

MONITORAMENTO DE ESTAÇÃO COMPACTA PARA TRATAMENTO DE ÁGUA VISANDO À POTABILIDADE EM ÁREAS RURAIS DO SEMIÁRIDO

J. M. BERNARDINO¹; G. P. B. REINALDO¹; R. O. BATISTA², P. C. M. da SILVA²,
L. C. de A. L. FILHO²; A. F. M. OLIVEIRA³

RESUMO: A escassez de água é um dos maiores problemas mundiais, levando a busca constante de alternativas sustentáveis e viáveis para o tratamento de água. O presente trabalho objetivou analisar o desempenho de uma estação de tratamento de água superficial. A estação é composta por tanque coagulador/floculador/sedimentador, filtro inorgânico e placa de exposição solar. Para coagulação/floculação foi utilizado o extrato da semente de *Moringa oleifera* na dosagem de 400 mg L⁻¹, enquanto a inativação dos coliformes termotolerantes foi obtida com radiação solar. Foram quantificados em cinco repetições no tempo, os valores de pH, condutividade elétrica, turbidez, coliformes termotolerantes, sólidos suspensos e dissolvidos e nitrato na forma de nitrogênio. Com os resultados obtidos conclui-se que a estação proporciona remoções significativas de turbidez e de sólidos suspensos presentes em águas superficiais; a remoção completa de coliformes termotolerantes ocorre em Mossoró-RN com radiação incidente acumulada superior à 5,20 MJ m⁻² d⁻¹. Os níveis de turbidez obtidos na água tratada ainda não atende ao padrão para potabilidade, necessitando de tratamento complementar, conforme o nível de turbidez da água a ser tratada.

PALAVRAS CHAVE: Qualidade de vida, *Moringa oleifera*, radiação solar.

MONITORING OF COMPACT STATION FOR WATER TREATMENT AIMING POTABILITY IN SEMIARID RURAL AREA

SUMMARY: Water scarcity is a major problem worldwide, leading to constant search for viable and sustainable alternatives for water treatment. This study aimed to analyze

¹ Graduada em Eng. Agrícola e Ambiental, Dpto de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró-RN. E-mail: jordanamedeirosb@hotmail.com

² Prof. Adjunto, Dpto de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró-RN.

³ Graduanda em Agronomia, Dpto de Ciências Vegetais, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró-RN.

the performance of a treatment station of surface water. The station consists of tank coagulant/flocculant/sedimentation, inorganic filter and solar panel. For coagulation/flocculation was used the seed of *Moringa oleifera* on dosage of 400 mg L^{-1} , while the inactivation of fecal coliforms was obtained with solar radiation. The values pH, electrical conductivity, turbidity, fecal coliform, suspended and dissolved solids and nitrate as nitrogen were obtained in five replicates in time. With the results obtained it was concluded that the station provides significant removals of turbidity and suspended solids present in surface waters, the complete removal of fecal coliform occurs in Mossoró-RN with accumulated incident radiation than the $5.20 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. The turbidity levels obtained in treated water still does not meet the standard for potability, requiring further treatment, as the level of turbidity of the water to be treated.

KEYWORDS: Quality of life, *Moringa oleifera*, solar radiation.

INTRODUÇÃO

Recurso natural finito e essencial à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social, a água é, entretanto, um dos recursos naturais mais afetados pela crescente degradação. Apesar da necessidade de todos, os serviços de abastecimento de água ainda são insuficientes para atender às necessidades básicas da população mundial, pois de acordo com o HDR (2006), no mundo existe 1,1 bilhão de pessoas sem acesso a água limpa, e dessas, quase duas em cada três vivem com menos de dois dólares por dia.

O conceito moderno de tratamento da água para abastecimento público compreende um conjunto de procedimentos, em geral, os sistemas para tratamento de água visando a potabilidade são constituídos de tanque floculador (utilizando sulfato de alumínio no processo de coagulação/floculação), tanque decantador (remoção de flocos), sistema de filtragem (remoção de material particulado) e sistema de desinfecção (utilizando cloro, ozônio ou radiação ultravioleta para inativação de microrganismos), com o objetivo é alterar a qualidade da água de determinado manancial, adequando-a ao consumo humano, em termos sanitários, estéticos e econômicos, não acarretando riscos à saúde e podendo ser obtido a custos aceitáveis para a sociedade.

Um dos problemas causados pelo excesso de alumínio é a toxicidade, e as reações entre o cloro e o material orgânico presente nas águas superficiais, resultam na formação de trihalometanos (APHA, 2003).

Diante disso, a busca por novas tecnologias, como o uso do extrato da *Moringa oleifera* na coagulação/floculação de partículas decantáveis, pois as sementes desta planta contêm 30% de óleo fixo, rico em ácido oleico, que são polissacarídeos complexos, com forte poder aglutinante, em conjunto com um filtro inorgânico dotado de camadas filtrantes com carvão ativado, areia lavada e cascalho para remoção de partículas em suspensão e ainda utilizar a radiação solar na inativação de microrganismos patogênicos que podem ser utilizados como alternativas eficientes e sustentáveis, no tratamento de água.

O presente trabalho objetivou analisar o desempenho de uma estação compacta de tratamento de água superficial para áreas rurais do semiárido.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios experimentais do presente trabalho foram realizados na miniestação de tratamento de água, um protótipo constituído de tanque coagulador/floculador/sedimentador, filtro rápido com fluxo ascendente e placa de exposição solar, com capacidade máxima para tratar 9 L h^{-1} de água, implantado no Centro de Multiplicação de Animais Silvestres (CEMAS) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró-RN.

As amostras de água utilizadas nos ensaios experimentais foram coletadas em mananciais hídricos superficiais da UFERSA. Foi necessário deprecificar a qualidade da mesma, pois havia baixo nível populacional de coliformes termotolerantes. Para aumentar o nível populacional dos microrganismos patogênicos foram adicionadas alíquotas de esgoto doméstico nas amostras de água, cerca de 500 mL de esgoto para cada amostra de 20 L de água.

No tanque floculador/coagulador foi adicionada a dosagem de uma semente por litro (cerca de 400 mg L^{-1}) de extrato da *Moringa oleifera* definida em estudos prévios, onde realizou-se agitação manual durante um minuto. A água permaneceu em repouso durante um período de duas horas para efetivação do processo de coagulação/floculação/sedimentação. Em seguida a água passou pelo filtro inorgânico

de fluxo ascendente para remoção dos sólidos suspensos remanescentes, sendo armazenado posteriormente em um tanque auxiliar. Por fim, a água filtrada foi mantida durante duas horas em uma placa de exposição à radiação solar para inativação de microrganismos patogênicos e armazenada para atender o abastecimento humano.

Foram determinados 5 dias alternados de forma aleatória para realização do experimento entre os dias 28/10 e 25/11 de 2010, sendo o início do tratamento, em cada um desses dias, às 8:00 horas com o processo de coagulação/floculação/sedimentação que era finalizado às 10:00 horas, em seguida efetuava-se a filtração em período de 10 minutos, e finalizando o processo, a água permanecia na placa até 12:10 horas.

Foram coletadas quatro amostras, uma em cada ponto de coleta, sendo eles, Ponto 1: água sem tratamento; Ponto 2: água após o processo de coagulação/floculação/sedimentação; Ponto 3: água após o processo de filtração; e Ponto 4: água após o processo de exposição à radiação solar. As mesmas eram preservadas em caixas isotérmicas com gelo à temperatura de 4°C, até o acondicionamento das mesmas em refrigeradores dos laboratórios.

Parte das amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Diagnóstico Físico-Químico da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN), onde foram analisadas características físico-químicas, como, pH, condutividade elétrica (CE) em dS m^{-1} , turbidez (TB) em UNT, sólidos suspensos (SS) em mg L^{-1} , sólidos dissolvidos (SD) em mg L^{-1} e nitrato como nitrogênio (N-NO_3^-) em mg L^{-1} . A outra parte das amostras, coletadas às 12:10 horas, foram encaminhadas para Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal, localizado na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA). Neste foram identificadas e quantificadas os níveis populacionais de coliformes termotolerantes.

O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições e quatro tratamentos. A análise de variância foi realizada com o teste F com nível de probabilidade de até 5%. O teste de Tukey foi empregado na comparação das médias com nível de probabilidade de até 5%, em virtude dos tratamentos propostos para a água serem variáveis qualitativas. O programa computacional utilizado na análise estatística foi o SAEG 9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de radiação foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período de exposição do efluente à radiação solar local, visando explicar variações na mortalidade das bactérias. Verificou-se uma radiação média acumulada de $4,88 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, tendo no dia 11/11 de 2010 um valor igual a $3,25 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

O Quadro 1 apresenta os valores médios e o resumo dos testes estatísticos das características físico-químicas e microbiológicas da água. Pela análise de variância, constatou-se que as características pH, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos e nitrato na forma de nitrogênio não foram significativas a 5% de probabilidade pelo teste F. Enquanto, as características turbidez, coliformes termotolerantes e sólidos suspensos foram significativas a 1% de probabilidade pelo teste F, o que permite a utilização do teste de Tukey para comparação das médias, por se tratar de variável qualitativa. Estabelecendo comparação entre os pontos 1 e 4, notou-se que as características turbidez, coliformes termotolerantes e sólidos suspensos diferem estatisticamente entre si à 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os processos de floculação/coagulação/sedimentação e filtração proporcionaram remoções médias de 98 e 83% nos valores de turbidez e sólidos suspensos, ao longo do período experimental. Enquanto, a remoção média dos coliformes termotolerantes foi de apenas 99,9%, em virtude da menor incidência de radiação solar ($3,25 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) e temperatura da água (41°C) no dia 11/11 de 2010, possibilitando nível populacional de coliformes termotolerantes de $3,0 \times 10^2$ Número Mais Provável por 100 mL. Já nos dias 28/10 e 4, 18 e 25/11 de 2010, a radiação solar e a temperatura das águas na placa solar foram superiores a $5,20 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e $44,5^{\circ}\text{C}$, respectivamente, causando a ausência dos coliformes termotolerantes.

A utilização do extrato da semente de *Moringa oleifera* não alterou de forma significativa os valores de pH, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos. A miniestação possibilita o tratamento de água superficial com elevada turbidez e alto nível populacional de coliformes termotolerantes para abastecimento humano. No entanto, para consumo direto é necessária a complementação do tratamento com filtração em filtro de vela.

Quadro 1 - Valores médios e o resumo dos testes estatísticos das características físicas, químicas e microbiológicas da água superficial nos pontos de amostragem 1, 2, 3 e 4 da estação de tratamento

Característica	F	Amostragem			
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
pH	0,09 ^{ns}	7,81	7,84	7,97	7,91
CE (dS m ⁻¹)	0,62 ^{ns}	0,64	0,64	0,64	0,65
TB (UNT)	549,68**	484,0a	88,2b	38,4bc	8,6c
CTe (NMP 100 mL ⁻¹)	26,43**	2,9x10 ^{3a}	-	-	3,12b
SS (mg L ⁻¹)	50,78**	186,8 ^a	87,2b	43,4b	14,8b
SD (mg L ⁻¹)	0,28 ^{ns}	457,4	452,0	450,4	450,0
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,97 ^{ns}	1,44	-	-	1,36

F significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} F não-significativo a 5% de probabilidade. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra nas linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. PH - potencial hidrogeniônico; CE - condutividade elétrica; TB - turbidez; CT - coliformes termotolerantes, NMP 100 mL⁻¹; SS - sólidos suspensos, mg L⁻¹; SD - sólidos dissolvidos, mg L⁻¹; e N-NO₃⁻ - nitrato como nitrogênio.

CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos conclui-se que a estação proporciona remoções significativas de turbidez e de sólidos suspensos presentes em águas superficiais; a remoção completa de coliformes termotolerantes ocorre em Mossoró-RN com radiação incidente acumulada superior à 5,20 MJ m⁻² d⁻¹. Os níveis de turbidez obtidos na água tratada ainda não atende ao padrão para potabilidade, necessitando de tratamento complementar, conforme o nível de turbidez da água a ser tratada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Public Health Association (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed, Washington: APHA, AWWA, WPCR, 2003. 3118p.

HUMAN DEVELOPMENT REPORT 2006 - HDR. **Power, poverty and the global water crisis**. New York: United Nations Development Programme, 2006. 440p.