatura (OLIVEIRA; BASTOS; SILVA, 2018; DUGAN et al., 2001; RICE et al., 1996).

Quando avaliado todos os tratamentos realizados pelas Operações I e II (Figura 5), verifica-se maior remoção de EBA em relação à turbidez, padrão também obtido por Oliveira, Bastos e Silva (2018) e Dugan et al. (2001). No que tange a PRC nº5/2017, o valor de referência de 2,5 log de remoção pós-filtração não foi atingido em nenhuma das operações.

Ressalta-se que, segundo a PRC nº5/2017, na concepção original da SALTA-z, a qual ocorre a dosagem do agente desinfetante anterior a filtração, no caso desse estudo a Operação I, o monitoramento de EBA não deve ser realizado e sim o monitoramento de oocistos de *Cryptosporidium* e cistos de *Giardia* quando identificada a média geométrica móvel maior ou igual a 1000 *E. coli*/100mL (BRASIL, 2017).

CONCLUSÕES

A partir da discussão realizada sobre a remoção de turbidez e EBA pela SALTA-z nos diferentes tipos de operações propostas, pode-se concluir que:

A turbidez na água tratada (Operação I) e filtrada (Operação II) atingiram os valores preconizados pela PRC nº5/2017;

A remoção de EBA foi superior à de turbidez na clarificação (coagulação/floculação/sedimentação);

A filtração é a etapa de tratamento que garante maior remoção de EBA e turbidez;

Não foi observada diferença de remoção/inativação de EBA entre as Operações I e II, mesmo quando se aplica o agente desinfetante anterior a filtração;

Os tratamentos realizados pelas Operações I e II não atingiram o valor de referência de 2,5log de remoção de EBA da PRC nº5/2017;

Ressalta-se que não se descarta a necessidade da desinfecção no processo de tratamento, uma vez que o uso de agente desinfetante é imprescindível para inativação de microrganismos patogênicos, além de fornecer um residual de cloro que, ao longo do tempo, é necessário para garantir a qualidade sanitária da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDREOLI, F. C.; SABOGAL-PAZ, L. P. *Coagulation, Flocculation, Dissolved Air Flotation and Filtration in the Removal of Giardia spp. and Cryptosporidium spp. from Water Supply. Environmental Technology.* v. 40, p. 654-663, 2017.
2. APHA; AWWA; WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* 22. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2012.
3. BASTOS, R. K. X.; VIANA, D. B.; BEVILACQUA, P. D. *Turbidity as a surrogate for Cryptosporidium removal by filtration in drinking-water QMRA models. Water Science and Technology: Water Supply.* v. 13, n. 5, p. 1209-1219, 2013.
4. BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria de Consolidação nº5, de 28 de setembro de 2017.* Diário oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, n.190, 03 out. 2017.
5. BRASIL. Ministério da Saúde. (2021a) Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021. *Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.* Diário Oficial da União, Brasília, seção 1, p. 127.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. (2021b) Portaria nº 2.472, de 28 de setembro de 2021. *Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.* Diário Oficial da União, Brasília.
7. DUGAN, Nicholas R. et al. *Controlling Cryptosporidium oocysts using conventional treatment. Journal-American Water Works Association,* v. 93, n. 12, p. 64-76, 2001.
8. FREITAS, B. L. S.; TERIN, U. C.; FAVA, N. de M. N.; SABOGAL-PAZ, L. P. *Filter media depth and its effect on the efficiency of Household Slow Sand Filter in continuous flow. Journal of Environmental Management.* v. 288, p. 1-12, 2021.
9. MACHADO, G.; RODRIGUES, M.; OLIVEIRA, J.; BARROCAS, P.; CORTINES, A. *A relevância de soluções alternativas para universalização do acesso à água no Brasil: o caso da SALTA-z. In: Encontro Nacional pelos Direitos Humanos à Água e ao Saneamento, I, 2021, Virtual. Anais. Instituto ONDAS.*
10. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO (SNS). *Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab): Relatório de Avaliação Anual 2019.* Brasília: MDR, 2021.
11. OLIVEIRA, K. C.; BASTOS, R. K. X; SILVA, C. V. *Esporos de bactérias aeróbias são bons indicadores da eficiência do tratamento de água? Um estudo exploratório. Engenharia Sanitária e Ambiental,* v. 23, p. 1103-1109, 2018.
12. RICE, E. W. et al. *Evaluating plant performance with endospores. American Water Works Association. Journal,* v. 88, n. 9, p. 122, 1996.
13. TERIN, U. C.; FREITAS, B. L. S.; FAVA, N. 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.