

Uso do coagulante/floculante emergente à base de moringa no tratamento de água com verificação da composição e toxicidade do lodo produzido: tratamento de água com *Moringa* e toxicidade do lodo

Use of emergent moringa-based coagulant/flocculant for water treatment with verification of composition and toxicity of the produced sludge: water treatment with Moringa and toxicity of the sludge

Denise Conceição de Gois Santos Michelan^{1*} , Wesley Natanael de Araújo Santos¹ , Tamires Santos Rosa¹ , Débora de Gois Santos¹ , Rita de Cássia Santos de Jesus¹ 

RESUMO

O presente estudo consistiu em avaliar a eficiência dos processos de tratamento convencional de água, por meio do coagulante natural *Moringa oleifera* Lam, com e sem casca, para o tratamento de água bruta captada do Rio Poxim, Aracaju, SE, Brasil. Após essa avaliação, realizou-se a análise da composição química e da toxicidade do lodo. As etapas de coagulação/floculação e decantação (30 e 60 minutos) foram realizadas em *jar test* com o coagulante, seguidas de filtração rápida descendente. A eficácia dos coagulantes foi analisada por meio da caracterização da água nas dosagens de 100, 200, 300 e 400 mg.L⁻¹, por meio de análises físico-químicas, englobando os parâmetros pH, cor aparente e turbidez. O lodo proveniente do tratamento, em ambas as situações em estudo, foi caracterizado em relação à composição de proteína, amido e lipídio, além de ter sido verificada a toxicidade do resíduo por intermédio do crescimento e da germinação da *Lactuca sativa*. Como resultado, a moringa demonstrou potencial no tratamento de água pra consumo humano, principalmente o extrato de moringa com casca, tendo como dosagem ótima 300 mg.L⁻¹ tanto para os parâmetros de cor quanto para a turbidez. Em relação ao pH, constatou-se que os tratamentos não promoveram variação significativa em relação aos valores da água bruta. Quanto à caracterização do lodo, foi possível verificar que em sua constituição há presença tanto de lipídio quanto de proteínas e ausência de amido; além disso, seu resíduo apresentou-se como atóxico para o meio ambiente.

Palavras-chave: Coagulante natural; Qualidade da água; Consumo humano; *Lactuca sativa*.

ABSTRACT

The present study aimed at evaluating the efficiency of conventional water treatment processes using the natural coagulant *Moringa oleifera* Lam, with and without shell, for the treatment of raw water captured in the Poxim River, Aracaju, state of Sergipe, Brazil. After this evaluation, the chemical composition of the sludge and its toxicity was analyzed. The stages of coagulation/flocculation and decanting (30 and 60 min) were performed in *jar test* with the coagulant, followed by rapid descending filtration. The effectiveness of the coagulants was analyzed by the characterization of the water in dosages of 100, 200, 300, and 400 mg.L⁻¹, according to physicochemical analyses, including the parameters pH, apparent color, and turbidity. The treatment sludge, in both situations under study, was characterized in relation to the composition of protein, starch and lipid, in addition to verifying the toxicity of the residue by the growth and germination of *Lactuca sativa*. As a result, moringa showed potential in the treatment of water for human consumption, mainly the extract of moringa in shell, with an optimal dosage of 300 mg.L⁻¹ for both color and turbidity parameters. Regarding pH, the treatments did not promote significant variation in the raw water values. In terms of sludge characterization, the presence of lipids and proteins was verified, but not that of starch. In addition, the sludge residue was considered nontoxic to the environment.

Keywords: natural coagulant; water quality; human consumption; *Lactuca sativa*.

¹Universidade Federal de Sergipe - São Cristóvão (SE), Brasil.

*Autor correspondente: denise.gois@yahoo.com.br

Conflitos de interesse: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Financiamento: esta pesquisa recebeu financiamento pela Coordenação de pesquisa da Universidade Federal de Sergipe (COPES/UF).

Recebido: 01/09/2020 - **Aceito:** 21/10/2020 - **Reg. ABES:** 20200314

INTRODUÇÃO

O acesso à água limpa e saudável é um dos maiores problemas enfrentados por muitas comunidades em alguns países em desenvolvimento, em especial na zona rural, onde a falta de recursos financeiros intensifica o problema (ALI *et al.*, 2010). Outros fatores que dificultam a implantação de redes de abastecimento nessas regiões são a dispersão e a baixa densidade populacional (NASCIMENTO & HELLER, 2005), não dispondo de estações de tratamento de água (ETAs) para tratar e encaminhar água às regiões mais isoladas ou rurais.

Nas ETAs do Brasil e de outros países, os coagulantes mais empregados são os inorgânicos, constituídos por sais trivalentes de ferro e alumínio ou polímeros sintéticos (CHOY *et al.*, 2014; FRANCO *et al.*, 2017). Apesar de o desempenho e a relação custo-eficácia na coagulação de partículas coloidais serem favoráveis (BLANCO *et al.*, 2016), os coagulantes inorgânicos geram passivos social e ambiental (MUNIZ *et al.*, 2015). Um exemplo de passivo ambiental é o lançamento do lodo gerado desse tratamento de água no meio ambiente, sem prévio tratamento, que contribui para a degradação ambiental do meio aquático por causa da presença de substâncias tóxicas, como os metais pesados (DI BERNARDO & SOBOGAL PAZ, 2008; OTHMANI *et al.*, 2020).

Seja no lodo proveniente do tratamento ou na água tratada, a presença de metais pesados em excesso não é bem-vinda. Pesquisas a respeito do alumínio residual presente na água após o tratamento constataram ser essa presença um dos fatores para a ocorrência de lesões cerebrais (FREITAS *et al.*, 2016; MANIVANNAN *et al.*, 2015), tais como o Alzheimer (AHMAD *et al.*, 2011; BONDY, 2015; BONGIOVANI *et al.*, 2015; WALTON, 2013; FRAGA-CORRAL *et al.*, 2020).

Outro problema associado ao alumínio residual está relacionado à sua deposição nas ETAs (KEELEY *et al.*, 2014), o qual gera turvação nas etapas de coagulação/floculação do tratamento convencional e consequente prejuízo na etapa de desinfecção. Por esse motivo, alguns biopolímeros vêm sendo investigados mais intensamente, como é o caso da *Moringa oleifera* (FRANCO *et al.*, 2017; OTHMANI *et al.*, 2020). Isso acontece devido a sua disponibilidade, baixo custo, não toxicidade, baixa produção de lodo e comportamento multifuncional (BHUPATWAT *et al.*, 2007; NWAIWU & LINGMU, 2011; MADRONA *et al.*, 2012; DANTAS *et al.*, 2016; TUKKI *et al.*, 2016; VALVERDE *et al.*, 2018).

A *Moringa oleifera* Lam, também denominada de *Moringa oleifera*, *Moringa* ou apenas MO, é uma espécie vegetal natural da Índia pertencente à família Moringaceae, adaptada a climas quentes. Dentre seus múltiplos usos, essa planta permite que suas sementes sejam empregadas no tratamento de águas brutas e efluentes, atuando com eficiência na clarificação de águas turvas.

Metodologias disponíveis na literatura recomendam que sejam retiradas as cascas das sementes da MO para utilizá-las nas etapas de coagulação/floculação do tratamento convencional de água; no entanto, esse processo é árduo e acabaria inviabilizando o uso dessas sementes nos locais de difícil acesso à água tratada, já que o descascamento manual demanda muito tempo (MUNIZ *et al.*, 2015). Por outro lado, há estudos que comprovam a presença de proteínas nas cascas como auxílio na coagulação, porém em quantidade menos significativa.

Em tratamento de água com coagulantes orgânicos ocorre a desestabilização das partículas coloidais orgânicas, a partir de proteínas catiônicas de baixo peso molecular presentes na MO, resultando na atração entre as partículas suspensas com posterior formação de flocos e sedimentação (AMAGLOH & BENANG, 2009; PATERNIANI *et al.*, 2009; WANDERLEY *et al.*, 2007). Os flocos sedimentados formam o que é denominado de lodo de ETA e sua natureza

depende da qualidade da água bruta, do tipo de coagulante e das concentrações utilizadas durante a coagulação.

O lodo produzido por meio de coagulantes orgânicos é considerado inócuo, não tóxico e biodegradável. Enquanto no tratamento realizado com coagulantes inorgânicos os metais residuais representam ainda mais desafios logísticos e financeiros (KEELEY *et al.*, 2014), pois limitam a adequação para disposição do lodo no ambiente, tornando seu processamento e transporte difícil e custoso (BABATUNDE & ZHAO, 2007).

Uma das formas de avaliar a constituição desse resíduo é por meio de análises químicas, tendo como alternativa complementar o bioensaio toxicológico, em que é possível verificar a qualidade do veículo contaminador por intermédio do teste de ecotoxicidade. De acordo com Santos *et al.* (2017), trata-se de método bioindicador que determina a concentração de contaminantes que possam causar prejuízos à cadeia ecológica do corpo receptor. Para tal determinação, segundo Bufalo *et al.* (2012), dentre os organismos-teste mais utilizados para avaliar e monitorar a toxicidade de poluentes, está a *Lactuca sativa*, popularmente conhecida como alface, um exemplo de hortaliça.

O bioensaio com semente de alface apresenta-se como uma forma eficiente de avaliar a fitotoxicidade do meio, uma vez que o tegumento e o endosperma da *Lactuca sativa* (bioindicador) apresentam grande susceptibilidade à ação de organismos tóxicos presentes, conferindo resistência à germinação sob condições ambientais adversas (BISOGNIN *et al.*, 2005; LI *et al.*, 2005).

Assim, diante do que foi apresentado quanto à dificuldade de se ter água tratada em regiões rurais, a MO foi estudada quanto à sua eficiência, com casca (CC) e sem casca (SC). Essa comparação da mesma água, no tratamento utilizando a *Moringa*, CC e SC, despertou o interesse quanto a presença da casca interferia no tratamento de água, na composição química e nas características tóxicas do lodo.

Desse modo, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar a eficiência dos processos de coagulação/floculação, decantação e filtração, utilizando o coagulante natural *Moringa oleifera* Lam, CC e SC, para o tratamento de água bruta captada do Rio Poxim, Aracaju, SE, Brasil. Como subproduto desse tratamento da água, obteve-se o lodo, o qual foi caracterizado em função de sua composição química (amido, lipídio e proteína) e quanto à toxicidade diante da germinação de bioindicador. Com isso, buscou-se identificar se o lodo gerado pelo tratamento de água com semente de moringa é tóxico.

METODOLOGIA

A água de estudo originária do Rio Poxim foi retirada do ponto de captação da ETA Poxim (Sergipe/Brasil).

Preparo dos coagulantes

Para o preparo das soluções líquidas dos coagulantes, as vargens com sementes da MO foram extraídas de árvore localizada na cidade de Aracaju, SE, onde foram selecionadas as sementes, sendo parte delas descascada manualmente. Posteriormente, utilizando-se do procedimento metodológico adaptado de Arantes *et al.* (2012), as sementes de moringa com casca (MO CC) e sem casca (MO SC) foram separadas, secadas em estufa a 65° C durante 24 horas, maceradas com pilão manual e passadas na peneira nº 20 (0,8 mm). Em seguida, adicionou-se água destilada na proporção de 2% de sua concentração e homogeneizou-se por dois minutos em agitador. A suspensão formada foi encaminhada à peneira nº 100 (0,149 mm) e a solução final foi armazenada em geladeira a -4° C.

Caracterização da água coagulada

A etapa de coagulação/floculação foi realizada por meio do equipamento *jar test*, responsável por simular passos iniciais de tratamento de água em estações convencionais. O aparelho, constituído por três jarros, recebeu a adição de 2.000 mL da água *in natura* (água bruta). Em dois deles, fez-se adição das dosagens de coagulantes preestabelecidas (MO CC e MO SC); já ao terceiro jarro acondicionou-se a amostra controle, a qual recebeu essa designação por ser água bruta (sem coagulante) submetida a todas as etapas simuladas no *jar test*, concomitantemente com a água que recebeu coagulante. Na Figura 1 ilustra-se o *jar test* utilizado, dotado de estrutura dosadora do coagulante (parte frontal superior) e de coleta de amostra (parte frontal central) de forma simultânea para os jarros. Além disso, por ter controle analógico, a verificação da graduação de velocidade teve rotação aferida por tacômetro, semanalmente.

As condições operacionais do *jar test* adaptadas de Arantes *et al.* (2012) consistiram em funcionamento durante um minuto com rotação fixa de 80 rpm (mistura rápida), seguida de redução da velocidade para 40 rpm por 20 minutos (mistura lenta). Completado o tempo, as amostras foram mantidas em repouso sob processo de decantação por 30 e 60 minutos e, ao final de cada tempo, o sobrenadante foi submetido à filtração rápida descendente por meio de membrana filtrante (0,45 µm) em bomba a vácuo. Terminado o processo, a água coagulada com moringa (CC e SC) foi caracterizada quanto aos parâmetros pH, cor aparente e turbidez. As análises de cada parâmetro foram processadas segundo procedimento recomendado pelo *Standard Methods* (APHA, 2017). Caracterizou-se a água bruta sempre no mesmo dia da coleta, de modo que a sua qualidade não se deteriorasse.

A amostra controle foi submetida a quatro ensaios realizados em triplicata, denominados de 1º, 2º, 3º e 4º tratamento. Com o propósito de buscar as melhores dosagens do coagulante nas duas situações em estudo (CC e SC), denominada de dosagem ótima, e visando maior confiabilidade dos resultados, as concentrações do extrato da moringa avaliadas na coagulação/floculação foram de 100, 200, 300 e 400 mg.L⁻¹ ensaiadas em triplicata, o que totalizou 12 campanhas em quatro tratamentos distintos. Isso significa que no 1º tratamento foram ensaiadas uma amostra controle, uma amostra de água com MO CC e uma amostra MO SC na concentração de 100 mg.L⁻¹ (em triplicata), e assim sucessivamente.

Caracterização do lodo

Com o intuito de se verificar a composição química do lodo produzido após as etapas de tratamento simuladas no *jar test* com ambas as situações estudadas para o coagulante, testes químicos foram realizados, buscando-se comparar os



Figura 1 - Ilustração do *jar test* utilizado no estudo.

resultados em termos da composição de proteína, lipídio e amido, que, conforme apontado por Dantas *et al.* (2016), Ferreira *et al.* (2008), Galão *et al.* (2006), estão presentes nas sementes.

Para essa análise da composição do lodo, 100 mL dos resíduos foram ensaiados pelos métodos de Kjeldahl, Lane-Eynon e com extração direta em Soxhlet, descritos em IAL (2008), para quantificação de proteínas, amidos e lipídios, respectivamente, com amostras em duplicata.

Teste de fitotoxicidade

Para o desenvolvimento experimental desse teste, as sementes da *Lactuca sativa* (alface) foram adquiridas comercialmente, com garantia de não uso de defensivos agrícolas, de modo a não interferir na toxicidade do teste. A avaliação toxicológica foi baseada na normativa nº 850 da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1996).

Buscou-se realizar o teste de fitotoxicidade para diferentes concentrações do lodo produzido em laboratório, a fim de determinar a mínima quantidade que pudesse causar prejuízos ao meio ambiente, por meio da inibição das taxas de germinação e do crescimento radicular (ICR) dos organismos vegetais.

As sementes foram dispostas na placa de Petri com água destilada, de modo a quebrar sua dormência natural. Em seguida, fez-se o controle positivo a partir de 2,0 mL das amostras de lodo em 100% e nas diluições com água destilada nas concentrações de 50, 25 e 12,5%, espalhando-as sobre papel-filtro JP40 faixa branca (25 µm). Paralelamente a esse procedimento, foi criado o controle negativo, inserindo-se as sementes apenas com água destilada.

As amostras foram dispostas em duplicatas em grupos de 10 sementes em cada placa, posicionadas de forma equidistante, aproximadamente. Foram tampadas, envolvidas em papel alumínio, para garantir a não exposição à luminosidade, e encaminhadas à incubadora por 120 horas sob temperatura de 25°C.

Após esse período, foi verificado o ICR de cada semente com o auxílio de paquímetro digital (150 mm MTX). A partir de então, determinaram-se, conforme Gryczak *et al.* (2018), o ICR e o índice de germinação (IG), por meio das Equações 1 e 2, respectivamente:

$$ICR = \frac{CRA}{CRC} \quad (1)$$

Em que:

ICR: índice de crescimento radicular;

CRA: comprimento radicular da amostra (mm);

CRC: comprimento radicular do controle negativo (mm).

$$IG = ICR \times \left(\frac{SGA}{SGC} \right) \times 100 \quad (2)$$

Na qual:

IG: índice de germinação (%);

ICR: índice de crescimento radicular;

SGA: número de sementes germinadas na amostra;

SGC: número de sementes germinadas no controle negativo.

Como referência, o controle negativo desse teste (sem nenhuma concentração de lodo) obteve para a verificação da fitotoxicidade 19,75 mm de comprimento médio radicular. Esse ICR foi igualado a 1 e registrou-se IG de 100%, como referência de comparação diante das amostras que receberam porcentagem de lodo.

Legislação comparativa

Para a caracterização da água bruta, utilizou-se a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), que classifica os corpos d'água e traça diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

Quanto ao limite estabelecido para o crescimento das raízes por meio do bioindicador, a USEPA (1996) prevê que a germinação será significativa quando a raiz primária atingir o comprimento de 5 mm.

Com isso, após ser caracterizada e comprovada a necessidade de tratamento para ser destinada ao consumo humano, a água bruta foi submetida ao tratamento com coagulante à base de MO, CC e SC, para, assim, verificar se em ambas as situações estudadas, em função dos parâmetros supracitados, pode ser consumida pelo homem.

Quanto ao lodo gerado por esse tratamento, verificou-se se o resíduo, em diferentes concentrações, compromete o crescimento da raiz primária do bioindicador e constatou-se que, caso ocorra esse comprometimento, possivelmente o lodo é considerado tóxico para o meio ambiente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da água: água bruta e coagulada

A caracterização físico-química inicial da água bruta em relação ao pH, à cor aparente e à turbidez demonstrou a necessidade de proceder com o tratamento da água. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), a classificação de corpo d'água como água doce com destino abastecimento humano deve se enquadrar nas classes especial, 1, 2 ou 3, recebendo apenas a desinfecção como tratamento, tratamento simplificado, tratamento convencional ou tratamento convencional ou avançado, respectivamente.

O tratamento simulado no *jar test* correspondeu ao tratamento convencional; logo, a água do manancial em estudo deveria enquadrar-se como classe 2 ou 3. Entretanto, a caracterização da água bruta para o parâmetro turbidez não se ajustou a nenhuma dessas classes. Como, na prática, essa água é utilizada para consumo humano, por não se dispor de outro manancial que venha a suprir essa demanda, seguiu-se com o estudo com tratamento com moringa, na busca de alternativa para tratamento da água. Em virtude do não enquadramento da água bruta, a água tratada não foi comparada à Portaria de Consolidação nº 05 (BRASIL, 2017).

Transcorrido o processo no *jar test*, verificou-se que o tratamento com a amostra controle (sem adição de coagulante) apresentou variabilidade em função da qualidade inicial da água (Figuras 2A e 2B, respectivamente, para cor e turbidez da água decantada), não se adequando aos padrões de potabilidade exigidos pelo Ministério da Saúde. Esse motivo corrobora a necessidade de tratamento por meio da adição de dosagens de coagulante, a fim de clarificar a água e adequá-la ao consumo humano.

Assim, seguiu-se com o tratamento no qual obtiveram-se os dados de cor aparente (Figura 3) e turbidez (Figura 4), para amostras coaguladas com MO CC e MO SC, seguido da decantação de 30 minutos (dec 30 min) ou de 60 minutos (dec 60 min), para posterior filtração da amostra decantada com 30 minutos (filt c/ dec 30 min) ou 60 minutos (filt c/ dec 60 min).

A adição do coagulante à base de moringa MO SC e MO CC (Figuras 5A e 5B, respectivamente) obteve resultado mais favorável para a dosagem de 300 mg.L⁻¹ em relação à remoção da turbidez da água bruta, embora a dosagem de 400 mg.L⁻¹ tenha, também, apresentado significativa eficiência, contudo, com maior desvio padrão.

Para cada dosagem do coagulante, CC e SC, existem dois *boxplots*, que representam o processo de tratamento de água, desde a coagulação até a filtração, simulado no *jar test*, sendo que o *box* à esquerda da dosagem indicada representa os resultados do tratamento para tempo de decantação de 30 minutos, enquanto o da direita corresponde à decantação de 60 minutos. Observou-se que a maior clarificação da água ocorreu para o tratamento de água que envolveu o tempo de decantação de 30 minutos, correspondente a 90,90% para MO SC e a 92,66% para MO CC, de eficiência média. Essas remoções para turbidez são consideradas expressivas, já que, segundo Carvalho et al. (2016), o uso da moringa é mais indicado para tratar água de média a alta turbidez, sendo que a do presente estudo é tida como de baixa turbidez, com valores entre 17 e 27 uT.

Muniz et al. (2015) desenvolveram estudo comparativo da turbidez a partir do tratamento com extrato da MO CC e MO SC sob filtração rápida. Para tanto, o tratamento ideal foi aquele no qual se utilizaram 500 mg.L⁻¹ de dosagem de MO CC com tempo de decantação de 120 minutos e turbidez inicial da água de 400 uT.

Mesmo que o tratamento da MO CC tenha resultado em maior remoção da turbidez, evidencia-se, na Figura 5B, maior variabilidade dos resultados com uso do coagulante nessa condição, podendo ter justificativa na maior carga orgânica acrescida pela casca da semente. Além disso, a maioria dos

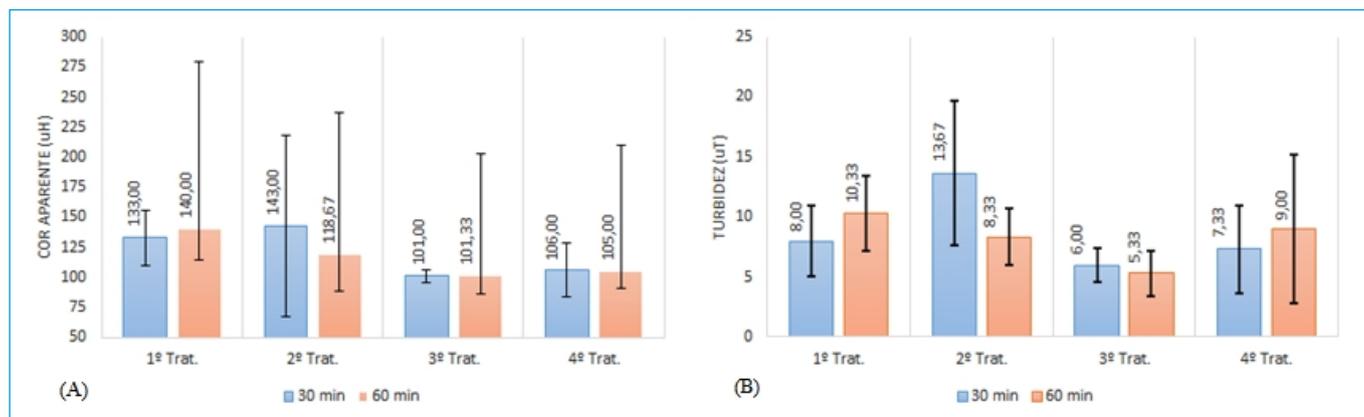


Figura 2 - Valores absolutos da cor aparente (A) e turbidez (B) para água bruta sem adição de coagulante.

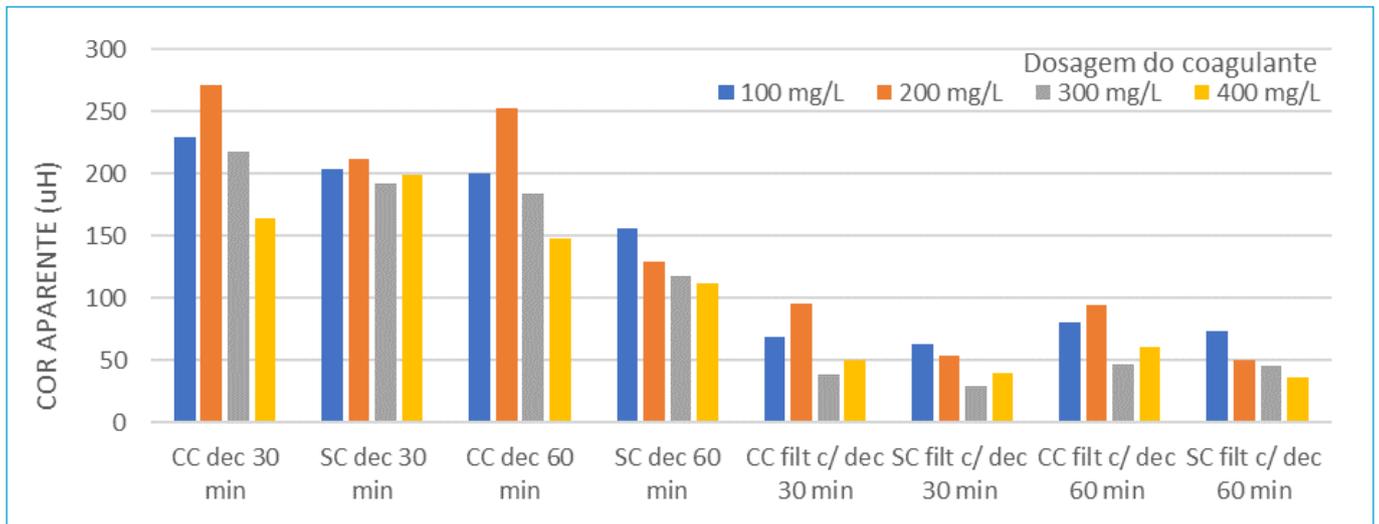


Figura 3 - Valores absolutos da cor aparente para as amostras coaguladas com moringa com e sem casca, com dados de decantação e filtração.

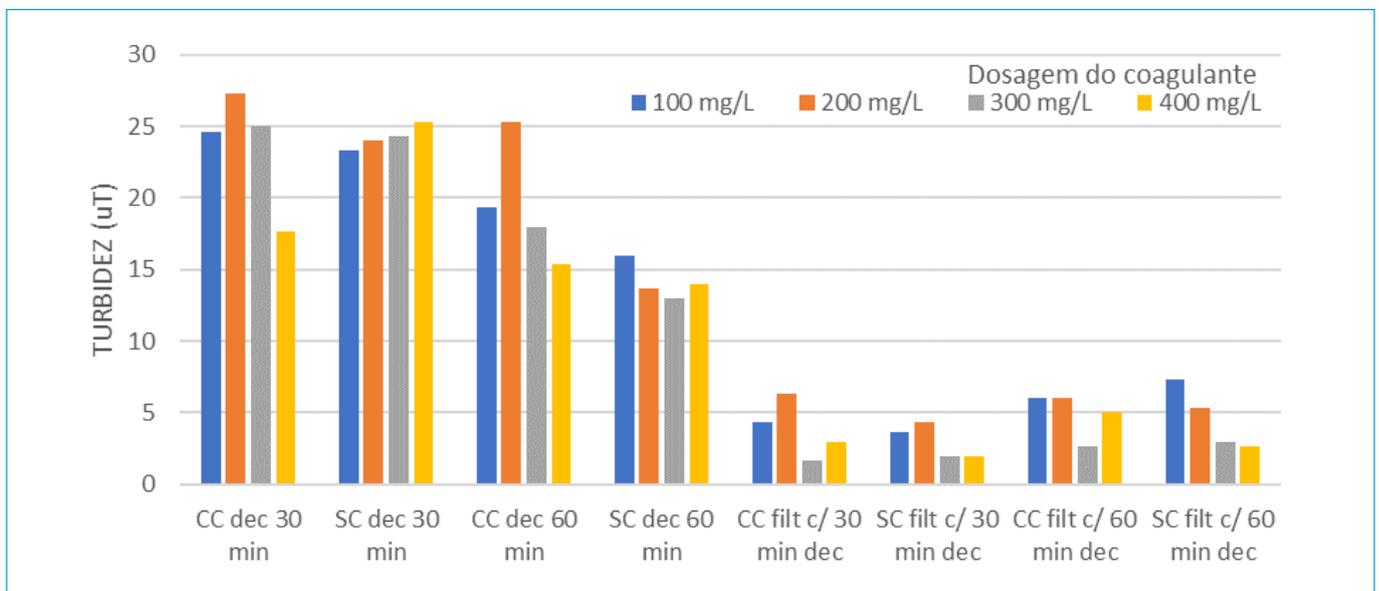


Figura 4 - Valores absolutos da turbidez para as amostras tratadas com moringa com e sem casca, com dados de decantação e filtração.

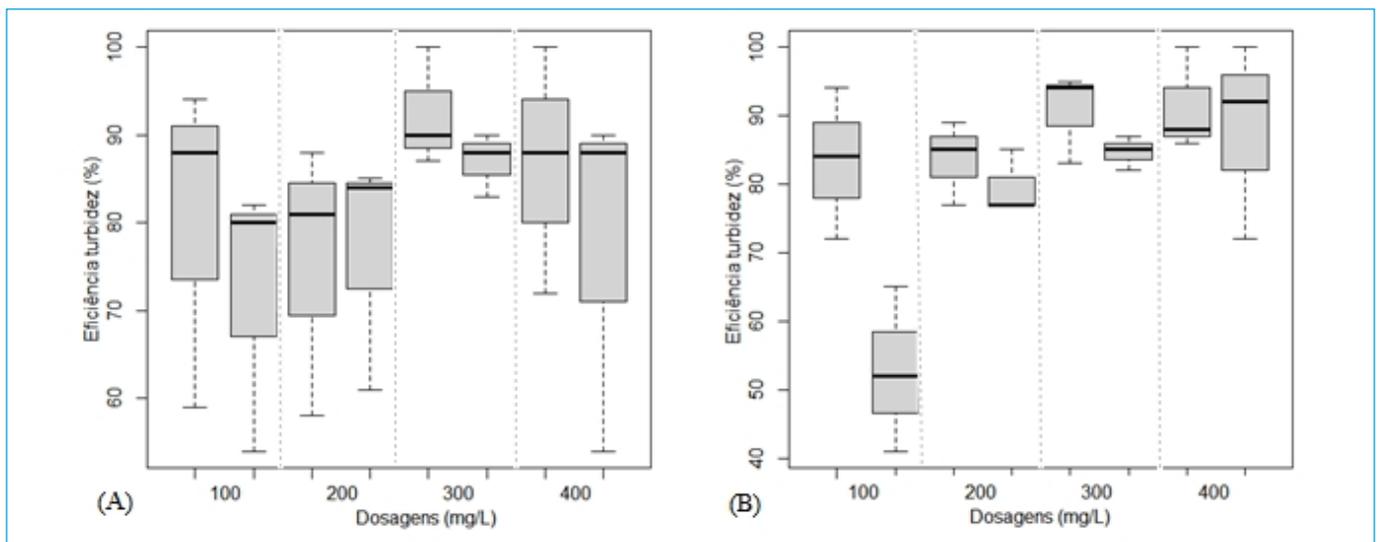


Figura 5 - Remoção da turbidez no tratamento com (A) *Moringa oleifera* sem casca (B) *Moringa oleifera* com casca.

tratamentos obteve remoções mais expressivas e com menor desvio para o primeiro período de decantação (30 minutos). Fato também verificado na remoção da cor aparente, ilustrada na Figura 6. Entretanto, Muniz et al. (2015) apontam que 60 minutos não foram tempo suficiente para a formação dos flocos com o extrato de sementes de MO.

Silva e Matos (2008), analisando a preparação de dispersões para tratamento de água, constataram que os extratos contendo casca de semente foram menos homogêneos do que os SC, resultando em menor remoção de turbidez, visto que a análise granulométrica realizada comprovou menor superfície específica propiciada pelo conteúdo oleico da casca.

Já para a cor aparente (Figuras 6A e 6B, respectivamente para o uso da MO SC e MO CC), a dosagem de 300 mg.L⁻¹ foi responsável por maior remoção desse parâmetro, com resultados de eficiência média para MO SC de 87,42 e de 90,61% para a MO CC, após tratamento completo (da coagulação até a filtração), para 30 minutos de decantação. A concentração de 400 mg.L⁻¹ também apresentou resultados positivos, porém, em virtude de a sua variação em relação à dosagem de 300 mg.L⁻¹ ter sido pouco significativa, considera-se esta como sendo a dosagem ótima. Carvalho et al. (2016), em tratamento de água com alta turbidez, obtiveram como dosagem ótima 50 mg.L⁻¹.

Embora as sementes de MO utilizadas CC tenham proporcionado melhor eficiência tanto da cor quanto da turbidez na maioria dos testes, a análise de variância (ANOVA) não indicou diferença considerada significativa entre as taxas de remoções e as dosagens CC e SC. Em vista disso, recomenda-se a utilização das sementes CC para remoção desses parâmetros. Esse resultado corrobora Amagloh e Benang (2009) e Muniz et al. (2015) com sua respectiva água em estudo e tais autores afirmam que com o uso da MO CC, torna-se o processo mais prático e passível de ser aplicado no próprio local e sem necessidade de maquinário adequado.

Os valores de pH da amostra controle e das amostras coaguladas, com as diferentes concentrações de moringa, resultaram em variação mínima em relação ao pH da água bruta coletada (6,80 a 7,30), apresentando-se próximo à neutralidade (6,85 a 7,70).

A pouca variação do pH entre as amostras durante todo o processo de tratamento, mesmo após os períodos de decantação, comprova que, independentemente da quantidade de solução adicionada, não há alteração significativa do pH da água com a utilização dos coagulantes naturais, comportamento também verificado por Santos et al. (2013) e Siqueira et al. (2018).

De acordo com Bergamasco et al. (2018) e Silva et al. (2020), a não alteração significativa do pH implica em redução de custos com a adição de produtos químicos para correção de pH, já que, ao contrário dos coagulantes inorgânicos, o processo de coagulação com biopolímeros não consome a alcalinidade do meio (STRÖHER et al., 2013). Em seus estudos, Othmani et al. (2020) e Rocha et al. (2020) encontraram que o tratamento à base de plantas, a exemplo da MO, não altera o pH do efluente tratado.

Caracterização do lodo

Em virtude da pequena produção de lodo durante o experimento, situação também relatada por Bhuptawat et al. (2007), Nwaiwu e Lingmu (2011), Madrona et al. (2012), Dantas et al. (2016), Tukki et al. (2016) e Valverde et al. (2018), foi possível mensurar duas amostras dos lodos (amostra “A” e “B”) coletadas em períodos distintos e submetidas às análises de composição química. Os resultados quanto à presença de lipídio, proteína e amido seguem descritos na Tabela 1.

As análises de composição mostraram a presença de lipídios e proteínas, enquanto para o amido houve ausência (Tabela 1), com pequenas variações entre as amostras dos testes, sendo, porém, estatisticamente iguais, segundo a inferência estatística (*t* Student com 95% de significância). O mesmo comportamento foi verificado comparando-se os lodos da MO CC e da MO SC em relação às quantidades de proteínas e lipídios.

O teor de proteínas é o responsável pela atividade coagulante/floculante do bioextrato à base de MO (OTHMANI et al., 2020). Para Galão et al. (2006), a proteína é a composição química que mais se destaca em importância e em quantidade, aproximadamente 39%, sendo a principal responsável pelo processo

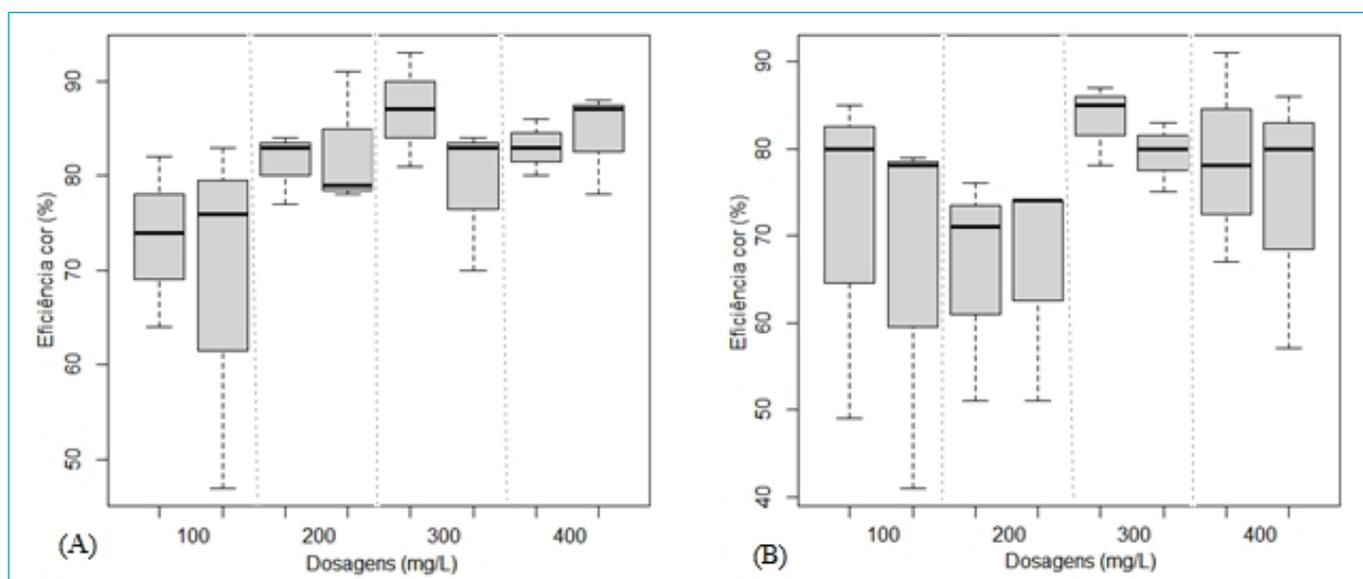


Figura 6 - Remoção da cor aparente no tratamento em triplicata com (A) *Moringa oleifera* sem casca (B) *Moringa oleifera* com casca.

de clarificação no tratamento de água. Entretanto, nos dados em estudo, a proteína mensurada não apresentou significativa quantidade, quando comparada ao resultado de Galão *et al.* (2006).

A respeito dos lipídios, considerado o segundo maior componente presente na semente de moringa (GALÃO *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2009), fez-se presente no atual estudo, porém em proporção semelhante ao teor de proteínas.

Em relação ao amido, as análises declararam sua ausência nos resíduos do tratamento nas duas caracterizações. Resultado divergente do relatado por Galão *et al.* (2006), em pesquisa acerca da avaliação química e estrutural da semente da moringa, que obteve 6% da composição em amido.

Teste de fitotoxicidade

Com base nas recomendações de Bisognin *et al.* (2005) e Li *et al.* (2005) a respeito da germinação do bioindicador em condições ambientais, na qual a *Lactuca sativa* tem crescimento vulnerável quando exposta a organismos tóxicos, na Tabela 2 são apresentados os dados do IG e do ICR da alface cultivada no lodo produzido nos tratamentos com MO CC e com MO SC.

O crescimento médio das raízes, após as 120 horas de acondicionamento, mostrou-se acima do limite mínimo estabelecido (5 mm) pela USEPA (1996) para ambos os lodos oriundos dos tratamentos de água com moringa, CC e SC. Isso significa que, para todas as concentrações das amostras analisadas, o lodo foi benéfico ao desenvolvimento das raízes, mostrando-se, inclusive, superior ao crescimento médio registrado pelo controle negativo.

Comportamento semelhante foi constatado para o IG, para o qual nenhuma das concentrações de lodo apresentou restrição à germinação da alface, caracterizando-se como resíduo atóxico e sem riscos ao meio. Segundo Young *et al.* (2012), amostras com IG abaixo de 80% são consideradas tóxicas

e taxas acima de 120% são consideradas estimulantes ao crescimento, o que corrobora os dados do presente estudo, visto que todas as amostras apresentaram IG acima de 120%.

Estatisticamente, o teste T, para nível de significância de 95%, revelou que não há diferenças consideradas significativas entre as amostras de lodo da moringa CC e SC, tanto em relação ao ICR quanto ao IG, nas concentrações de lodo estudadas.

Tigini *et al.* (2011) e Alvim *et al.* (2011) argumentam que a carga orgânica no lodo proporciona maior oferta de nutrientes que contribuem para o aumento do ICR. Ao passo que Rodrigues *et al.* (2013) destacam que, em baixas concentrações, alguns metais podem ser essenciais para a germinação, podendo apresentar efeito fitotóxico em altas concentrações.

De modo geral, os lodos provenientes do tratamento de água com MO CC e MO SC foi considerado atóxico, o que corrobora Bhuptawat *et al.* (2007), Nwaiwu e Lingmu (2011), Madrona *et al.* (2012), Dantas *et al.* (2016), Tukki *et al.* (2016) e Valverde *et al.* (2018).

CONCLUSÕES

O estudo constatou que a moringa apresenta grande potencial como agente coagulante para tratamento de água, com remoções satisfatórias de cor e turbidez, a depender da concentração utilizada.

Para este estudo, a concentração considerada ideal na análise dos parâmetros destacados foi de 300 mg.L⁻¹, tanto para o extrato de MO CC quanto para o de MO SC. Para o primeiro, verificou-se maior variação dos resultados encontrados, ainda que estes comprovem maior eficiência de remoção de cor e turbidez, possivelmente devido à maior presença de proteína implementada pela casca da semente.

Após os tratamentos, verificou-se manutenção e estabilização do pH em torno do da água bruta, para o coagulante com ambas as situações estudadas.

Em relação à caracterização do lodo, as análises químicas comprovaram a presença de proteínas e lipídios em sua constituição, contudo, em quantidades diferentes das relatadas pela literatura no que se refere à composição das sementes da moringa. Além disso, os valores de proteínas e lipídios foram estatisticamente iguais na comparação entre a MO CC e a MO SC.

Quanto ao amido, sua presença não foi detectada nas amostras de lodo, confrontando o que a literatura apresenta.

Os resultados do teste de fitotoxicidade relataram que o lodo estudado proveniente de tratamento de água do Rio Poxim com coagulante natural, CC e SC, se caracteriza como resíduo atóxico, já que estimulou o crescimento e não inibiu a germinação das sementes da *Lactuca sativa*, podendo ser indicado para uso agrícola e ser disposto no meio ambiente.

Tabela 1 - Quantitativo da análise química realizada em ambos os lodos.

Amostra de lodo - MO CC		
Ensaio	A (g/100 g)	B (g/100 g)
Amido	-	-
Proteína	0,70	0,69
Lipídio	0,57	0,61
Amostra de lodo - MO SC		
Amido	-	-
Proteína	0,60	0,57
Lipídios	0,82	0,74

MO CC: *Moringa oleifera* com casca; MO SC: *Moringa oleifera* sem casca.

Tabela 2 - Resultados do teste de fitotoxicidade em diferentes concentrações do lodo.

Concentração do lodo (%)	Comp. radicular médio (mm)		ICR		IG (%)	
	MO CC	MO SC	MO CC	MO SC	MO CC	MO SC
12,5	44,75	36,19	2,27	1,83	193	156
25,0	38,54	38,28	1,95	1,94	146	184
50,0	31,09	35,73	1,57	1,81	142	163
100,0	43,54	29,89	2,20	1,51	209	121

ICR: índice de crescimento radicular; IG: índice de germinação; MO CC: *Moringa oleifera* com casca; MO SC: *Moringa oleifera* sem casca.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, A. L.; MAT YASIN, N. H.; DEREK, C. J. C.; LIM, J. K. Optimization of microalgae coagulation process using chitosan. *Chemical Engineering Journal*, v. 173, n. 3, p. 879-882, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.07.070>
- ALI, E. N.; MUYIBI, S. A.; SALLEH, H. M.; ALAM, M. Z.; SALLEH, M. R. M. Production of natural coagulant from *Moringa oleifera* seed for application in treatment of low turbidity water. *Journal Water Resource and Protection*, v. 2, p. 259-266, 2010. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2010.23030>
- ALVIM, L. B.; KUMMROW, F.; BEIJO, L. A.; LIMA, C. A. A.; BARBOSA, S. Avaliação da citogenotoxicidade de efluentes têxteis utilizando *Allium cepa* L. *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 6, p. 255-165, 2011. <http://doi.org/10.4136/ambi-agua.198>
- AMAGLOH, F. K.; BENANG, A. Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification. *African Journal of Agricultura Research*, v. 4, n. 2, p. 119-123, 2009.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). American Water Works Association; Water Environment Federation (APHA/AWWA/WEF). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23ª ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2017. 1600 p. ISBN: 9780875532875.
- ARANTES, C. C.; RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S. Processamento de sementes de *Moringa oleifera* utilizando-se diferentes equipamentos para obtenção de solução coagulante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 6, p.661-666, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000600011>
- BABATUNDE, A. O.; ZHAO, Y. Q. Constructive approaches toward water treatment works sludge management: An international review of beneficial reuses. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 37, n. 2, p. 129-164, 2005. <https://doi.org/10.1080/10643380600776239>
- BERGAMASCO, R.; VIEIRA, A. M. S.; NISHI, L.; FALAVIGNA-GUILHERME, A. L.; PARTEIANI, J. E. S.; KLEIN, M. R. F.; ARAÚJO, A. A. Aplicação da moringa no tratamento de águas de abastecimento e residuárias. In: SILVA, G. F.; SANTANA, M. F. S.; LIMA, A. K. V. O.; BERGAMASCO, R.; PAIVA, P. M. G.; SERAFINI, M. R.; BERY, C. C. S. *Potencialidades da Moringa oleifera Lam*. Vol. IV. Sergipe: Editora UFS, 2018. p. 93-144. ISBN 978-85-7822-608-4.
- BHUPTAWAT, H.; FOLKARD, G. K.; CHAUDHARI, S. Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporating *Moringa oleifera* seed coagulant. *Journal of Hazardous Materials*, v. 142, n. 1-2, p. 477-482, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.08.044>
- BISOGNIN, D. A.; VELASQUEZ, L.; WIDDERS, I. Cucumber seedling dependence on cotyledonary leaves for early growth. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n. 6, p.531-539, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2005000600002>
- BLANCO, L. M.; MINHONI, R. T. A.; COSTA, G. H. G. Extrato de acácia negra no tratamento primário de água fluvial. *Environmental Research Science & Technology*, v. 1, n. 1, p. 10-15, 2016. Disponível em: <https://revistas.unisagrado.edu.br/index.php/environmental/article/view/8>
- BONDY, S. C. Low levels of aluminum can lead to behavioral and morphological changes associated with Alzheimer's disease and age-related neurodegeneration. *Neurotoxicology*, v. 52, p. 222-229, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2015.12.002>
- BONGIOVANI, M. C.; CAMACHO, F. P.; VALVERDE, K. C.; SANTOS, T. R. T.; NISHI, L.; BERGAMASCO, R. Evaluation of trihalomethanes formation using combined process coagulation/floculation/membranes in water treatment. *Chemical Engineering Transactions*, v. 43, p. 2323-2328, 2015. <https://doi.org/10.3303/CET1543388>
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria da Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017*. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasil: Ministério da Saúde, 2017.
- BRASIL. Conselho nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *Resolução nº 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasil: Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005.
- BUFALO, J.; AMARO, A. C. E.; ARAUJO, H. S.; CORSATO, J. M.; ONO, E. O.; FERREIRA, G.; RODRIGUES, J. D. Períodos de estratificação na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) sob diferentes condições de luz e temperatura. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 33, n. 3, p. 931-940, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n3p931>
- CARVALHO, M. S.; ALVES, B. R. R.; SILVA, M. F.; BERGAMASCO, R.; CORAL, L. A.; BASSETTI, F. J. CaCl₂ applied to the extraction of *Moringa oleifera* seeds and the use for *Microcystis aeruginosa* removal. *Chemical Engineering Journal*, v. 304, p. 469-475, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.06.101>
- CHOY, S. Y.; PRASAD, K. M. N.; WU, T. Y.; RAGHUNANDAN, M. E.; RAMANAN, R. N. Utilization of plant-based natural coagulants as future alternatives towards sustainable water clarification. *Journal of Environmental Sciences*, v. 26, n. 11, p. 2178-2189, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2014.09.024>
- DANTAS, D. L.; SILVA, A. P. F.; COSTA, J. D.; JÚNIOR, J. C. O.; CAMPOS, A. R. N. Toxicidade da *M. oleifera* utilizando o teste com *Artemias salinas* Leach. In: *Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciência*. Anais [..], Campina Grande, PB, 2016. p. 1-6.
- DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. *Seleção de Tecnologia de Tratamento de Água*. 1ª ed. São Carlos: Editora LDIBE LTDA, 2008, 878 p. Vol. 1.
- FERREIRA, P. M. P.; FARIAS, D. F.; OLIVEIRA, J. T. A.; CARVALHO, A. F. U. M. *Moringa oleifera*: bioactive compounds and nutritional potential. *Revista de Nutrição*, v. 21, n. 4, p. 431-437, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732008000400007>
- FRAGA-CORRAL, M.; GARCÍA-OLIVEIRA, P.; PEREIRA, A. G.; LOURENÇO-LOPES, C.; JIMENEZ-LOPEZ, C.; PRIETO, M. A.; SIMAL-GANDARA, J. Technological application of tanin-based extracts. *Molecules*, v. 25, n. 614, p.1-27, 2020. <https://doi.org/10.3390/molecules25030614>
- FRANCO, C. S.; BATISTA, M. D. A.; OLIVEIRA, L. F. C.; KOHN, G. P.; FIA, R. Coagulation with *M. oleifera* seed prepared by different methods in water turbidity of 20 to 100 UNT. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [Internet], v. 22, n. 4, p. 781-788, 2017. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017145729>
- FREITAS, J. H. E. S.; SANTANA, K. V.; NASCIMENTO, A. C. C.; PAIVA, S. C.; MOURA, M. C.; COELHO, L. C. B. B.; OLIVEIRA, M. B. M.; PAIVA, P. M. G.; NASCIMENTO, A. E.; NAPOLEÃO, T. H. Evaluation of using aluminum sulfate and water-soluble *Moringa oleifera* seed lectin to reduce turbidity and toxicity of polluted stream water. *Chemosphere*, v. 163, p. 133-141, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.08.019>
- GALÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. Avaliação química e estrutural da semente de *Moringa*. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, n. 1, p. 106-109, 2006. ISSN 0045-6888.
- GRYCZAK, M.; KILIPER, J. T.; COSTA, P. D.; MACCARI, A. Sementes de *Lactuca sativa* como bioindicador de toxicidade em resíduos de construção civil. *Revista Tecnologia e Ambiente*, v. 24, p. 232-242, 2018. <http://doi.org/10.18616/tav24i04406>

- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4ª ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1000 p.
- KEELEY, J.; JARVIS, P.; JUDD, S. J. Coagulant recovery from water treatment residuals: a review of applicable technologies. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, v. 44, n. 24, p. 2675-2719, 2014. <https://doi.org/10.1080/10643389.2013.829766>
- LI, W.; KHAN, M. A.; YAMAGUCHI, S.; KAMIYA, Y. Effects of heavy metals on seed germination and early seedling growth of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Growth Regulation*, v. 46, p.45-50, 2005. <https://doi.org/10.1007/s10725-005-6324-2>
- MADRONA, G. S.; BERGAMASCO, R.; SEOLIN, V. J.; KLEN, M. R. F.; BRANCO, I. G.; FILHO, B. A. A. Evaluation of extracts of *Moringa oleifera* lam seeds obtained with NaCl and their effects on water treatment. *Acta Scientiarum*, v. 34, n. 3, p. 289-293, 2012. <https://doi.org/10.4025/actascitecnol.v34i3.9605>
- MANIVANNAN, Y.; MANIVANNAN, B.; BEACH, T. G.; HALDEN, R. U. Role of environmental contaminants in the etiology of Alzheimer's Disease: a Review. *Curr Alzheimer Res.* v. 12, n. 2, p. 116-146, 2015. <https://doi.org/10.2174/1567205012666150204121719>
- MUNIZ, G. L.; DUARTE, F. V.; OLIVEIRA, S. B. Uso de sementes de *Moringa oleifera* na remoção da turbidez de água para abastecimento. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 10, n. 2, p. 454-463, 2015. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1439>
- NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [Internet]. v. 10, n. 1, p. 36-48, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522005000100005>
- NWAIWU, N. E.; LINGMU, B. Studies on the effect of settling time on coliform reduction using *M. oleifera* seed powder. *Journal of applied Sciences in Environmental Sanitation*, v. 6, n. 3, p. 279-286, 2011. <http://doi.org/10.13083/1414-3984/reveng.v24n2p131-138>
- OLIVEIRA, I. C.; TEIXEIRA, E. M. B.; GONÇALVES, C. A. A.; PEREIRA, L. A. Avaliação centesimal da semente de *M. oleifera* Lam. In: *II Seminário Iniciação Científica - IFTM*, 2009.
- OTHMANI, B.; RASTEIRO, M. G.; KHADHRAOUI, M. Toward green technology: a review on some efficient model plant based coagulants/flocculants for freshwater and wastewater remediation. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 22, p. 1025-1040, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01858-3>
- PATERNIANI, J. E.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. The use of *Moringa oleifera* seeds for treatment of surface water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 6, p. 765-771, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000600015>
- ROCHA, V. V. F.; SANTOS, I. F. S.; SILVA, A. M. L.; SANT'ANNA, D. O.; JUNHO, A. L.; BARROS, R. M. Clarification of high turbidity waters: a comparison of *Moringa oleifera* and virgin and recovered aluminum sulfate based coagulants. *Environment, Development and Sustainability*, v. 22, p.4551-4562, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00397-2>
- RODRIGUES, L. C. A.; BARBOSA, S.; PAZIN, M.; MASELLI, B. S.; BEIJO, L. A.; KUMMROW, F. Fitotoxicidade e citogenotoxicidade da água e sedimento de córrego urbano em bioensaio com *Lactuca sativa*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n.10, p. 1099-1108, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001000012>
- SANTOS, A. R.; SALES, M. L.; CAMPOLINO, M. L. Sementes de *lactuca sativa* (alface) como bioindicador da toxicidade da água dos córregos urbanos JK e Interlagos, região sudeste de sete lagoas, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciências da Vida*, v. 5, n. 1, p. 1-14, 2017. Disponível em: <http://jornalold.faculdadecienciasdavidacom.br/index.php/RBCV/article/view/518>
- SANTOS, T. R. T.; VIEIRA, M. F.; BERGAMASCO, R. Uso do coagulante natural moringa oleifera lam no processo combinado de coagulação/floculação/adsorção para minimização da formação de trihalometanos. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v.9,n.11,p.131-141,2013 <http://doi.org/10.17271/198008279112013666>
- SILVA, F. J. A.; MATOS, J. E. X. Sobre dispersões de *Moringa oleifera* para tratamento de água. *Revista Tecnologia Fortaleza*. v. 29, n. 2, p. 157-163, 2008. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/30>
- SILVA, S. N.; SIQUEIRA, E. C.; GOMES, J. P.; WANDERLEY R. O. S.; SILVA, P. B. Quality of water treated with *Moringa oleifera* Lam seeds. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 4, 2020. <http://doi.org/10.33448/rsd-v9i4.3041>
- SIQUEIRA, A. P. S.; SILVA, C. N.; REZENDE, L. C. S. H.; MILANI, R. G.; YAMAGUCHI, N. U. Análise da performance dos coagulantes naturais *moringa oleifera* e tanino como alternativa ao sulfato de alumínio para o tratamento de água. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, Goiânia, v. 15 n. 27; p. 18, 2018. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018A112
- STRÖHER, A. P.; MENEZES, M. L.; PEREIRA, N. C.; BERGAMASCO, R. Utilização de coagulantes naturais no tratamento de efluente proveniente de lavagem de jeans. *Engevista*, v. 15, n. 3, p. 255-260, 2013. <https://doi.org/10.22409/engevista.v15i3.445>
- TIGINI, V.; GIANSANTI, P.; MANGIAVILLANO, A.; PANNOCCHIA, A.; VARESE, G. C. Evaluation of toxicity, genotoxicity and environmental risk of simulated textile and tannery wastewaters with a battery of biotests. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 74, n. 4, p. 866-873, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.12.001>
- TUKKI, O. H.; BARMINAS, J. T.; OSEMEAHON, S. A.; ONWUKA, J. C.; DONATUS, R. A. Adsorption of colloidal particles of *Moringa oleifera* seeds on clay for water treatment applications. *Journal of Water Supply: Research and Technology - Aqua*, v. 65, n. 1, p. 75-86, 2016. <https://doi.org/10.2166/aqua.2015.029>
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *Ecological Effects Test Guidelines: seed germination/root elongation toxicity test*. Washington, 1996. EPA 712-C-96-154.
- VALVERDE, K. C.; PACCOLA, E. A. S.; POMINI, A. M.; YAMAGUCHI, N. U.; BERGAMASCO, R. Combined water treatment with extract of natural *Moringa oleifera* Lam and synthetic coagulant. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, v. 13, n. 3, p. 1-11, 2018. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2135>
- WALTON, J. R. Aluminum Invement in the Progression of Alzheimer's Disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, v. 35, n. 4, p. 7-43, 2013. <https://doi.org/10.3233/JAD-121909>
- WANDERLEY, M. O. C.; ELENISE, G. O.; ARAÚJO, J. M.; LOURDES, M. H.; LIMA, C. B. Avaliação da eficiência de sementes de moringa no tratamento de efluentes de viveiros de camarão marinho. *Revista Ciências Agrônômica*, v. 38, n. 3, p. 257-263, 2007. ISSN 1806-6690.
- YOUNG, B. J.; RIERA, N. I.; BEILY, M. E.; BRES, P. A.; CRESPO, D. C.; RONCO, A. E. Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 76, n. 2, p. 182-186, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.09.019>