




Maiara Luzia Grigoli OLIVIO**

 <https://orcid.org/0000-0003-3699-4740>

Elizângela Flávia Jacob ESTEVES***

 <https://orcid.org/0000-0001-9955-2187>

Dagmar Aparecida de Marco FERRO****

 <https://orcid.org/0000-0002-3001-6105>

Recebido em: 22 de fevereiro de 2020

Aprovado em: 07 de junho de 2021

UTILIZAÇÃO DA SEMENTE DE *MORINGA OLEÍFERA* E FILTRO BIOLÓGICO COMO MÉTODO ALTERNATIVO PARA A CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA BRUTA***RESUMO**

Água, um recurso natural essencial à vida, para se adequar ao consumo deve ser pura, livre de quaisquer substâncias. Geralmente, o sulfato de alumínio seja o coagulante químico utilizado nas Estações de Tratamentos para a clarificação da água, produz um lodo tóxico rico em alumínio de difícil deposição no ambiente. Entretanto, coagulantes naturais de origem vegetal como sementes de *Moringa oleifera* têm demonstrado vantagens em comparação aos químicos, pela simplicidade de uso e baixo custo. O objetivo deste trabalho foi analisar a eficiência da semente de *Moringa oleifera* quando associada ao filtro biológico para clarificação de água bruta. À vista disso, como delineamento experimental, foram realizados dois testes com duas repetições cada, sendo que o primeiro teste buscou avaliar a eficiência do filtro biológico, apenas com a passagem de água bruta, e o segundo procurou avaliar a eficiência da água tratada pelas sementes de *Moringa*, quando adicionadas ao sistema de filtragem. Para o sistema de filtração, foram utilizados três recipientes e instalados de forma decrescente. O primeiro recipiente foi utilizado como decantador para a adição da água bruta tratada com as sementes, o segundo foi utilizado como filtro biológico obtendo divisões para os meios filtrantes como cascalhos, cerâmicas, carvão ativado e o terceiro recipiente, para o recebimento de água filtrada. As amostras de água bruta foram coletadas na Estação de Tratamento de Água e as sementes colhidas no plantio de própria espécie. Foram realizadas análises comparativas do aspecto físico (turbidez) e químico (pH) da água filtrada, água tratada e filtrada, respectivamente, com a água bruta (controle) de cada teste, de modo que as variáveis foram submetidas à análise de variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$), pela qual as diferenças significativas foram apresentadas por gráficos. De acordo com os resultados, o filtro biológico demonstra eficiência ao clarificar apenas a água bruta e quando adicionada a água tratada ao sistema de filtragem, o processo de clarificação se torna mais eficaz, pois reduz a turbidez e não altera o pH. Pode-se concluir que o tratamento da água bruta, por meio do coagulante vegetal e filtro biológico, apresenta-se como um método alternativo para a clarificação, uma vez que seja preciso controlar o período de filtração, comprovando-se que 10 h de filtragem corresponde ao melhor tempo determinado para a redução da turbidez e estabilidade do pH, dado que o aumento desse período prejudica a qualidade da água.

Descritores: Sementes de *Moringa*. Filtro biológico. Tratamento. Parâmetros comparativos.**USE OF *MORINGA OLEIFERA* SEED AND BIOLOGICAL FILTER AS AN ALTERNATIVE METHOD FOR RAW WATER CLARIFICATION****ABSTRACT**

Water, a natural resource essential to life, it must be pure for proper consumption, free of any substances. Generally, aluminum sulfate is the chemical coagulant used in Treatment Plants for water clarification, although it produces a toxic sludge that is rich in aluminum and difficult to deposition in the environment. However, natural coagulants of plant origin such as *Moringa oleifera* seeds have shown advantages over chemicals, due to their simplicity of use and low cost. The objective of this work was to analyze the efficiency of the *Moringa oleifera* seeds when associated with the biological filter for raw water clarification. In view of this, as an experimental design, two tests were carried out with two repetitions each, the first test sought to evaluate the efficiency of the biological filter, only with the raw water flow, and the second evaluated the efficiency of the water treated by the *Moringa* seeds, when added to the filtration system. For the filtration system, three containers were used, and they were downwardly installed. The first container was used as a decanter for the addition of raw water treated with seeds, the second was used as a biological filter with divisions for filter media such as gravel, ceramics, activated carbon and the third container was filled with filtered water. The raw water samples were collected at the Water Treatment Station and the seeds were harvested from the planting of the same species. It was performed a comparative analysis of physical (turbidity) and chemical (pH) aspects of filtered water, treated and filtered water, respectively with the raw water (control) of each test, so that the variables were subjected to analysis of variance (ANOVA) followed by the Tukey test ($p < 0.05$), in which the significant differences were represented by graphics. According to the results, the biological filter shows to be efficient in clarifying only raw water and when the treated water is added to the filtration system, the clarifying process becomes more effective, since it reduces turbidity and does not alter the pH. It can be concluded that the treatment of raw water through vegetable coagulant and biological filter is an alternative method for clarification, as it is necessary to control the filtration period, proving that 10 hours of filtration corresponds to the best time determined for the reduction of the turbidity and pH stability, provided that the increase of this period affects the water quality.

Descriptors: *Moringa* Seeds, Biological Filter, Treatment, Comparative Parameters.

* Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP - Pibic/Unifunec

** Licenciada em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP – Unifunec, Mestranda em Ciência e Tecnologia Animal pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” de Ilha Solteira/SP – Unesp, e-mail: maiara_olivio@hotmail.com

*** Licenciada em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP – Unifunec, e-mail: elizan2412@gmail.com

**** Doutorado em Genética e Evolução pela Universidade Federal de São Carlos, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP – Unifunec, e-mail: dagmarferro@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

Em alguns países em desenvolvimento, comunidades carentes utilizam a água dos rios para consumo e uso doméstico, embora esses recursos superficiais próximos às zonas urbanas, indústrias e áreas desmatadas sejam os mais prejudicados pela poluição, pois contêm variedades de partículas o que acaba aumentando o teor de turbidez, principalmente, durante a estação chuvosa¹. Dessa forma, a falta de investimentos para o tratamento ou saneamento básico da água, importantes para a remoção de impurezas, implica em doenças e infecções causadas por contaminações^{2,3}.

Os coagulantes químicos atuam na aglutinação de substâncias orgânicas e inorgânicas que contemplam a clarificação da água com turbidez. O sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) é um reagente comumente utilizado no tratamento convencional, entretanto, às vezes, não está disponível a um valor acessível⁴. Além disso, o uso desse produto produz um lodo tóxico não biodegradável, dificultando sua deposição no meio ambiente⁵.

Conforme a necessidade de métodos alternativos mais econômicos para o tratamento da água, muitos estudos têm sido realizados com a semente da *Moringa oleífera* Lam, espécie que possui propriedades coagulantes e bactericidas^{6,7}. A *Moringa oleífera* Lam é uma árvore nativa do norte da Índia, destaca-se por ser um vegetal tropical, facilmente adaptável e, atualmente, é encontrada em vários países. Seu fruto é uma espécie de vagem com três faces que possui um grande número de sementes^{6, 8, 9}. Pesquisas científicas têm demonstrado que os agentes coagulantes naturais apresentam vantagens no tratamento de efluentes quando comparados aos agentes químicos, em relação à biodegradabilidade, baixo custo e toxicidade^{4, 10, 11}.

A semente da planta de *Moringa* contém aminoácidos, ácidos graxos, vitaminas, nutrientes e fenólicos, que são grupos funcionais capazes de adsorver materiais em suspensão e íons metálicos^{11, 12}. Portanto, é classificada como um dos melhores vegetais para a clarificação de água, principalmente, quando associada por sedimentação simples, quanto por filtração lenta⁷. Possui a capacidade de diminuir o teor de turbidez, sem alterar o pH (potencial hidrogeniônico), não causando assim, problemas de corrosão^{13, 14}.

Outra operação satisfatória para a clarificação da água é por meio de filtração, um processo desenvolvido há muitos anos, que consiste em um sistema com filtro lento de areia capaz de reduzir turbidez¹⁵. Alternativamente, na projeção deste sistema podem-se haver modificações, cujo meio filtrante consiste em outros materiais naturais, como por exemplo,

zeólitas naturais, cascalhos, cerâmicas¹⁶, cascas de árvores ou outros que apresentam capacidade de retenção de substâncias coloidais¹⁷.

Entretanto, existe uma carência de pesquisas com métodos naturais para a clarificação de águas altamente túrbidas provenientes de efluentes, córregos e rios, que necessitam de investimentos de baixo custo para o tratamento. Dentro desse contexto, o presente trabalho propõe analisar a eficiência da semente de *Moringa oleífera*, quando associada ao filtro biológico para a clarificação de água bruta, a fim de comparar os parâmetros físico (teor de turbidez) e químico (teor de pH) antes e após o tratamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do experimento, um filtro biológico foi instalado no Laboratório de Zoologia do UNIFUNEC - Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP, em agosto de 2019. A água bruta foi coletada diretamente do primeiro reservatório de chegada de efluentes do SAAE - Serviço Autônomo de Água, Esgoto e Meio Ambiente da cidade de Santa Fé do Sul/SP e as sementes de *Moringa oleífera* Lam foram colhidas em um plantio de própria espécie em General Salgado/SP, município próximo à região.

O sistema de filtração foi instalado de forma decrescente, associado ao processo de decantação da água bruta tratada com sementes. Para sua instalação, foram utilizados uma caixa plástica e dois recipientes de vidro com capacidades de 50 litros cada, sendo que um recipiente tinha quatro divisórias e foi utilizado como o filtro. Uma caixa superior foi instalada na parede, atuando como decantador da água tratada. Na lateral desta caixa foi inserido um cano e uma torneira para controle de vazão da água em direção ao recipiente abaixo, o filtro biológico. O filtro foi construído à base de vidro para obter melhor visão da coloração da água e, como segurança, para suportar o peso dos materiais adicionados. As quatro divisórias do filtro apresentavam-se em ordem decrescente, a fim de ordenar os meios filtrantes, como: cascalhos grandes adicionados na primeira divisão; os médios adicionados na segunda; os menores, na terceira; cerâmica e carvão ativado adicionados na última divisão. Na lateral do filtro também foi inserida uma abertura para a vazão da água filtrada, para conduzi-la ao terceiro recipiente, contendo uma bomba submersa com o intuito de direcionar a água novamente ao filtro biológico, transformando-se em uma filtração contínua (fig.1).

Figura 1 - Sistema do Filtro Biológico montado no Laboratório de Zoologia do Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP - Unifunec.



1 - Decantador; 1.a - Vazão de saída de água tratada com sementes; 2 - Filtro Biológico; 2.a - Recebimento de água tratada; 2.b - Vazão de saída de água filtrada; 3 - Recebimento da água filtrada; 3.a - Bomba submersa; 3.b - Água filtrada direcionada ao filtro novamente.

Fonte: Dos próprios autores.

Para o delineamento experimental, foram realizados dois testes avaliativos para analisar a eficiência do filtro biológico, com a finalidade de comparar os possíveis resultados com a água bruta inicialmente coletada. Portanto, o primeiro teste teve como objetivo de avaliar a eficiência da filtração, apenas com a passagem de água bruta, sendo realizado em duas repetições. Assim, para todos os testes efetuados, foram coletados 55 litros de água bruta e retirado um litro como controle.

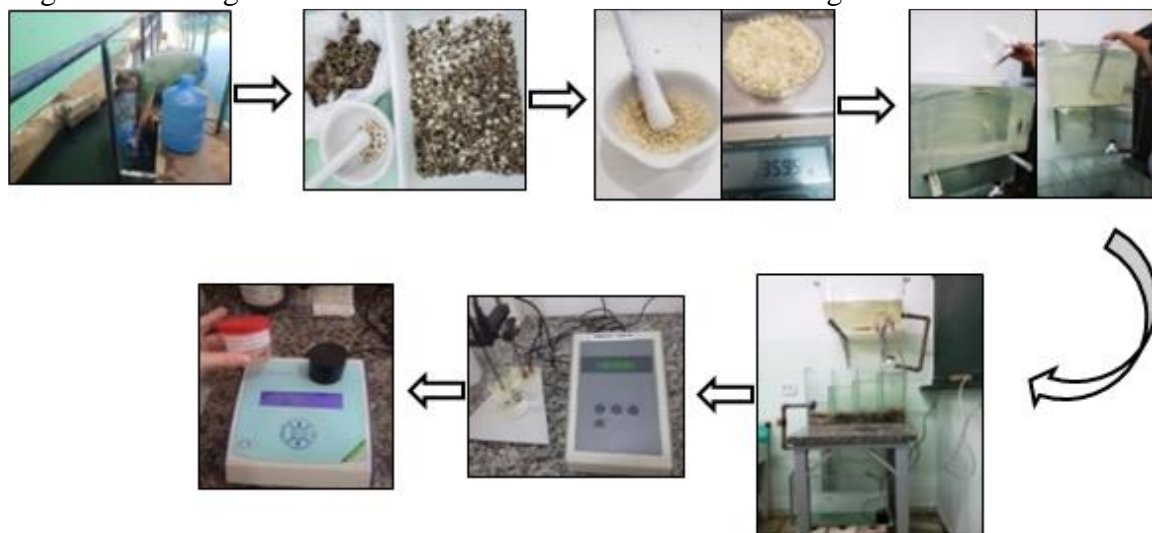
Em vista disso, aguardou-se por 2h a decantação da água bruta no primeiro recipiente do sistema e, em seguida, foi liberada ao filtro biológico. De modo contínuo, a água filtrada foi direcionada ao filtro por 24 horas. Para as análises laboratoriais, foram coletadas amostras de

água nos períodos de 05:00h;10:00h e 15:00h de filtragem, sendo o tempo determinado para as duas repetições testadas, para serem analisados os teores de turbidez e pH e comparados aos teores da água controle.

Em sequência, o segundo teste buscou avaliar a eficiência da água tratada pelas sementes de *Moringa*, quando adicionada ao sistema de filtragem. Considerando-se uma padronização, foram também realizadas duas repetições do teste.

A cada 01 litro de água bruta com até 25,0 NTU de turbidez, são necessárias 05 sementes trituradas para a clarificação, por sua vez, a homogeneização deve ser de forma manual durante 02 minutos, aguardando-se 02:00h a decantação¹⁸. A partir deste contexto, foram utilizadas 250 sementes para 50 litros de água. As sementes foram descascadas, trituradas, pesadas em balança analítica e enfim, adicionadas ao sistema de filtração. Foram coletadas amostras de água tratada com as sementes (decantador) após 02:00h de decantação, amostra de água tratada e filtrada referente ao mesmo período de filtragem do primeiro teste, para comparar os teores físico-químicos com os teores da água controle. Esse método foi aplicado para as duas repetições (fig.2).

Figura 2 - Fluxograma dos materiais e métodos utilizados no segundo teste



Fonte: Dos próprios autores.

De posse dos resultados, as variáveis de turbidez e pH foram submetidas à análise de variância (ANOVA) seguida do teste pós-hoc pelo de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa SISVAR. As diferenças significativas foram comparadas e descritas através de gráficos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro teste avaliativo observou-se que o filtro biológico apresentou eficiência na clarificação da água bruta para as duas repetições. Em razão disto, após 05:00h de filtração, visivelmente a água bruta filtrada, encontrava-se com coloração mais clara, comparada com a mesma adicionada ao início do experimento (Fig. 3).

Conforme as análises físico-químicas de ambas repetições do primeiro teste, apontaram resultados satisfatórios, pois, a água bruta filtrada por 10:00h apresentou estatisticamente ($p < 0,05$) o menor teor de turbidez, cujo prolongamento deste período ela aumenta. Assim, para os teores de pH, por sua vez, em todas as análises apresentaram diferenças estatísticas, de modo que, durante 10:00h de filtração, o pH permanece estável e, após esse período, o índice baixa (Fig. 4).

De fato, as partículas suspensas presentes na água bruta ficaram aderidas aos materiais agregados no filtro biológico, auxiliando no processo de clarificação da água. Portanto, o uso de cascalhos e cerâmicas como meio filtrante corrobora com o conceito de^{16, 17}, pelo qual esses materiais naturais, utilizados no sistema de filtração, são capazes de remover substâncias coloidais.

Figura 3 - Primeiro teste da eficiência do filtro biológico com a adição de água bruta.



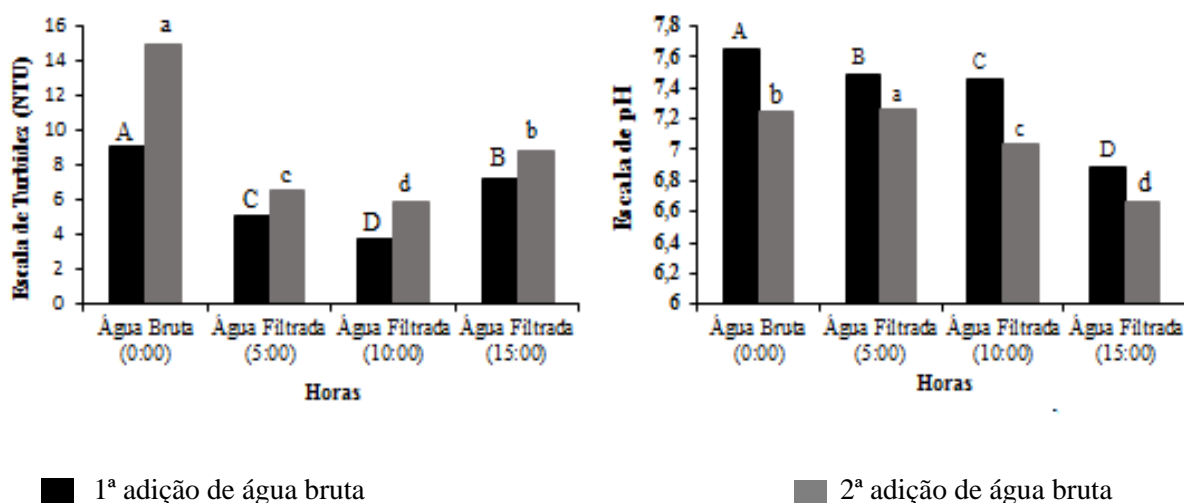
A-Turbidez da água bruta (primeira adição).

Fonte: Dos próprios autores.



B-Turbidez da água bruta após 05:00h de filtração.

Figura 4 - Teste I - Resultados das análises físico-químicas do primeiro teste (eficiência do filtro biológico na clarificação de água bruta).



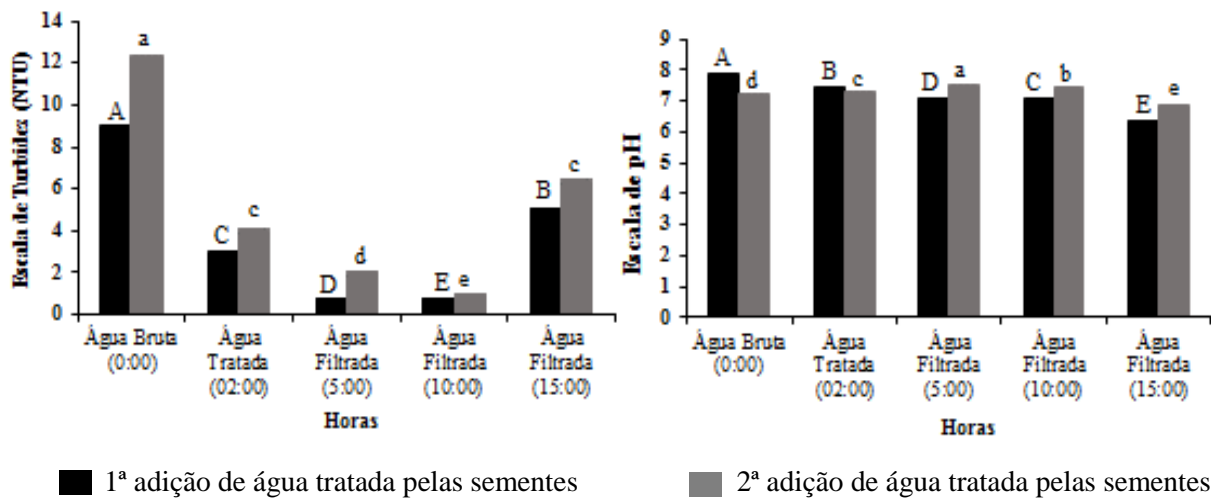
Fonte: Dos próprios autores.

Quanto ao segundo teste avaliativo, a semente de *Moringa oleífera* apresentou ser eficaz como coagulante vegetal em relação à turbidez da água bruta, pois a tonalidade encontrava-se esbranquiçada. Sabe-se que a semente contém grupos funcionais como os aminoácidos, ácidos graxos, vitaminas, nutrientes e fenólicos, que são capazes de adsorver materiais suspensos e íons metálicos^{11, 12}.

Referentes aos resultados físico-químicos, ao associar a água tratada com o filtro biológico, houve uma diminuição ainda maior do índice de turbidez, chegando ao teor próximo de zero em 10:00h de filtração para os dois ensaios testados. Assim como o teor de pH nesse mesmo tempo de filtragem manteve-se estável, sendo os principais dados da pesquisa que se revalida^{13, 14}.

Os parâmetros observados em 15horas de filtração obtiveram efeitos semelhantes ao primeiro teste avaliado, devido ao aumento da turbidez e redução de pH em todas as repetições de análises (fig. 5). Desde então, o filtro mostrou ser eficaz por um período determinado, ou seja, uma filtração de longa duração interfere na qualidade da água.

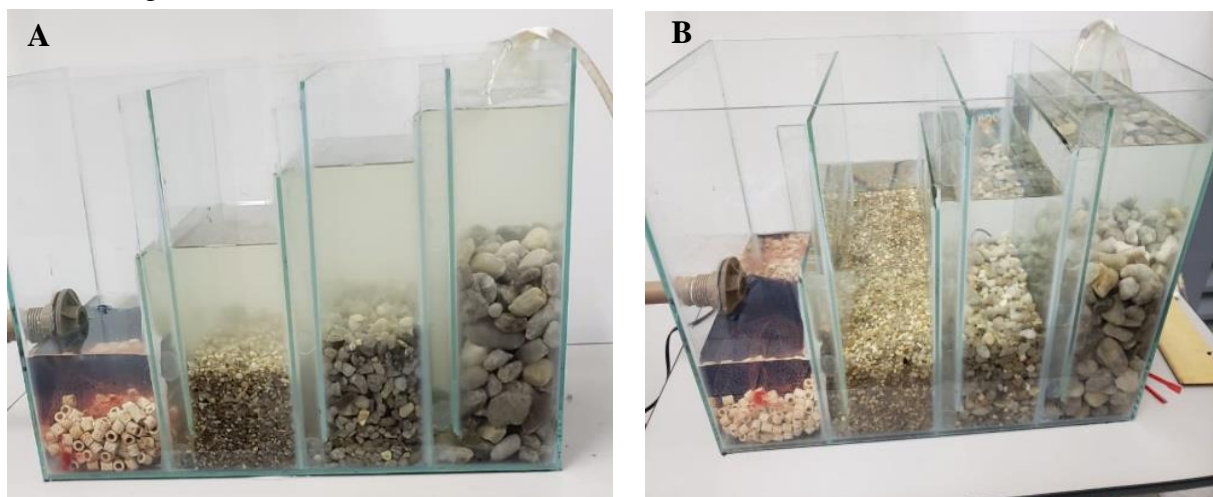
Figura 5 - Teste II - Resultados das análises físico-químicas do segundo teste (eficiência da água tratada pelas sementes de *Moringa*, adicionada ao filtro biológico).



Fonte: Dos próprios autores.

Contudo, pode-se considerar que a semente de *Moringa oleifera* é classificada como um ótimo coagulante vegetal para a clarificação de água turbida, dessa maneira, quando associada por filtração lenta favorece ainda mais a sua qualidade físico-química⁷, conforme demonstrado visualmente na figura 6.

Figura 6 - Segundo teste (eficiência da água tratada pelas sementes de *Moringa*, adicionada ao filtro biológico).



A - Turbidez da água tratada com sementes (primeira adição) **B** - Turbidez da água tratada após 05:00h de filtração.

Fonte: Dos próprios autores.

4 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, podemos concluir que:

- ✓ O filtro biológico demonstra eficiência ao clarificar a água bruta e, em razão disso, durante cinco horas de filtração, torna-se visível que a turbidez diminui e, por outro lado, o pH permanece estável.
- ✓ As sementes de *Moringa oleífera* adicionadas na água com alto teor de turbidez agem como coagulante vegetal, pois suas partículas aglutinam-se nas substâncias presentes, fazendo com que a água apresente uma tonalidade esbranquiçada. Uma vez que a água tratada, ao ser inserida ao filtro de modo contínuo, aparenta macroscopicamente uma melhor clarificação.
- ✓ De fato, por meio dos dados estatísticos, durante os dois testes, foram constatados que o filtro e as sementes são capazes de clarificar a água bruta e, ao associar a água tratada ao sistema de filtragem, o processo de clarificação torna-se mais eficaz, tanto ao índice de turbidez quanto ao índice de pH.
- ✓ Portanto, o tratamento da água bruta, por meio do coagulante vegetal e filtro biológico, apresenta-se um método alternativo para a clarificação e, em contrapartida, é necessário controlar o período de filtração, sendo comprovado que 10:00h de filtragem é o melhor tempo determinado para a redução da turbidez e estabilidade do pH, pois o acréscimo desse período realiza o processo contrário desses teores da água e prejudica a sua qualidade.

REFERÊNCIAS

- 1 Borba LR. Viabilidade do uso da *Moringa oleífera* Lam no tratamento Simplificado de água para pequenas comunidades. 73f. Dissertação [Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente]. Universidade Federal da Paraíba. 2001. [acesso em: nov. 2019]. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/38659392/viabilidade-do-uso-da-moringa-oleifera-lam-no-tratamento->
- 2 Pereira LCO. A utilização do reativo de fenton na desinfecção de esgotos domésticos com fins de reúso na irrigação de culturas. 113p. Dissertação [Mestrado em Engenharia Ambiental] Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2006. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiI_Ja_yK7xAhV4ILkGHWP9CP4QFjAAegQIAhAD&url=http%3A%2F%2Fwww.peamb.eng.uerj.br%2Ftrabalhosconclusao%2F2006%2FPEAMB2006LCOPereira.pdf&usg=AOvVaw0FyZaBaaQLcApLzihT14C-

- 3 Jacinto MAC, Esteves SN, Lôbo RNB, Facó O, Oliveira AR, Jacinto TB. Influência da água de reúso na qualidade de couros ovinos. 48ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia [Internet] Belém – PA, Julho, 2011. [acesso em: mai. 2020]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/915134/influencia-da-agua-de-reuso-na-qualidade-de-couros-ovinos>
- 4 Santos TRTdos, Valverde KC, Nishi L, Bergamasco R, Vieira MF. Estudo da formação de trihalometanos no processo de coagulação/floculação/adsorção em carvão ativado vegetal com o coagulante natural *Moringa Oleifera Lam* para tratamento de água de abastecimento. Revista de Engenharia e Tecnologia [Internet] 2013;5(3):64-72. [acesso em: mai. 2020]. Disponível em: <https://revistas2.uepg.br/index.php/ret/article/view/11495/209209209470>
- 5 Vaz LGL. Performance do Processo de Coagulação/Floculação no Tratamento do Efluente Líquido Gerado na Galvanoplastia. Toledo. 83p. Dissertação [Mestrado em Engenharia Química]. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo. Paraná. 2009. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/handle/tede/1892>
- 6 Rangel MS. Um purificador natural de água e um complemento alimentar para o Nordeste do Brasil. EMBRAPA: Tabuleiros Costeiros. Aracajú Sergipe. 2011. [acesso em: nov. 2019]. Disponível em: <http://www.jardimdeflores.com.br/floresefolhas/A10moringa.htm>
- 7 Formentini-Schmitt DM, Fagundes-Klen MR, Veit MT, Bergamasco R, Ferrandin AT. Estudo da eficiência do composto ativo de *Moringa oleifera* extraída com soluções salinas na tratabilidade de águas residuárias da indústria de laticínios. ENGEVISTA [Internet] 2014. [acesso em: nov. 2019]; 16(2):221-231. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjC9-672a7xAhVUA9QKHfVIBZMQFjAAegQIAxAD&url=http%3A%2F%2Fperiodicos.uff.br%2Fengevista%2Farticle%2Fview%2F8961%2F6431&usg=AOvVaw2Jq9rSwJFsed1C3KVmmCp7>
- 8 Bezerra AME, Momenté VG, Medeiros Filho S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. Horticultura Brasileira [Internet] 2004;22(2):295-299. Disponível em: <https://www.readcube.com/articles/10.1590%2Fs0102-05362004000200026>
- 9 Bhatia S, Othman Z, Ahmad AL. Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using *Moringa oleifera* seeds as natural coagulant. J Hazard Mater [Internet]. 2007;145(1-2):120-126. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.11.003>
- 10 Ndabigengesere A, Narasiah KS, Talbot BG. Active Agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. Water Research [Internet] 1995;29(2):703-710. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(94\)00161-Y](https://doi.org/10.1016/0043-1354(94)00161-Y)
- 11 Moraes LCK. Estudo da coagulação-ultra filtração com o biopolímero quitosana para a produção de água potável. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá. p.64, 2004.

- 12 Yin CY. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry* [Internet] 2010;45(9):1437-1444. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>
- 13 Gallão MI, Damasceno LF, Brito ESde. Avaliação química e estrutural da semente de *Moringa*. *Rev. Ciência Agronômica* [Internet]. 2006 [acesso em: mai. 2020];37(1):106-109. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/224>
- 14 Pritchard M, Craven T, Mkandawire T, Edmondson AS, O'Neill JG. A study of the parameters affecting the effectiveness of *Moringa oleifera* in drinking water purification. *Physics and Chemistry of the Earth* [Internet] 2010;35(13-14):791-797. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2010.07.020>
- 15 Duarte MAC. Tratamento de água para consumo humano de reservatório eutrofizado através de pré e interoxidação, adsorção em carvão ativado e dupla filtração Tese [Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento]. Escola de Engenharia de São Carlos; 2011. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-05052011-085250/pt-br.php>
- 16 Mwabi JK, Adeyemo FE, Mahlangu TO, Mamba BB, Brouckaert BM, Swartz CD, Offringa G, Mpenyana-Monyatsi L, Momba MNB. Household water treatment systems: A solution to the production of safe drinking water by the low-income communities of Southern Africa. *Physics and Chemistry of the Earth* [Internet] 2011;36(14-15):1120-1128. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2011.07.078>
- 17 Baig SA, Mahmood Q, Nawab B, Shafqat MN, Pervez A. Improvement of drinking water quality by using plant biomass through household biosand filter - A decentralized approach. *Ecological Engineering* [Internet] 2011;37(11):1842-1848. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.06.011>
- 18 Olivio MLG, Esteves EFJ, Ferro DAdeM. Sementes de *Moringa oleifera* Lam: Eficiência no Uso de Coagulante Biológico no Tratamento de Água com Turbidez, Comparado ao Coagulante Químico Sulfato de Alumínio. *Unifunec Cient. Mult.* [Internet]. 2020;9(11):1-18. Disponível em: <https://seer.unifunec.edu.br/index.php/rfc/article/view/4032> e ou <https://doi.org/10.24980/rfcm.v9i11.4032>