

PROPOSTA DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE BAIXO CUSTO POR MEIO DE CLORADOR COM PASTILHA

PROPOSAL FOR A LOW COST WATER TREATMENT SYSTEM BY MEANS OF CHLORINATOR WITH TABLET

DOI: <https://doi.org/10.16891/2317-434X.v11.e3.a2023.pp2929-2936> Recebido em: 27.06.2023 | Aceito em: 12.07.2023

**Alessandro Resende Machado^a, Jeorlan de Jesus Pinto Froz Junior^a, ConfiguraçõesGlauca
Thamirys da Silva Cantanhede^a**

Universidade Ceuma^a
***E-mail: alessandrorm@hotmail.com**

RESUMO

O fornecimento da água pelos serviços de abastecimento é essencial para promoção da qualidade de vida da população, porém o crescimento desordenado das cidades, não acompanhou a evolução da infraestrutura para o adequado atendimento. Em consequência, o baixo atendimento possibilita o consumo com água contaminada e a transmissão de doenças, o que demanda técnicas de tratamento alternativas. Desse modo o trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho do tratamento da água por meio de um clorador de pastilha com a finalidade de atingir os padrões de potabilidade adequado. O trabalho foi desenvolvido por meio da realização de estudo desempenho do tratamento de água com a adoção de um clorador de pastilha. Para a fundamentação da pesquisa, foi montado um dispositivo com materiais de baixo custo e de fácil obtenção de peças e em seguida testado o funcionamento hidráulico e o padrão de tratamento. As análises levantadas em questão foram de cloro, coliformes termotolerantes, pH, condutividade e oxigênio dissolvido. Verificou-se que o protótipo apresentou um bom desempenho quanto a sua funcionalidade em relação a estanqueidade, vazão desempenho por meio da regulação do sistema. Foi verificado que a abertura de válvulas alterou a concentração de cloro efluente ao sistema, desse modo constatou-se que a angulação com abertura de cerca de 30° melhorou a qualidade da água efluente. Esta influenciou positivamente na concentração de cloro diluído na água, mantendo-se microbiologicamente segura, pH dentro dos padrões aceitáveis para a potabilidade e o cloro residual de 3,0 mg/l, constatando a eficácia do sistema.

Palavras-chave: Tratamento de água; Clorador; Abastecimento de água.

ABSTRACT

The supply of water by supply services is essential to promote the quality of life of the population, but the disorderly growth of cities has not accompanied the evolution of the infrastructure for adequate service. As a result, low attendance makes it possible to consume contaminated water and transmit diseases, which requires alternative treatment techniques. Thus, the objective of this work is to evaluate the performance of water treatment using a tablet chlorinator in order to achieve adequate potability standards. The work was developed by carrying out a performance study of water treatment with the adoption of a tablet chlorinator. To support the research, a device was assembled with low-cost materials and easy to obtain parts and then tested the hydraulic operation and the standard of treatment. The analyzes raised in question were chlorine, thermotolerant coliforms, pH, conductivity and dissolved oxygen. It was verified that the prototype presented a good performance regarding its functionality in relation to tightness, flow performance through the regulation of the system. It was verified that the opening of valves altered the concentration of effluent chlorine to the system, thus it was verified that the angle with an opening of about 30° improved the quality of the effluent water. This positively influenced the concentration of diluted chlorine in the water, keeping it microbiologically safe, pH within acceptable standards for potability and residual chlorine of 3.0 mg/l, confirming the effectiveness of the system.

Keywords: Water treatment; Chlorinator; Water supply.

INTRODUÇÃO

Os serviços relacionados ao abastecimento de água são essenciais para promover a melhoria da qualidade de vida e da dignidade humana. São fundamentais para atividades diárias como as relacionadas à higienização e a própria dessedentação. Contudo, com o crescimento desordenado das cidades, aliado a falta de planejamento e a não inserção desta gestão como prioritária, percebeu-se a situação dessas atividades como um dos grandes problemas enfrentado no país.

No contexto global, cerca de dois bilhões de pessoas utilizam água de fontes consideradas como não seguras (OMS, 2021). No Brasil, por sua vez, devido à poluição existente, mais de 20% dos corpos hídricos não apresentam qualidade adequada de água para ser utilizada para o consumo (ANA, 2022) e cerca de 35 milhões de brasileiros ainda não têm acesso à água tratada (SNIS, 2022). Dessa forma, como a água é um recurso essencial à vida, tem-se utilizado fontes, mesmo que não confiáveis, para o abastecimento, como de rios, lagos e principalmente de poços rasos.

Desse modo, ressalta-se que a própria água, pode veicular diversos agentes patogênicos quando não se há um devido tratamento, isto é, quando não potável, pode se tornar um veículo de transmissão de agentes patológicos, assim como também, fonte de contaminação por produtos químicos (GROTT et al., 2016). Assim, condições inadequadas de água, saneamento e higiene colaboram para a manutenção de doenças que resultam em óbitos e internações (PRÜSS-USTÜN et al., 2016).

Desse modo, segundo Amaral et al. (2003), os surtos de doenças em virtude da contaminação da água captada por fontes adversas têm se tornado cada vez mais constante, fazendo-se necessário adotar sistemas que melhorem a qualidade da água com o intuito de evitar problemas de saúde por meio do atendimento ao padrão de potabilidade.

Nas últimas décadas, a crescente lacuna entre a demanda de água e o abastecimento convencional de água levou a um repensar da atual infraestrutura hídrica em muitas regiões (HODGES et al., 2018; RADJENOVIC e SEDLAK, 2015). Tomando essa questão como base, tem-se realizado pesquisas voltadas para tecnologias sociais para o desenvolvimento de equipamentos possuam baixo custo, fácil operação e manutenção e capaz de fornecer uma água tratada e de qualidade para as pessoas que usufruem de águas subterrâneas, como o clorador com

pastilhas.

A vantagem de um sistema clorador é que por ser um sistema simples, o próprio morador pode monta-lo para realizar o tratamento da água. O cloro adicionado na água está entre os agentes de desinfecção, o mais empregado na purificação da água, por ser facilmente disponível, custo relativamente baixo, é capaz de destruir a maioria dos microrganismos patogênicos e deixa uma concentração residual que atinge os a tubulação e reservatório para prolongar a ação do composto.

Desse modo, apesar a importância da tecnologia social, faz-se necessário a prévia avaliação da qualidade da água após passar pelo dispositivo, para verificar se está de acordo com os padrões de potabilidade dispostos na Portaria GM/MS nº 888 de 04 de Maio de 2021 para constatar a eficácia do tratamento (BRASIL, 2021).

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho do tratamento da água por meio de um clorador de pastilha com a finalidade de atingir os padrões de potabilidade adequado.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido por meio da realização de estudo acerca do desempenho do tratamento de água com a adoção de um clorador de pastilha. Para a fundamentação da pesquisa, foi considerado como uma tecnologia social, de modo que possa ser montado o dispositivo com materiais de baixo custo e de fácil obtenção de peças. Em seguida foi testado o funcionamento hidráulico e o padrão de tratamento para certificar da eficácia.

Elaboração do Sistema de Tratamento

Inicialmente a pesquisa foi focada no desenvolvimento e testagem do dispositivo de tratamento. Dessa forma, em primeiro momento o sistema foi desenvolvido nas dependências da Universidade Ceuma no campus Renascença, onde se desenvolveu os devidos ensaios de estanqueidade do dispositivo e o padrão de tratamento e em segundo momento foi selecionada uma residência que receba água em sua residência sem tratamento, para que haja a efetivação da comprovação do método.

A tabela 1 apresenta as peças que foram utilizadas para desenvolver o sistema. Pode-se observar que podem ser obtidas comumente em lojas de material de construção.

Tabela 1- Materiais utilizados para a elaboração do sistema de tratamento de água com clorador com pastilha

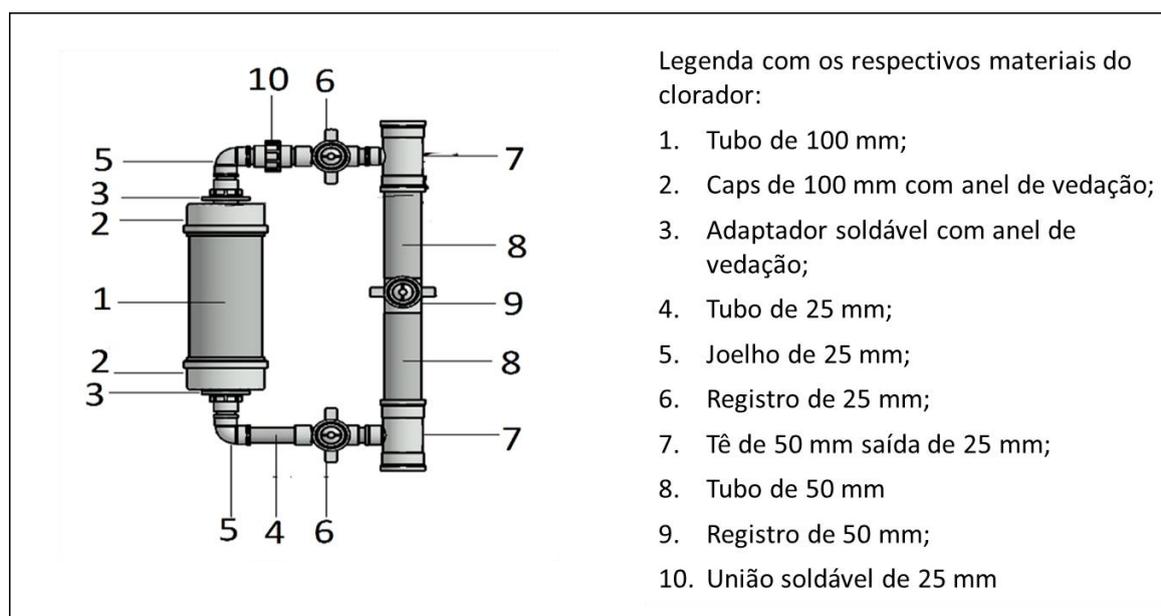
Materiais Utilizados	Quantidade
Tubo de água de 100 mm	1
Tubo de água de 50mm	1
Tubo de água de 25 mm	1
Cap soldável de 100 mm com anel de vedação	2
Adaptador soldável com anel de vedação	2
Joelho de 25 mm	2
Tê de 50 mm saída de 25mm	2
Registro 50 mm	1
Registro 25 mm	2
União soldável 25 mm	1
Serra de tubo	1
Cola PVC	1
Fita veda rosca	1
Pastilha de cloro	3
Bomba de água	1
Caixa d'água de 250 L	2
Flange de 1/2'	2

O desenho esquemático do clorador aplicado no local de estudo pode ser observado na figura 3. As pastilhas de cloro foram depositadas no interior do item 1 mostrado na figura que é formado por um tubo com material de PVC de 100 mm de diâmetro, onde para ter acesso ao compartimento deve ser feita a o desencaixe, por meio da abertura do item 10 que é uma peça de união

soldável de 25 mm e em seguida realizado o desencaixe do item 2, que é o cap de 100 mm com anel de vedação em relação ao item 1.

Para a regulação da concentração de cloro a ser adicionado na água bruta, foi utilizado o registro de 25 mm, mostrado no item 6 da figura 1.

Figura 1: Desenho esquemático do clorador proposto para o estudo com indicação dos respectivos materiais



Fonte: O autor (2022)

No funcionamento do dispositivo mostrado na figura 1, a água que passa pela tubulação (8) foi desviada a passar pelo clorador. Isso ocorreu por meio do fechamento parcial do registro (9). A água que passou pelo dispositivo entrou em contato com as pastilhas de cloro que ficaram reservadas em (1). Os registros indicados em (6) tinham a função de regular a entrada e saída da água no clorador.

A regulação do clorador foi considerada em diferentes posições do registro do clorador, de modo verificar o processo de tratamento relacionado a cada grau de abertura.

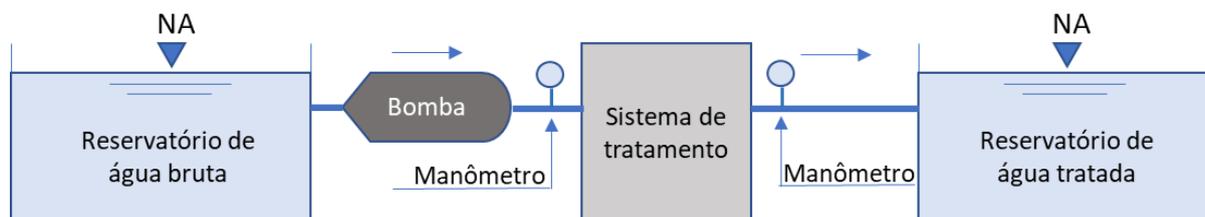
Além dos materiais utilizados para a elaboração do protótipo de tratamento de água citados acima, foi necessário a utilização de um sistema de armazenamento e de transporte de água bruta e tratada. Desse modo, foi adotado dois reservatórios compostos por caixas d'água

com capacidade de 250 litros, antes do sistema de tratamento, que conteve água bruta e outro após, com a água tratada pelo protótipo proposto.

No reservatório a montante foi acoplado uma bomba de água, a qual conduziu com pressão adequado ao sistema. Isso se faz necessário, pois a pressão mínima dinâmica em rede de distribuição de água deve ser de 10 mca, segundo a NBR 12218 (ABNT, 2017). Desse modo, a bomba deverá conduzir a água nesta pressão o longo de todo o sistema.

Para que seja garantida a pressão adequada da água foi instalado dois manômetros para a medição, sendo um antes e outro após o tratamento de água, sendo importante também para identificar a perda de carga existente no mesmo. A figura 2 ilustra como funcionou o sistema de forma completa.

Figura 2 – Representação esquemática do funcionamento do sistema de tratamento de água contendo os reservatórios, bomba de água e o clorador.



Fonte: O autor (2022)

Após o tratamento, foi realizada a coleta da água bruta e tratada nos reservatórios representados na figura 2, por meio de frascos esterilizados e realizada as análises laboratoriais para a comprovação do método, devendo ser realizado a análise física, química e microbiológica. As amostras foram transportadas imediatamente após a coleta para o laboratório da universidade Ceuma, onde foram realizadas as análises.

Testagem do sistema in loco

Após a confecção e testes laboratoriais do sistema proposto, buscou-se aplicar o sistema em situação real. Para isso foi necessário a implantação em uma residência que utilizasse água subterrânea sem tratamento, para fazer as devidas análises da água e posteriormente a testagem do protótipo na moradia.

O domicílio que se dispôs a ajudar com o desenvolvimento da pesquisa está localizada na Avenida Amadeu Aroso, Parque Tiago Aroso situado no município

de Paço do Lumiar – MA, nas coordenadas 2°30'43.14"S; 44°10'0.58"O.

No local, inicialmente foi verificado se o funcionamento hidráulico estava adequado no sistema clorador, garantindo não haver algum vazamento. Em seguida foi realizado o ensaio da vazão do sistema, que consiste na determinação da quantidade de volume da água que passa pela seção do tudo por uma unidade de tempo, ou seja, a velocidade que o líquido escoar. Este ensaio é importante para ter um controle eficaz e manter a qualidade evitando com que haja gastos e perdas desnecessárias.

Em seguida foram realizados testes visando chegar em uma melhor indicação de regulagem para que a medição dos parâmetros de pH e cloro fiquem dentro dos padrões indicados na portaria de potabilidade GM/MS de nº888 de 04 de maio de 2021.

Análise da Água

Para verificar a eficácia do sistema, foi necessário a realização de análises laboratoriais da água bruta e tratada. Os procedimentos foram adotados para a coleta das amostras, foram realizadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF, 2012).

Desse modo, após a coleta, foram realizadas análises, por meio dos parâmetros coliformes termotolerantes, condutividade elétrica (CE), pH, oxigênio dissolvido (OD) e cloro.

Para a verificação da eficácia da análise do teste in loco, foi realizado por meio dos parâmetros pH, cloro e coliformes termotolerantes, onde foi coletado uma amostra da água. Esta foi condicionada em uma caixa de isopor com gelo e encaminhada ao laboratório de Química para análise de coliformes termotolerantes e para os outros parâmetros no laboratório de materiais, ambos na Universidade Ceuma, campus Renascença.

Para realização da análise de coliformes termotolerantes, a água coletada foi inserida em um tubo e depois acrescentado o reagente Endol, uma substância que deixa a água roxa e que confirma ou não se há presença de coliformes. Caso a água fique com um tom amarelado e com um alo vermelho na parte superior do tubo é designado como presença de coliforme caso não mude a cor é dado como ausência. Para isso foi preciso deixar a água com a substância por 24 horas numa estufa a uma temperatura de 37° C.

Para os parâmetros pH, e cloro, foi realizado a análise da água bruta e tratada. Foi utilizando o kit teste colorimétrico com o intuito de chegar em uma quantidade de cloro adequado dissolvido na água, variando entre 1 e 3 mg/l.

Os materiais utilizados para a análise da água

foram os seguintes:

- Béquer de vidro para depositar a água bruta e tratada pelo sistema clorador;
- Um frasco colorimétrico, onde foi depositado a amostra e reagente para verificar a concentração de cloro e pH;
- Água destilada para limpar o frasco colorimétrico entre as testagens, o procedimento de limpeza foi repetido três vezes antes de uma nova testagem e em seguida o frasco colorimétrico foi ambientalizado com a amostra antes de realizar a coleta direcionada para a análise;
- Béquer de plástico para realizar os descartes necessários.

Em relação aos parâmetros condutividade elétrica (CE) e oxigênio dissolvido (OD) foram analisados por meio de um equipamento multiparâmetro de bancada da marca Hanna. Nesta análise foi repetido a análise de pH para confirmação dos dados obtidos.

Os valores obtidos com a análise laboratorial em ambas etapas, foram comparados com padrão de potabilidade, segundo os limites estabelecidos na Portaria GM/MS de nº888 de 04 de maio de 2021.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como supramencionado, inicialmente optou-se por montar o protótipo do sistema de tratamento na universidade Ceuma, campus Renascença, a fim de fazer uma análise preliminar com relação ao tratamento da água após passar pelo sistema proposto. O sistema preliminar montado é mostrado na figura 3.

Figura 3 – Sistema clorador montado no laboratório de materiais da universidade Ceuma



Fonte: O autor (2022)

O sistema funciona com a bomba de sucção puxando a água de um reservatório, essa água passa por toda a tubulação passando pelo clorador e fazendo o tratamento da água de acordo com a melhor configuração de regulagem das peças para que passe a quantidade ideal de cloro e chegando até o outro reservatório do qual é recolhido a amostra da água para análise.

O sistema ficou funcionando por 20 minutos, conduzindo água do reservatório de água bruta ao reservatório e água tratada, com o intuito de evidenciar algum vazamento ou falhas ao longo do funcionamento.

Após a testagem, foi calculado a vazão (dado em litros/segundos) do sistema dado pelo volume (em litros) dividido pelo tempo (em segundos), o dispositivo estava conectado diretamente na encanação que dar acesso a água que vem da caixa d'água na qual é abastecida pelo poço por meio de uma bomba.

Para ter uma melhor precisão do tempo, foram feitos três testes e deles tirou-se uma média, o reservatório utilizado foi um balde de 18 litros. Desse modo, nas medições foram encontrados os seguintes tempos de enchimento:

- T1 = 87,14 segundos
- T2 = 88,17 segundos
- T3 = 86,75 segundos

O tempo médio para encher o balde de 18 litros, portanto, foi de 87,35 segundos. Para obtenção da vazão, portanto, fez-se a razão entre o volume (18 litros) e o tempo médio (87,35 segundos), gerando uma vazão de 0,206 l/s

Para a regulagem desejada do aparelho, foram feitas algumas testagens para obter um melhor ajuste nas aberturas do protótipo tanto em laboratório, como in loco, para que chegasse numa melhor configuração que deixasse a água dentro do padrão de potabilidade. Para isso foi testado com os registros abertos em três angulações diferentes 30°, 60° e 90° podendo ser todos iguais ou mesclados.

A configuração que apresentou uma melhor performance deixando a água dentro dos padrões normativos foi com todos os registros abertos em um ângulo de cerca de 30°.

Na tabela 2 é possível ver a comparação entre a água após passar pelo dispositivo e água bruta disponibilizada pelo laboratório representado esses dados de uma maneira mais especificada.

Tabela 2 – Parâmetros da água bruta e tratada obtida por meio do tratamento com o clorador

Parâmetro	Água Bruta	Água Tratada	Portaria GM/MS n° 888
pH	5,6	5,0	5,0 a 9,0
Condutividade (µS)	163,7	71,7	-
Cloro (mg/l)	0,0	3,0	2,0 a 5,0
Oxigênio dissolvido (mg/l)	9,2	9,3	-

Em relação ao parâmetro pH, foi possível evidenciar uma pequena variação de 5,6 para água bruta para 5,0 para água tratada. Com base nos resultados obtidos, levando em consideração os parâmetros dispostos na Portaria GM/MS n° 888, o pH da água tratada para uma quantidade de cloro residual, está dentro dos limites permitidos. Ressalta-se que a água bruta já possuía um pH baixo, o que favoreceu para que na água tratada ficasse próximo ao limite permitido.

Em relação ao valor do cloro, segundo a mesma portaria de potabilidade, podem ser aceitos valores residuais entre 2,0 e 5,0 mg/l, considerando o pH obtido. Como após o tratamento o valor foi de 3,0 mg/l está adequado. Ressalta-se que o parâmetro se faz necessário, pois caso menor do que o mínimo, poderia favorecer o desenvolvimento de microrganismos ou não reduziria

alguma eventual contaminação. Caso fosse maior que o máximo, elevaria a toxidez ao consumidor.

Quanto à condutividade e oxigênio dissolvido, a referida portaria de potabilidade não estabelece limites para estes parâmetros, contudo, são informações importantes, pois quanto maior a condutividade, eleva-se o teor de íons dissolvidos na água, podendo ser influenciado pela salinidade, por exemplo. Este valor foi reduzido em 56,2% ao passar pelo clorador, isto indica que os íons livres que estavam presentes na água podem ter se combinado com o cloro, reduzindo a condutividade.

Em relação ao oxigênio dissolvido, é um parâmetro que decresce à medida que se eleva o teor de matéria orgânica na água e com isso a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Em condições naturais, por sua vez, a resolução CONAMA n° 357 de 2005 indica

que o teor de OD na classe 1 deve ser superior a 6 mgO₂/l, valor inferior ao encontrado no presente estudo (CONAMA, 20005).

Em relação a análise microbiológica da água após o tratamento, constatou-se a ausência de coliformes termotolerantes, resultando em um consumo seguro para o consumidor. Isso pode ter sido influenciado pela aplicação do sistema clorador, uma vez que a adição de cloro na água, há uma ação desinfetante, em que remove os microrganismos patogênicos existentes no meio. Esta afirmação pode está em consonância com Richter (2009) em que indica que o cloro tem grande capacidade de destruir a maioria dos microrganismos patogênicos.

Desse modo, os parâmetros analisados mostram a eficácia do sistema, indicando a sua aplicabilidade prática para o tratamento de água, possibilitando segurança ao consumidor.

CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados, tendo em vista que o intuito do trabalho é avaliar o sistema de tratamento de água por meio de clorador de pastilha, verificou-se que o protótipo apresentou um bom desempenho quanto a sua funcionalidade.

Esta constatação foi verificada em relação a

estanqueidade do sistema, pela vazão e por meio da regulação do sistema por meio de válvulas. Foi verificado que é possível regular o clorador para alterar a concentração de cloro efluente ao sistema, desse modo, para que favorecesse o padrão de potabilidade desejado verificou-se uma angulação com abertura de cerca de 30°. Esta influenciou positivamente na concentração de cloro diluído na água, mantendo-se microbiologicamente segura e tendo um pH dentro dos padrões normativos quando testado com a água da residência.

Nas testagens feitas no laboratório, analisando os resultados obtidos entre a água tratada e a água bruta, percebeu-se que o pH diminuiu após passar pelo sistema de cloração, mas manteve-se dentro da faixa estabelecida para os padrões normativos para o consumo, podendo variar entre 5 e 9.

Em relação a condutividade teve uma redução de mais da metade do valor, ou seja, uma redução dos íons dissolvidos na água. O oxigênio dissolvido apresentou pouca diferença ao passar pelo sistema clorador, o que indica pouca influência neste parâmetro.

Para a verificação da análise microbiológica, constatou-se a ausência de coliformes, resultando em um consumo seguro para o consumidor. O que indicou a eficácia do sistema, para a sua aplicabilidade para o tratamento de água.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12218: Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2022: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Brasil: ANA, 2022. Disponível em <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/ConjunturaInforme_2022_PDF_Final_RevDIRE C.pdf> Acesso em: 23 jun. 2023.

AMARAL, L. A. do; FILHO, A. N.; JUNIOR, O. D. R.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. In: Revista de Saúde Pública, São Paulo, Vol. 37, nº4.

APHA – American public health association, AWWA –

American water Works association, WEF – Water environment federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21ª ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005.

BRASIL. Portaria nº888, de 04 de maio de 2021. Procedimento de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial (da) República Federativa do Brasil, 2021.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357/2005 - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, Brasil.

GROTT, S.C.; HARTMANN, B.; SILVA FILHO, H. H.; FRANCO, R.M.B. GOULART, J.A.G. Detecção de cistos

de Giardia spp. e oocistos de Cryptosporidium spp. na água bruta das estações de tratamento no município de Blumenau, SC, Brasil. Rev. Ambient. Água. 2016; 11(3): 689-701.

HODGES, Brenna C.; CATES, Ezra L.; KIM, Jae-Hong. Challenges and prospects of advanced oxidation water treatment processes using catalytic nanomaterials. Nature nanotechnology, v. 13, n. 8, p. 642-650, 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Drinking water Geneva: OMS, 2021. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> Acesso em: 23 jun. 2023>.

PRÜSS-USTÜN A, WOLF J, CORVALÁN C, BOS R, NEIRA M. Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. Geneva: World Health Organization; 2016

RADJENOVIC, Jelena; SEDLAK, David L. Challenges and opportunities for electrochemical processes as next-generation technologies for the treatment of contaminated water. Environmental science & technology, v. 49, n. 19, p. 11292-11302, 2015.

RICHTER, Carlos A. Água: métodos e tecnologia de tratamento. São Paulo: Blucher, 2009.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto – 2021. Brasília: Sistema Nacional de Saneamento/Ministério do Desenvolvimento Regional, dezembro 2021.