Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

OPEN ACCESS

doi.org/10.51891/rease.v12i11.31574

TECNOLOGIA SOCIAL DA MORINGA OLEIFERA NO CANAL JOSÉ WALTER E RIO COCÓ

SOCIAL TECHNOLOGY OF *MORINGA OLEIFERA* ON THE JOSÉ WALTER STREAM AND RIVER COCÓ

TECNOLOGÍA SOCIAL DE LA *MORINGA OLEIFERA* EN EL CANAL JOSÉ WALTER Y EL RÍO COCÓ

Camila Ribeiro dos Santos Gomes[1]
Abraão de Matos Feitoza[2]
Walerya Maria Silva[3]
Francisco Wellington dos Santos Ezequiel[4]
Larissa Jennifer Cruz Ferreira[5]
Igor Lima Soares[6]
Francisco Assis Silva de Lima-Junior[7]
Claudenia Albano de Sousa[8]
Karine Silva Pimentel[9]
Ramona Morya de Souza Araujo Lopes[10]
Jessika Maria Gomes Pinheiro[11]
Carlos Roberto Nunes Carvalho[12]
Marcelo Henrique Freitas Saraiva Guerra[13]

RESUMO: Essa pesquisa buscou desenvolver e avaliar uma tecnologia social de baixo custo fundamentada no biocoagulante natural *Moringa oleifera* para a remediação da qualidade das águas do canal pluvial do bairro José Walter e do leito receptor do Rio Cocó, em Fortaleza, Ceará. A metodologia envolveu a amostragem de água bruta e sementes locais, aplicação de pó das sementes a 1% sob agitação rápida e lenta, decantação gravitacional por 48 horas e filtração simples em papel, procedendo-se às análises físico-químicas e microbiológicas comparadas às normas vigentes (Resolução CONAMA nº 357/2005 e Portaria GM/MS nº 888/2021). Os resultados laboratoriais evidenciaram 100% de inativação de *Escherichia coli* e coliformes totais em ambos os pontos amostrais. Verificou-se expressivo abatimento nos teores de cloretos (até 89%), sólidos totais dissolvidos (até 95%), condutividade elétrica (>90%) e nitratos (98% no Rio Cocó), mantendo-se a neutralidade estável do pH (6,55 a 7,36). A turbidez residual e amônia pontual indicam a necessidade de conjugação com leito poroso. Conclui-se que o filtro de moringa consolida-se como tecnologia social viável para despoluição hídrica e cidadania ambiental.

Palavras-chave: Biocoagulação. Tratamento de águas superficiais. Tecnologia social.

[1]Mestre em Bioquímica pela Universidade Federal do Ceará-UFC.
[2]Mestre em Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN.
[3]Especialista em Gestão Escolar pela Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC.
[4]Ensino Fundamental pela Centro de Educação de Jovens e Adultos-CEJA.
[5]Ensino Fundamental pela Centro de Educação de Jovens e Adultos-CEJA.
[6]Mestre em Ciências Farmacêuticas pela Universidade Federal do Ceará-UFC.
[7]Mestre em Bioquímica pela Universidade Federal do Ceará-UFC.
[8]Especialista em Ecologia e Biodiversidade pela Faculdade Única.
[9]Mestra em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Ceará-UFC.
[10]Especialista em Atendimento Educacional Especializado do Centro Universitário Inta.
[11]Especialista em Ensino de Língua Inglesa pelo Centro Universitário Faculdade Venda Nova do Imigrante-UNIFAVENI.
[12]Especialista em Educação pela UCAM Prominas.
[13]Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Ceará-IFCE.

ABSTRACT: This article aims to develop and evaluate a low-cost social technology based on the natural biocoagulant *Moringa oleifera* for the remediation of water quality in the José Walter drainage canal and the receiving bed of the Cocó River, in Fortaleza, Ceará. The methodology involved sampling raw water and local seeds, applying 1% seed powder under rapid and slow stirring, gravitational settling for 48 hours, and simple paper filtration, followed by physical-chemical and microbiological analyses benchmarked against regulatory standards (CONAMA Resolution 357/2005 and Ordinance GM/MS 888/2021). Laboratory findings demonstrated 100% inactivation of *Escherichia coli* and total coliforms across all sample sites. A significant reduction was achieved in chloride levels (up to 89%), total dissolved solids (up to 95%), electrical conductivity (>90%), and nitrates (98% in the Cocó River), maintaining neutral pH stability (6.55 to 7.36). Residual turbidity and localized ammonia highlight the need for subsequent coupling with a porous media filter. In conclusion, the *Moringa* filter establishes itself as a feasible social technology for aquatic decontamination and community environmental citizenship.

Keywords: Biocoagulation. Surface water treatment. Social technology.

RESUMEN: Este artículo pretende desarrollar y evaluar una tecnología social de bajo costo basada en el biocoagulante natural *Moringa oleifera* para la remediación de la calidad del agua en el canal pluvial del barrio José Walter y en el lecho receptor del Río Cocó, en Fortaleza, Ceará. La metodología consistió en el muestreo de agua cruda y semillas locales, aplicación de polvo de semillas al 1% bajo agitación rápida y lenta, decantación gravitacional por 48 horas y filtración simple en papel, procediéndose a análisis fisicoquímicos y microbiológicos confrontados con las normativas vigentes (Resolución CONAMA nº 357/2005 y Portaria GM/MS nº 888/2021). Los resultados de laboratorio evidenciaron 100% de inactivación de *Escherichia coli* y coliformes totales en ambos puntos de muestreo. Se constató una notable reducción en los niveles de cloruros (hasta un 89%), sólidos disueltos totales (hasta un 95%), conductividad eléctrica (>90%) y nitratos (98% en el Río Cocó), manteniendo la estabilidad neutral del pH (6,55 a 7,36). La turbidez residual y el amoníaco puntual señalan la necesidad de combinar el sistema con un lecho poroso. Se concluye que el filtro de moringa se consolida como una tecnología social viable para la descontaminación hídrica y la ciudadanía ambiental comunitaria.

Palabras clave: Biocoagulación. Tratamiento de aguas superficiales. Tecnología social.

1 INTRODUÇÃO

A conservação dos recursos hídricos é fator determinante para o equilíbrio ecológico e a saúde pública, contudo a degradação das bacias hidrográficas urbanas permanece como um grave desafio socioambiental (REBOUÇAS AC, 2006). No Brasil, disparidades regionais históricas no saneamento básico afetam com maior intensidade o Norte e Nordeste, transformando canais pluviais em condutos de efluentes domésticos sem o devido tratamento prévio (SILVA SA, et al., 2015). Essa realidade reflete-se no canal pluvial adjacente ao Centro de Educação de Jovens e Adultos (CEJA) José Walter, em Fortaleza, Ceará, onde o escoamento

apresenta contaminação microbiológica e físico-química direta na Bacia Hidrográfica do Rio Cocó (OLIVEIRA W, 2024).

Nesse contexto, o emprego de coagulantes químicos convencionais esbarra em custos elevados e riscos ecotoxicológicos, estimulando a busca por tecnologias sociais baseadas em biopolímeros vegetais (GODOY LGR e REIS AG, 2026). As sementes de *Moringa oleifera* Lam. destacam-se pela presença de proteínas catiônicas (~13 kDa) capazes de neutralizar coloides e patógenos por atração eletrostática e biofloculação, sem acidificar a água tratada (NDABIGENGESERE A e NARASIAH KS, 1998).

A intervenção justifica-se pela urgente necessidade de mitigar o aporte de poluentes à bacia receptora do Rio Cocó e de restabelecer padrões mínimos de qualidade compatíveis com a Resolução CONAMA nº 357/2005 e com a Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2005; BRASIL, 2021). Além disso, a tecnologia promove a alfabetização científica e a cidadania ambiental ao integrar a comunidade escolar na solução de demandas sanitárias locais (FOLKARD GK, et al., 1996).

Diante dessa situação, este trabalho teve como objetivo desenvolver, aplicar e analisar a eficiência de um sistema de tratamento de baixo custo com *Moringa oleífera* na remediação das águas do canal do José Walter e do Rio Cocó, diagnosticando a redução de bioindicadores fecais e parâmetros físico-químicos frente aos limites regulatórios vigentes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo experimental e de intervenção socioambiental foi conduzido a partir de amostragens de campo no bairro Prefeito José Walter e ensaios laboratoriais desenvolvidos no Centro de Educação de Jovens e Adultos (CEJA) José Walter e laboratórios parceiros, em Fortaleza, Ceará.

2.1 Material Biológico

O material biológico consistiu em sementes maduras de *Moringa oleifera* Lam. coletadas de espécimes arbóreos no entorno comunitário do CEJA José Walter. As amostras de água bruta foram colhidas em dois pontos estratégicos de drenagem urbana da capital cearense: o canal pluvial adjacente ao CEJA José Walter (38°33'27" W e 3°50'06" S) e o trecho receptor da calha principal do Rio Cocó (38°31'48" W e 3°49'52" S).

A coleta e o transporte de água bruta seguiram os preceitos de assepsia e integridade amostral padronizados pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017) e normas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (Figura 1-I). Utilizaram-se frascos estéreis de polietileno de 100 mL e 1000 mL, previamente tratados com solução de tiossulfato de sódio para neutralização de agentes oxidantes residuais em ensaios microbiológicos. Logo após a captura, os recipientes foram mantidos sob refrigeração isotérmica até o início imediato dos procedimentos experimentais de bancada.

2.2 Modo de preparo do filtro de moringa

O processamento do biocoagulante e o tratamento da água foram adaptados do protocolo de Folkard GK, et al. (1996) e Ndabigengesere A e Narasiah KS (1998). As vagens secas foram desprovidas de suas cascas externas e tegumentos para obtenção das amêndoas alvas, as quais foram trituradas mecanicamente em processador até a obtenção de uma farinha homogênea fina (Figura 1-II).

Figura 1: Metodologia Filtro de Moringa



I-Coleta de água bruta no canal José Walter (esquerda) e Rio Cocó (direita).



II-Processo de descascarem da semente e trituração da mesma para o filtro.



III-Metodologia de filtro de moringa, até obtenção da água tratada.

Fonte: Metodologia de Folkard, et al., 1996, com modificações.

O processo de clarificação foi padronizado na dosagem de 1% (m/v), equivalente a 10 g do pó de semente descascada para cada 1000 mL de água contaminada bruta. O ciclo de coagulação e floculação consistiu nas seguintes etapas operacionais sucessivas (Figura 1-III):

Agitação intensa (mistura rápida): agitação mecânica vigorosa por 15 minutos em agitador magnético, propiciando a dissolução das proteínas catiônicas e a desestabilização das cargas negativas dos colóides e bactérias suspensas;

Agitação lenta (floculação): agitação suave por 10 minutos para permitir a agregação das partículas coloidais desestabilizadas em micro flocos densos;

Sedimentação/Decantação estática: repouso gravitacional por 48 horas em temperatura ambiente, promovendo a decantação integral dos bioflocos no fundo dos frascos;

Filtração simples: separação mecânica do sobrenadante límpido clarificado através de leito filtrante de papel filtro quantitativo para retenção dos flocos residuais, obtendo-se a água tratada para os ensaios finais.

2.3 Métodos utilizados para análise de potabilidade

A caracterização das matrizes hídricas antes e após a intervenção com o biocoagulante abrangeu parâmetros físico-químicos e microbiológicos normatizados, sendo os valores obtidos comparados aos limites de enquadramento da Resolução CONAMA nº 357/2005 (Classe 2) e aos padrões de potabilidade da Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2005; BRASIL, 2021):

Ensaios microbiológicos: A detecção qualitativa e quantitativa de bioindicadores de contaminação fecal (*Escherichia coli* e Coliformes Totais) foi realizada pelo Método do Substrato

Cromogênico Enzimático em alíquotas de 100 mL, avaliando a presença/ausência conforme Silva SA (2017) e Rice EW, et al. (2023).

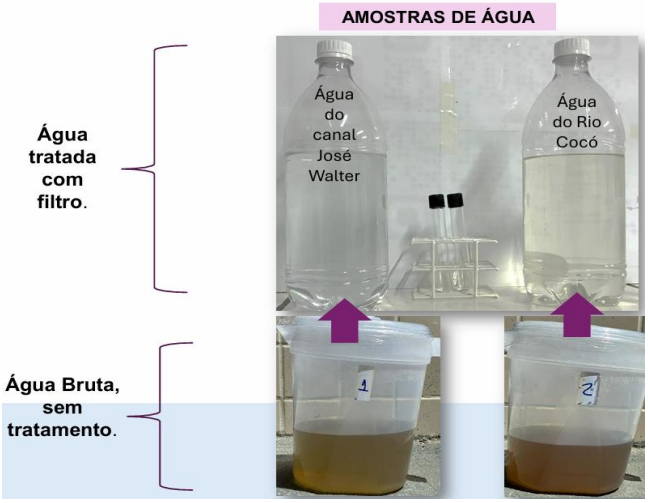
Variáveis físico-químicas e sensoriais: Foram monitorados aspecto, cor aparente, odor, pH e temperatura por potenciometria direta em medidor multiparâmetro; condutividade elétrica via condutivímetro microprocessado (expressa em μS/cm); Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) e turbidez por turbidimetria óptica nefelométrica (expressa em UNT/NUT) (APHA, 2017; RICE EW, et al., 2023).

Determinações iônicas e espectrofotométricas: Dureza total e cloretos foram quantificados por titulometria de complexação e precipitação argentimétrica, respectivamente; compostos nitrogenados (amônia, nitritos e nitratos), sulfatos, cloro residual livre e ferro total foram determinados por espectrofotometria e métodos colorimétricos segundo protocolos descritos em Parron LM, et al. (2011) e Rice EW, et al. (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação comparativa do perfil sanitário e físico-químico das matrizes hídricas do canal pluvial do bairro Prefeito José Walter e da calha receptora do Rio Cocó revelou o elevado grau de degradação antrópica das águas brutas e a notável capacidade de remediação proporcionada pelo biocoagulante *Moringa oleifera* Lam. (Figura 2).

Figura 2: Amostras de água antes e após o tratamento com *Moringa oleifera*.



Fonte: Dados da pesquisa, (2026).

A análise microbiológica (Tabela 1) na água bruta, confirmou a presença expressiva de coliformes totais e *Escherichia coli* tanto no Canal José Walter quanto no Rio Cocó, atestando contaminação fecal crítica oriunda do lançamento clandestino de esgotos domésticos *in natura*.

Essa condição enquadra as águas brutas como não conformes frente à Resolução CONAMA nº 357/2005 e absolutamente impróprias para contato primário ou consumo humano segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2005; BRASIL, 2021).

Após o tratamento com o biocoagulante a 1% e decantação por 48 horas, constatou-se a eliminação completa (100%) de *E. coli* e coliformes totais nas duas matrizes hídricas (Tabela 1; Figura 2). A conversão para a condição de conformidade sanitária corrobora os achados pioneiros de Ndabigengesere A e Narasiah KS (1998) e Vieira AMS, et al. (2024), os quais elucidam que as sementes de *Moringa oleifera* possuem peptídeos e proteínas catiônicas hidrossolúveis (com massa molecular de aproximadamente 13 kDa). Dotadas de forte densidade de carga positiva, essas macromoléculas ligam-se por atração eletrostática às paredes celulares bacterianas (predominantemente aniônicas). Esse mecanismo promove a desestabilização da membrana plasmática microbiana, aglutinando os patógenos em bioflocos pesados que se depositam rapidamente por sedimentação gravitacional, retirando-os integralmente da fase líquida (FOLKARD GK, et al., 1996; NDABIGENGESERE A e NARASIAH KS, 1998).

Diferentemente dos coagulantes inorgânicos convencionais à base de sais de ferro ou sulfato de alumínio, que consomem a alcalinidade do meio e causam expressiva acidificação da água, exigindo correções químicas secundárias, a *Moringa oleifera* preservou o pH dentro da faixa ideal de neutralidade recomendada pelos órgãos reguladores (BRASIL, 2005; GODOY LGR e REIS AG, 2026). No Canal José Walter (Tabela 1), o pH variou de 7,87 na água bruta para 6,55 na tratada; no Rio Cocó, deslocou-se de 8,02 para 7,36, permanecendo plenamente ajustado aos limites legais de 6,0 a 9,0. Como bem pontuado por Libânio M (2025), a estabilidade do pH é um diferencial técnico basilar de coagulantes orgânicos, evitando corrosão nas estruturas condutoras e mantendo o equilíbrio químico do ecossistema receptor.

No que tange à salinidade e força iônica, observou-se uma redução drástica nos teores de cloreto. A água bruta do Canal José Walter e do Rio Cocó (Tabela 1) exibia concentrações basais abusivas de 952,09 mg/L e 1308,22 mg/L de cloretos, respectivamente, violando o teto de 250,00 mg/L fixado pelo CONAMA (BRASIL, 2005). Após a biofloculação, as concentrações despencaram para 152,63 mg/L (eficiência de 84%) e 145,36 mg/L (eficiência de 89%), enquadrando ambos os efluentes dentro dos limites normativos vigentes. Em consonância direta com esse fenômeno, a condutividade elétrica sofreu uma atenuação superior a 90%, declinando de 1076,00 para 87,60 μS/cm no canal pluvial e de 1717,00 para 88,10 μS/cm no Rio

Cocó. Paralelamente, os Sólidos Totais Dissolvidos (TDS) diminuíram em até 95% (de 724,00 para 35,00 mg/L no Cocó).

Esse decréscimo maciço de condutividade e cloretos (Tabela 1) decorre de processos sinérgicos de adsorção intermolecular e retenção física de microíons na matriz porosa dos complexos macromoleculares formados durante a polimerização dos flocos proteicos de moringa (BHUPTAWAT H, et al., 2024; SOUZA TR, et al., 2024). Resultados análogos foram obtidos por Bhuptawat H, et al. (2024), confirmando que as proteínas bioativas da moringa são dotadas de sítios funcionais quelantes e adsorventes capazes de co-precipitar sais inorgânicos solúveis durante a decantação estática prolongada.

A dinâmica dos compostos de nitrogênio (Tabela 1) demonstrou forte interferência sobre a recuperação ambiental da bacia receptora. A água bruta do Rio Cocó continha teores preocupantes de nitratos (26,66 mg/L), valor que ultrapassava mais que o dobro do padrão máximo permitido de potabilidade e de águas de Classe 2 (10,00 mg/L), caracterizando aporte crônico de esgotos oxidados e iminente risco de eutrofização (BRASIL, 2005; BRASIL, 2021). A intervenção biotecnológica abateu os nitratos para 0,42 mg/L no Rio Cocó, o índice de remoção correspondente a 98%, foi diminuindo a proliferação desordenada de macrófitas e cianobactérias tóxicas no manancial.

Tabela 1: Resultados comparativos de água de ambos os locais, com e sem tratamento.

Local: Canal José Walter.

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA		Sem tratamento, água bruta.		Com tratamento de *M. oleífera*.	
Ensaio	Valor de referência legislação	Resultado	Conclusão	Resultado	Conclusão
Coliformes Totais	Ausente	Presente	Não se aplica	Ausente	Satisfatório
Escherichia coli	Ausente	Presente	Não satisfatório	Ausente	Satisfatório
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICOS		**Sem tratamento, água bruta.**		**Com tratamento de *M. oleífera*.**	
Ensaio	Valor de referência legislação	Resultado	Conclusão	Resultado	Conclusão
Aspecto	Conforme	Conforme	Não satisfatória	Não conforme	Não satisfatória
Cor	Conforme	Conforme	Não satisfatória	Não conforme	Não satisfatória
Odor	Não conforme	Não conforme	Não satisfatória	Não conforme	Não satisfatória

pH	7,87	7,87	Satisfatória	6,55	Satisfatória
Dureza total	131,89 mg/L	131,89 mg/L	Satisfatória	136,01 mg/mL	Satisfatória
Amônia	0,69 mg/L	0,69 mg/L	Não satisfatória	4,93 mg/mL	Não satisfatória
Cloretos	952,09 mg/L	952,09 mg/L	Satisfatória	152,63 mg/mL	Satisfatória
Sulfatos	4,68 mg/L	4,68 mg/L	Satisfatória	34,01 mg/mL	Satisfatória
Nitritos	0,20 mg/L	0,20 mg/L	Satisfatória	3,78 mg/mL	Satisfatória
Nitratos	0,00 mg/L	0,00 mg/L	Satisfatória	1,18 mg/mL	Satisfatória
Alcalinidade	202,12 mg/L	202,12 mg/L	Não se aplica	102,08 mg/mL	Não se aplica
Acidez	0,00 mg/L	0,00 mg/L	Não se aplica	10,13 mg/mL	Não se aplica
Condutividade	1076 uS/cm	1076 uS/cm	Não se aplica	87,6 uS/mL	Não se aplica
Cloro Residual	> 5,0 mg/L	> 5,0 mg/L	Não satisfatória	0,10 mg/mL	Não satisfatória
Ferro	0,10 mg/L	0,10 mg/L	Não satisfatória	0,55 mg/mL	Não satisfatória
Turbidez	2,49 NUT	2,49 NUT	Não satisfatória	26,8 NUT	Não satisfatória
TDS	464 mg/L	464 mg/L	Satisfatória	37 mg/mL	Satisfatória

Local: Rio Cocó.

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA		Sem tratamento, água bruta.		Com tratamento de *M. oleífera*.	
Ensaio	Valor de referência legislação	Resultado	Conclusão	Resultado	Conclusão
Coliformes Totais	Ausência em 100 mL	Presente	Não satisfatório	Ausente	Satisfatório
Escherichia coli	Ausência em 100 mL	Presente	Não satisfatório	Ausente	Satisfatório
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICOS		Sem tratamento, água bruta.		Com tratamento de *M. oleífera*.	
Ensaio	Valor de referência legislação	Resultado	Conclusão	Resultado	Conclusão
Aspecto	Líquido Límpido	Não conforme	Não satisfatória	Não conforme	Não satisfatória
Cor	Incolor	Não conforme	Não satisfatória	Não conforme	Não satisfatória

Odor	Inodoro	Não conforme	Não satisfatória	Não conforme	Não satisfatória
pH	6,0-9,0	8,02	Satisfatória	7,36	Satisfatória
Dureza total	Máximo 300 mg/L	115,42 mg/mL	Satisfatória	140,13 mg/L	Satisfatória
Amônia	Máximo 1,2 mg/L	1,67 mg/mL	Não satisfatória	1,57 mg/L	Não satisfatória
Cloretos	Máximo 250 mg/L	1308,22 mg/mL	Não satisfatória	145,36 mg/L	Satisfatória
Sulfatos	Máximo 250 mg/L	12,97 mg/mL	Satisfatória	26,86 mg/L	Satisfatória
Nitritos	Máximo 1mg/L	0,21 mg/mL	Satisfatória	0,58 mg/L	Satisfatória
Nitratos	Máximo 10 mg/L	26,66 mg/mL	Satisfatória	0,42 mg/L	Satisfatória
Alcalinidade	---	564,50 mg/mL	Não se aplica	137,81 mg/L	Não se aplica
Acidez	---	0,00 mg/mL	Não se aplica	6,08 mg/L	Não se aplica
Condutividade	---	1717 uS/mL	Não se aplica	88,1 uS/cm	Não se aplica
Cloro Residual	0,2 a 5,0 mg/L	>5 mg/mL	Não satisfatória	0,04 mg/L	Não satisfatória
Ferro	Máximo 0,3 mg/L	0,23 mg/mL	Satisfatória	0,24 mg/L	Satisfatória
Turbidez	Máximo 5,0 NUT	45,1 NUT	Não satisfatória	41,7 NUT	Não satisfatória
TDS	Máximo 500 mg/mL	724 mg/mL	Não satisfatória	35 mg/L	Satisfatória

Fonte: Dados da pesquisa, (2026).

Em contrapartida, registrou-se um acréscimo pontual nas concentrações de nitrogênio amoniacal e nitritos nas amostras tratadas do Canal José Walter (atingindo 4,93 mg/L e 3,78 mg/L, respectivamente) (Tabela 1). Essa elevação residual é um efeito colateral amplamente documentado na literatura científica quando se empregam sementes de moringa em pó bruto sem prévia extração lipídica ou purificação por coluna (NDABIGENGESERE A e NARASIAH KS, 1998; N'DRI SR, et al., 2024). As sementes inteiras contêm frações orgânicas solúveis, lipídios e aminoácidos que, ao permanecerem em repouso por 48 horas em meio aquoso, sofrem hidrólise parcial e lise biológica, liberando amônia e gerando compostos intermediários de nitrificação (ALAM MS, et al., 2026).

Em relação à turbidez e aos sólidos em suspensão (Tabela 1), constatou-se que na amostra bruta do Rio Cocó houve uma discreta redução de 45,10 para 41,70 UNT, ao passo que no Canal José Walter a turbidez aumentou de 2,49 para 26,80 UNT. A despeito de as amostras apresentarem aspectos visuais notadamente mais translúcidos quando comparadas à cor barrenta e turva da água bruta original, os detectores ópticos nefelométricos registraram dispersão de luz ocasionada por microcoloides e fragmentos proteicos ultraleves mantidos em suspensão (RICE EW, et al., 2023).

Tal comportamento foi igualmente constatado por Garcia JM, et al. (2024) e Godoy LGR e Reis AG (2026), os quais esclarecem que a aplicação do pó total de semente sem uma etapa subsequente de desengorduramento ou filtração em areia e carvão ativo tende a deixar matéria orgânica residual dispersa. Esse achado ressalta com transparência e clareza a principal recomendação técnica da pesquisa: a tecnologia social de clarificação por *Moringa oleifera* atinge máxima excelência quando conjugada a um leito poroso simples de pós-filtração (composto por areia graduada e carvão ativado). Essa camada física adicional é perfeitamente capaz de reter os microflocos remanescentes e adsorver a fração orgânica solúvel, eliminando a turbidez residual e garantindo conformidade integral com a Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021; SOUZA TR, et al., 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos consolidam a aplicação do biocoagulante natural *Moringa oleifera* Lam. como uma tecnologia social viável, sustentável e altamente eficiente para o tratamento e a recuperação preliminar de águas residuárias urbanas no canal pluvial do bairro Prefeito José Walter e no leito receptor do Rio Cocó.

O sistema de biofloculação atingiu 100% de eficácia na inativação e remoção de bioindicadores fecais (*Escherichia coli* e Coliformes Totais), convertendo amostras com severo risco biológico em matrizes em conformidade microbiológica com a Portaria GM/MS nº 888/2021 e a Resolução CONAMA nº 357/2005. No espectro físico-químico, a tecnologia comprovou sua capacidade despoluidora ao promover reduções drásticas nos teores de cloretos (até 89%), na condutividade elétrica (>90%), nos sólidos totais dissolvidos (até 95%) e na carga de nitratos no Rio Cocó (98%), preservando a estabilidade do pH em níveis de neutralidade e evitando a acidificação deletéria comum aos coagulantes químicos sintéticos.

A detecção de teores residuais de nitrogênio amoniacal e turbidez coloidal pós-tratamento, associada à fração orgânica solúvel intrínseca às sementes brutas, evidencia que o sistema deve ser complementado em pesquisas futuras por uma etapa física subsequente de filtração em leito poroso (areia e carvão ativado).

Por fim, ao aliar a comprovação analítica laboratorial ao contexto escolar do CEJA José Walter, a intervenção cumpre um papel transformador: disponibiliza uma alternativa acessível e descentralizada para mitigar impactos ambientais na Bacia do Rio Cocó e estimula a alfabetização científica e a cidadania ambiental ativa na comunidade local.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam os seus sinceros agradecimentos à comunidade escolar e à direção do Centro de Educação de Jovens e Adultos (CEJA) José Walter e à Secretaria da Educação do Estado do Ceará (SEDUC-CE), pela disponibilização dos espaços, incentivo à investigação científica e suporte logístico para a realização deste projeto.
Agradecem igualmente à Farmácia Escola e aos laboratórios associados da Universidade Federal do Ceará (UFC), pelo apoio técnico concedido na condução das análises microbiológicas e físico-químicas das matrizes hídricas.

REFERÊNCIAS

ALAM, M. S. et al. Utilizing freeze-dried Moringa oleifera leaf extract as a novel biocoagulant for aquaculture wastewater treatment: characterization, mechanism, and optimization. **Journal of Water Process Engineering**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 104-115, jan. 2026.

ALENCAR, M. N. et al. Propriedades fitoterápicas e nutricionais da Moringa oleifera. **Revista de Medicina Natural**, v. 12, n. 2, 2019.

ALENCAR, M. N. et al. Estudo etnobotânico do conhecimento e uso das plantas medicinais no município de Buriticupu, Maranhão, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 6, p. 328-338, nov. 2019.

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 23. ed. Washington: APHA, 2017.

BHUPTAWAT, H.; FOLKARD, G. K.; CHAUDHARI, S. Innovative physico-chemical treatment of wastewater using Moringa oleifera seed coagulant. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], v. 142, n. 1, p. 477-482, 2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021.

CAWST (Centre for Affordable Water and Sanitation Technology). **Introduction to Drinking Water Quality Testing**. Calgary, Canada: CAWST, 2024.

FOLKARD, G. K. et al. Sustainable water treatment and community development. In: **22nd WEDC Conference: Reaching the Unreached**. New Delhi, India, 1996.

GARCIA, J. M. et al. Use of Moringa oleifera as a natural coagulant in the reduction of water turbidity in mining activities. **Sustainability**, [s. l.], v. 16, n. 16, p. 2315-2330, ago. 2024.

GODOY, L. G. R.; REIS, A. G. Removal of microplastics from drinking water by Moringa oleifera seed: comparative performance with alum in direct and in-line filtration systems. **ACS Omega**, [s. l.], v. 11, n. 5, 2026.

GODOY, L.; REIS, M. Remoção de microplásticos e contaminantes emergentes via biocoagulantes. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 31, n. 1, p. 45-58, 2026.

GOLDFARB, M. C. **Utilização das sementes da espécie Moringa oleifera no tratamento das águas turvas do Nordeste**. João Pessoa: UFPB, 2015.

HALL, P. **Cities of tomorrow**: an intellectual history of urban planning and design in the twentieth century. 3rd ed. Oxford, UK; Malden, MA: Blackwell Publishers, 2002.

HOWARD, E. **Cidades-Jardins de amanhã**. São Paulo: Hucitec, 1996.

JAHN, S. A. A. **Traditional water purification in tropical developing countries**: existing methods and potential for application. Eschborn: German Agency for Technical Cooperation, 1981.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2025.

MANJA, K. S.; MAURYA, M. S.; RAO, N. M. A simple field test for the detection of faecal pollution in drinking water. **Bulletin of the World Health Organization**, Geneva, v. 60, n. 5, p. 797-801, 2024.

N'DRI, S. R. et al. Moringa oleifera extracts and their potential use to purify wastewater in mining areas: a review. **Journal of Materials and Environmental Science**, [s. l.], v. 15, n. 12, p. 1210-1225, 2024.

NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S. Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. **Water Research**, v. 32, n. 3, p. 781-791, 1998.

OLIVEIRA, W. **A evolução urbana e social do Conjunto Prefeito José Walter**. Fortaleza: Ed. Universitária, 2024.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (orgs.). **Águas Doces no Brasil**: Capital Ecológico, Uso e Conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; EATON, A. D. (ed.). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 24. ed. Washington, DC: APHA, AWWA, WEF, 2023.

SILVA, J. P. S.; COELHO, L. C. B. B. Moringa oleifera: uma planta de múltiplos usos com potencial biotecnológico. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Goiânia, v. 3, n. 2, p. 1-10, 2006.

SILVA, S. A. Análise microbiológica de águas por substrato cromogênico. **Revista de Biotecnologia Hídrica**, v. 8, n. 2, p. 112-125, 2017.

SOUZA, T. R. et al. Water treatment with clean technologies using Moringa oleifera seeds in alternative low-cost clarification units. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 625-645, maio 2024.

VIEIRA, A. M. S. et al. Evaluation of the antimicrobial activity of Moringa oleifera Lam. seeds in water treatment. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 533-540, 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Hydrogen sulfide paper strip test**: a simple test for the detection of faecal pollution in drinking water. Geneva: WHO, 2024.