

**I-1178 - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE ESPOROS DE BACTÉRIAS AERÓBIAS EM DUAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO ESTADO DA PARAÍBA**

**Amanda Laurentino Torquato<sup>(1)</sup>**

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

**Whelton Brito dos Santos<sup>(2)</sup>**

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

**Thyago Nóbrega Silveira<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais. Pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Doutorando em Engenharia Ambiental pela UEPB. Técnico em laboratório de análise de águas do Laboratório Referência em Tecnologias de Água (DESA/UEPB)

**Weruska Brasileiro Ferreira<sup>(4)</sup>**

Engenheira Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). 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<sup>(4)</sup>**

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

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Glauber Alisson Guimarães Figueiredo, 98, Bodocongó – Campina Grande – Paraíba - CEP: 58430-190 – Brasil – Tel: +55 (83) 99654-1717 - e-mail: [amanda.torquato02@gmail.com](mailto:amanda.torquato02@gmail.com)

## RESUMO

O estudo objetivou avaliar a eficiência de remoção de esporos de bactérias aeróbias e de turbidez, em duas estações de tratamento de água do estado da Paraíba em cada etapa do tratamento, a saber: chegada de água bruta; canal de água decantada; canal de água filtrada; saída do tanque de contato. A água bruta apresentou baixos valores de turbidez, altas concentrações de EBA e ausência de *E. coli* em todas as amostras analisadas. A etapa de clarificação, em ambas as ETAs, foram ineficazes, apresentando um aumento na concentração dos esporos e discreta remoção de turbidez. A etapa de filtração foi a responsável pela maior eficiência de tratamento de EBA, tanto na ETA A como na ETA B, alcançando valores médios de remoção em torno de 1,0 log. Quando comparado a eficiência de remoção de turbidez e EBA nas etapas de clarificação + filtração, observa-se que as eficiências ao invés de aumentarem, se anulam devido a ineficiência na etapa de clarificação, sobrecarregando a remoção somente na etapa de filtração. Devido aos problemas operacionais e estruturais das ETAs, não foi possível atender a eficiência preconizados pela portaria de potabilidade brasileira (remoção de 2,5log).

**PALAVRAS-CHAVE:** Protozoários, Turbidez. Indicadores indiretos, Qualidade de água, Filtração.

## INTRODUÇÃO

A água é essencial para o funcionamento biológico, desde o metabolismo dos organismos vivos até o equilíbrio dos ecossistemas. Porém, devido ao uso cada vez mais intenso desse recurso natural, seja para sustentar o abastecimento populacional ou para atender demandas agrícolas e industriais, águas superficiais e subterrâneas estão sujeitas à contaminação de origem química, física e, ou microbiológica (OLIVEIRA, 2015).

Desse modo, alguns riscos à saúde humana estão diretamente relacionados ao consumo de água, as quais se destacam as doenças causadas por microrganismos patogênicos, incluindo diversas espécies de bactérias, vírus e protozoários, como por exemplo, *Cryptosporidium spp.* e *Giardia spp.* (KARANIS; KOURENTI; SMITH, 2007). Conforme sintetizado por Bastos et al. (2009), alguns protozoários apresentam ciclos biológicos complexos, incluindo estágios de reprodução assexuada ou sexuada no organismo do hospedeiro até a formação de cápsulas protetoras: os cistos e oocistos, respectivamente, de *Giardia* e de *Cryptosporidium*.

No entanto, esses protozoários podem ser efetivamente removidos por processos de clarificação da água, tendo em vista que os cistos de protozoários apresentam características (como dimensões e carga elétrica superficial) que os tornam passíveis de serem removidos em processos como coagulação, floculação, sedimentação e filtração, tais quais pelos mesmos mecanismos que outras partículas em suspensão (turbidez) (EMELKO; HUCK; COFFEY, 2005). No que diz respeito ao abastecimento de água para consumo humano, os principais problemas associados de protozoários *Giardia* e *Cryptosporidium* são, a elevada resistência aos processos de desinfecção, como a cloração (BETANCOURT; ROSE, 2004), e a alta infectividade aos seres humanos, devido às baixas doses infectantes.

Portanto, com o intuito de avaliar a eficiência de processos de tratamento de água na remoção de protozoários, torna-se pertinente, o uso de variáveis indicadoras da qualidade da água ou do controle operacional do tratamento, particularmente, a variável turbidez, utilizando números em escala piloto e real (BASTOS; BRANDÃO; CERQUEIRA, 2009). Além disso, a portaria de potabilidade brasileira, Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 (PRC nº 5/2017) do Ministério da Saúde, alterada pela Portaria GM/MS nº 888/2021 e pela Portaria GM/MS Nº 2.472/2021, assume os esporos de bactérias aeróbias (EBA) como indicadores da remoção de protozoários. Nesse sentido, o presente trabalho visou contribuir com avaliação da eficiência sobre a remoção, em escala real, de EBA nas etapas do tratamento de Estações de Tratamento de Água (ETAs) de ciclo completo.

## OBJETIVO

Avaliar a eficiência de remoção das etapas de tratamento, em termos de remoção de esporos de bactérias aeróbias, em duas estações de tratamento de água convencionais abastecidas pelo mesmo reservatório localizado no semiárido brasileiro.

## METODOLOGIA UTILIZADA

O estudo engloba duas ETAs, aqui chamadas de ETA A e ETA B, ambas abastecidas pelo manancial superficial Epitácio Pessoa, no Estado da Paraíba. O reservatório Epitácio Pessoa (7°29'20.08"S, 36°8'26,59"W) está localizado no município de Boqueirão, Paraíba, no semiárido brasileiro, cujos usos principais estão relacionados à irrigação e abastecimento humano. A bacia apresenta média pluviométrica de 600 mm.ano<sup>-1</sup>, sendo o manancial caracterizado como eutrófico, e com florações persistentes de cianobactérias (NERY; MEDEIROS, 2020).

Localizada no município de Queimadas, Paraíba, a ETA A é uma estação de tratamento do tipo convencional ou de ciclo completo que apresenta atualmente a capacidade de tratar 1.500 L.s<sup>-1</sup> (1,5 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>). De forma geral, é constituída pelas seguintes unidades: o canal à montante da mistura rápida, calha Parshall, canal de água coagulada, floculadores mecanizados e decantadores convencionais, filtros rápidos de camada dupla e tanque de contato.

A ETA B está localizada no município de Boqueirão, Paraíba, atualmente com uma capacidade de tratar 115 L.s<sup>-1</sup> (0,115 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>), sendo constituída por unidades semelhantes à ETA A, diferindo apenas nos tipos de floculadores (floculadores hidráulicos de fluxo vertical).

Com o intuito de avaliar a eficiência de cada unidade de tratamento separadamente, foram determinados os seguintes pontos de amostragem em ambas as ETAs: (i) chegada de água bruta; (ii) canal de água decantada; (iii) canal de água filtrada; (iv) saída do tanque de contato.

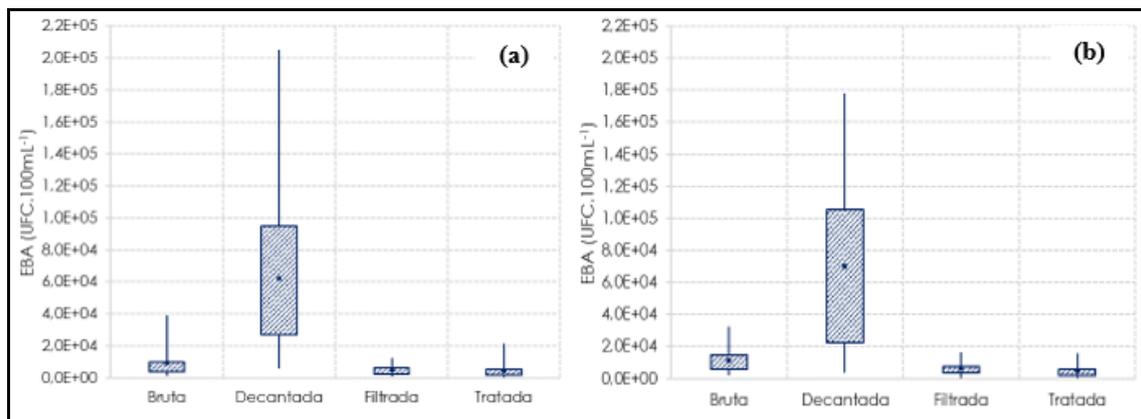
As coletas de água direcionadas às análises tiveram frequência semanal, durante o período amostral, entre junho de 2022 e novembro de 2022, compreendendo 22 (vinte e duas) amostras para cada uma das ETAs.

As análises de EBA foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA; AWWA; WEF, 2005).

## RESULTADOS OBTIDOS

A ETA A (Figura 1a), apresentou média de EBA presente na água bruta igual a  $9,3 \times 10^3$  UFC.100mL<sup>-1</sup>. Já a média da ETA B (Figura 1b) foi de  $1,1 \times 10^4$  UFC.100mL<sup>-1</sup>. No decorrer do tratamento, a etapa de decantação apresentou concentrações superiores à etapa anterior, resultando em médias de  $6,2 \times 10^4$  UFC.100mL<sup>-1</sup> e  $7,0 \times 10^4$  UFC.100mL<sup>-1</sup>, respectivamente ETA A e ETA B.

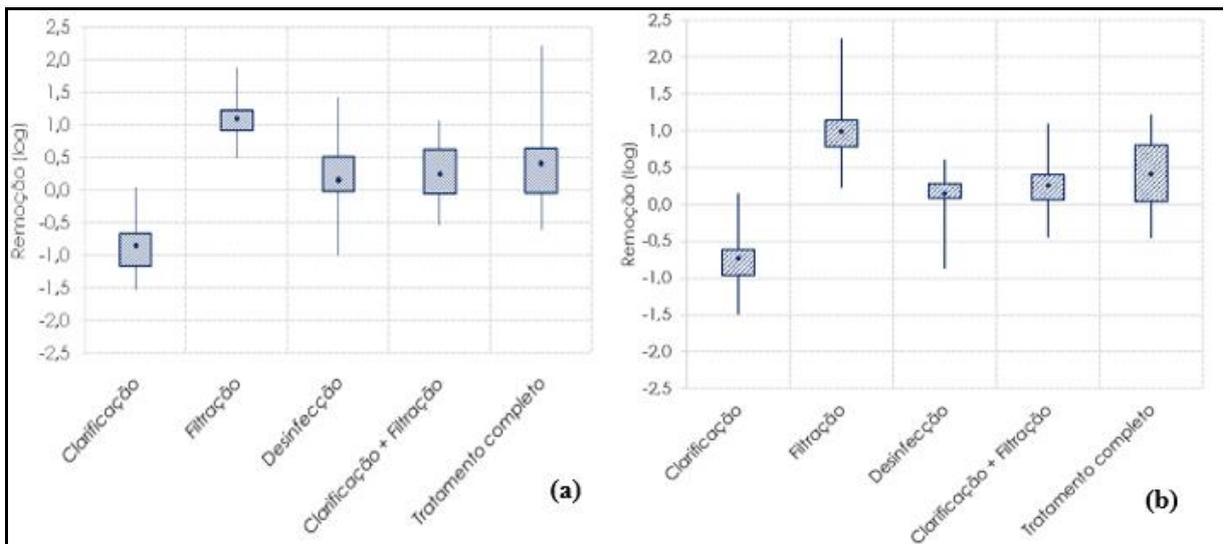
Na etapa de filtração, a concentração de EBA da ETA A apresentou média de  $4,7 \times 10^3$  UFC.100mL<sup>-1</sup> já para a ETA B foi apresentado uma média de  $6,3 \times 10^3$  UFC.100mL<sup>-1</sup>. Por fim, a água ao final do processo de tratamento, para a ETA A constituiu uma média de  $4,5 \times 10^3$  UFC.100mL<sup>-1</sup> e para a ETA B média de  $4,8 \times 10^3$  UFC.100mL<sup>-1</sup>, o que demonstra certa ineficiência na remoção de EBA no processo de desinfecção.



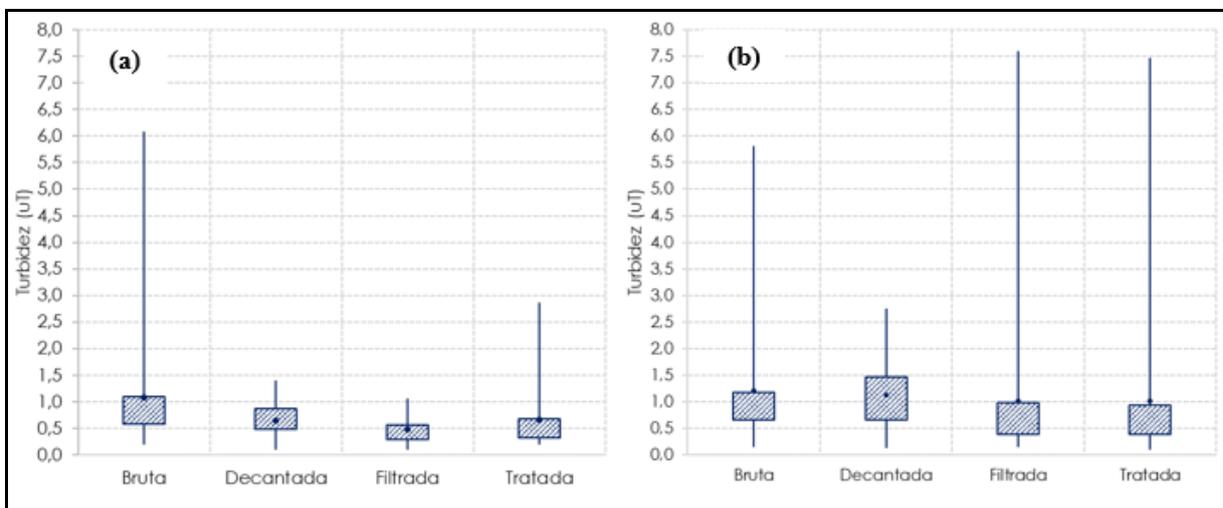
**Figura 1 – Resultados de EBA da água bruta, decantada, filtrada e tratada da ETA A (a) e da ETA B (b) no período monitorado.**

Em termos de eficiência de remoção ao longo do tratamento de água, conforme apresentado na Figura 2, temos que, quando comparada às etapas de tratamento, a filtração é o processo que mais apresenta eficiência em relação à remoção de esporos resultando em uma média de 1,10 log para a ETA A e 1,0 log para a ETA B. Por outro lado, a clarificação que inclui os processos de coagulação, floculação e decantação, obteve para a ETA B média igual a -0,84 log e para a ETA A resultados iguais a -0,73 log, o que demonstra ineficiência na remoção de esporos. Tal resultado negativo pode estar associado à ineficácia no processo de coagulação das estações de tratamento. Essa afirmativa é corroborada pelos dados de monitoramento de turbidez (Figura 3), os quais não se observa diferença significativa da turbidez entre as etapas, principalmente entre a água bruta e decantada que, em alguns casos, tende a aumentar.

A média dos valores obtidos na etapa de desinfecção da ETA A foi de 0,16 log e da ETA B de 0,15 log, apresentando resultados de baixa eficiência na inativação de esporos nesta etapa.



**Figura 2 – Variabilidade dos dados de remoção (log) de EBA da ETA A (a) e da ETA B (b) no período monitorado.**



**Figura 3 – Variabilidade dos dados de turbidez da ETA A (a) e da ETA B (b) no período monitorado.**

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foram encontrados valores relativamente altos de EBA em todas as etapas de tratamento de água em ambas as ETAs estudadas. Este fato reforça a validade do estudo e parâmetro de EBA como indicador para o tratamento de água, uma vez que um bom indicador precisa ter resistência equivalente / superior aos parâmetros estudados ao passar pelos processos de tratamento da água (LIMA; SOUSA, 2002).

O aumento dos esporos em ambas as estações na etapa de decantação, pode estar associado à ineficiência do processo de coagulação, principalmente devido característica de baixa turbidez da água bruta, o que dificulta o processo de desestabilização das partículas (SILVEIRA et al., 2019), bem como a ineficiência da descarga de fundo do decantador que é realizada esporadicamente.

A remoção de EBA observada no ciclo completo de clarificação, abordando as etapas de coagulação, floculação e decantação, apresentou log de remoção negativo. A baixa eficácia de remoção de esporos também foi identificada na etapa de desinfecção, cuja finalidade se aplica na inativação de microrganismos patogênicos. Em contrapartida, a etapa de filtração, em termos médios, foi a unidade com maior capacidade de

remover EBA, apresentando variação de 0,5 a 1,88 log (média igual a 1,10 log) para a ETA A e variando de 0,23 a 2,26 log (média de 1,0 log) para a ETA B. Dessa forma, as estações monitoradas não atingiram o valor preconizado pela PRC nº 5/2017 de 2,5 log de remoção de EBA (BRASIL, 2017).

Ao contrário dos resultados encontrados, divergindo possivelmente pelas condições de subdimensionamento das ETAs analisadas neste estudo, Oliveira, Bastos e Silva (2018) obtiveram remoções médias consistentes de esporos ao longo das etapas de tratamento (0,65 log na decantação; 1,71 log na filtração; 0,86 log na desinfecção, e 2,1 log na clarificação + filtração) que revelaram não somente eficiência, como também estabilidade (crescente ao longo das etapas) na remoção de esporos. Porém, em ambos os estudos, a remoção de esporos deu-se de forma mais efetiva na etapa de filtração, o que revela a importância dessa unidade na remoção de cistos de *Giardia* e oocistos de *Cryptosporidium*.

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que:

A baixa turbidez na entrada da ETA interferiu na eficiência do processo de coagulação;

Os EBA foram encontrados em grandes concentrações na água bruta, entretanto, seu decaimento ao longo do tratamento não obteve eficiência esperada, não atingiu o valor preconizado pela PRC nº 5/2017 de 2,5 log;

O processo de clarificação, em ambas as estações de tratamento, foi ineficiente na remoção de EBA;

A filtração é a unidade que apresentou maior eficiência na remoção de EBA.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 21. ed. Washington, D.C.: APHA, AWWA, WEF.
2. BASTOS, R.K.X.; BRANDÃO, C.C.S.; CERQUEIRA, D.A. (2009) Tratamento de água e remoção de protozoários. In: PÁDUA, V.L. Remoção de microrganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano. Rio de Janeiro: ABES. p. 109-150. (Projeto ProSab).
3. BETANCOURT, W.Q. & ROSE, J.B. (2004) *Drinking water treatment processes for removal of Cryptosporidium and Giardia*. *Veterinary Parasitology*, v. 126, n. 1-2, p. 219-234. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.09.002>
4. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº5, Anexo XX. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, n.190, 03 out. 2017.
5. EMELKO, M.B.; HUCK, P.M.; COFFEY, B.M. (2005) *A review of Cryptosporidium removal by granular media filtration*. *Journal of the American Water Works Association*, v. 91, n. 12, p. 101-115. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.2005.tb07544.x>
6. KARANIS, P.; KOURENTI, C.; SMITH, H. *Waterborne transmission of protozoan parasites: a worldwide review of outbreaks and lessons learnt*. *Journal of Water and Health*. v. 5, n. 1, p. 1 - 38, 2007.
7. LIMA, A. W. O.; SOUSA, C. P. Infecções e intoxicações alimentares. In: Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos. 1 ed. João Pessoa, PB: Nova Idéia, v. 1, p. 175-199, 2002.
8. OLIVEIRA, Keila Castro; BASTOS, Rafael Kopschitz Xavier; SILVA, Carolina Ventura da. 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.
9. OLIVEIRA, Keila de Castro. Avaliação de esporos de bactérias aeróbias como variável indicadora da eficiência da remoção de protozoários no tratamento de água em ciclo completo. 2015.
10. SILVEIRA, T. N.; BARBOSA, M. G. N.; PEQUENO, L. A. B.; DOS SANTOS, W. B.; FERREIRA, W. B. Performance de coagulantes orgânicos e inorgânicos por meio de diagrama de coagulação em águas naturais. *Revista Eletrônica De Gestão E Tecnologias Ambientais*, v. 7, n. 1, p. 16-25, 2019. <https://doi.org/10.9771/gesta.v7i1.28068>
11. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Guidelines for drinking water quality*. 4. ed. Genebra: WHO, 2011.