

UTILIZAÇÃO DA MORINGA OLIEFERA COMO AGENTE COAGULANTE NATURAL NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Ivo Costa Bandeira*

Iuri da Costa Almeida*

Vanessa Nunes Alves*

Resumo: O estudo discute os efeitos das mudanças climáticas globais sobre a intensificação de eventos extremos e a consequente escassez de água potável, especialmente em regiões semiáridas e em países em desenvolvimento. Destaca-se a vulnerabilidade hídrica do semiárido nordestino brasileiro, agravada pela irregularidade das chuvas e pela limitada infraestrutura de saneamento básico. Nesse contexto, enfatiza-se a relevância das tecnologias sociais como alternativas sustentáveis para o tratamento descentralizado da água. O trabalho aborda o uso da *Moringa oleifera* como coagulante natural, ressaltando suas características botânicas, adaptação ao clima semiárido e potencial multifuncional. Evidências científicas demonstram a eficácia das sementes na coagulação, floculação e remoção de microrganismos e contaminantes químicos da água. Além disso, são destacadas as propriedades antimicrobianas e a simplicidade do método de aplicação, que favorecem seu uso em escala comunitária. Dessa forma, a moringa apresenta-se como uma alternativa de baixo custo, ambientalmente sustentável e alinhada às estratégias de mitigação e adaptação aos impactos das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Escassez hídrica; Tecnologias sociais; *Moringa oleifera*; Tratamento da água.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas é um dos principais desafios enfrentados pelas comunidades rurais no nordeste brasileiro, especialmente no contexto da agricultura familiar. Nessas áreas, o acesso a sistemas convencionais de tratamento de água e esgotamento sanitário é frequentemente limitado ou inexistente, o que torna necessário o desenvolvimento de alternativas simples, de baixo custo e ambientalmente sustentáveis. Nesse cenário, o reaproveitamento de águas cinzas — provenientes de atividades domésticas como

* Instituto de Química – UFCAT: ivo-cb@hotmail.com, iurialmd@gmail.com, vanessa.nunes@ufcat.edu.br

* Instituto de Química – UFCAT: ivo-cb@hotmail.com, iurialmd@gmail.com

lavagem de roupas, utensílios e higiene pessoal — surge como uma estratégia importante para a redução do consumo de água potável e para o uso mais racional dos recursos hídricos, particularmente quando destinadas à reutilização em quintais produtivos agroecológicos da agricultura familiar, contribuindo para a produção de alimentos, segurança alimentar e a sustentabilidade dos sistemas produtivos locais.

Entretanto, para que as águas cinzas possam ser reutilizadas de forma segura, é fundamental que passem por algum tipo de tratamento que reduza a carga de sólidos suspensos, matéria orgânica e microorganismos potencialmente patogênicos. Entre as alternativas estudadas, destaca-se o uso de coagulantes naturais, que apresentam menor impacto ambiental quando comparados aos produtos químicos tradicionalmente empregados em estações de tratamento de água. Nesse contexto, a *Moringa oleifera* tem recebido atenção crescente da comunidade científica devido às propriedades coagulantes presentes em suas sementes.

Diversos estudos indicam que as sementes de *Moringa oleifera* contêm proteínas com carga positiva capazes de promover a coagulação e a floculação de partículas presentes na água, contribuindo para a redução da turbidez, da cor e, em alguns casos, da carga microbiológica. Além disso, por se tratar de uma planta de fácil cultivo, adaptada a diferentes condições climáticas e já presente em muitas regiões rurais, a moringa apresenta potencial para ser incorporada às práticas cotidianas de agricultores familiares, fortalecendo soluções locais e de baixo custo para o tratamento de água.

Diante desse contexto, o presente artigo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a utilização da *Moringa oleifera* no tratamento de águas cinzas, com ênfase em sua aplicação em residências de agricultores familiares. Busca-se reunir e analisar as principais contribuições científicas sobre o tema, discutindo os mecanismos de ação, os benefícios, as limitações e as perspectivas do uso da moringa como alternativa sustentável para o manejo e reaproveitamento de águas cinzas no meio rural.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Mudanças Climáticas e a Necessidade de Tecnologias Sociais para o Acesso à Água

As mudanças climáticas globais têm intensificado a ocorrência de eventos extremos, frequentemente devastadores, que colocam em risco o futuro da humanidade, (BANDEIRA, 2025). Esses fenômenos resultam, em grande medida, da intensificação das ações antrópicas sobre o meio ambiente, exigindo a adoção de estratégias eficazes para a redução de seus impactos.

Diante desse cenário, torna-se imprescindível o desenvolvimento e a implementação de soluções sustentáveis que contribuam para a mitigação dos efeitos adversos das mudanças climáticas, especialmente aquelas voltadas à preservação dos recursos naturais e à promoção da justiça socioambiental. Tais alternativas apresentam-se como instrumentos fundamentais para minimizar os danos ambientais e ampliar a resiliência das populações mais vulneráveis.

Entre os desafios mais críticos associados às mudanças climáticas destaca-se a escassez de água potável, problema recorrente em regiões semiáridas, sobretudo em países em desenvolvimento. Nessas áreas, a irregularidade do regime pluviométrico, aliada à deficiência e ou inexistência de sistemas adequados de saneamento básico, compromete tanto a disponibilidade quanto a qualidade da água destinada ao consumo humano e às atividades produtivas. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, milhões de pessoas em todo o mundo ainda dependem de fontes hídricas sem tratamento, situação que favorece a propagação de doenças de veiculação hídrica e aprofunda as desigualdades sociais existentes (WHO, 2017).

No Brasil, o semiárido nordestino apresenta um histórico de vulnerabilidade hídrica, caracterizado pela dependência de reservatórios superficiais, como açudes e cisternas, frequentemente expostos à elevada turbidez e à contaminação microbiológica (SILVA; ALBUQUERQUE; BARBOSA, 2015). Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias sociais voltadas ao tratamento descentralizado da água torna-se fundamental para assegurar condições mínimas de saúde e qualidade de vida às populações rurais.

Uso da *Moringa oleifera* no Tratamento Sustentável da Água

Uma das alternativas sustentáveis diante da escassez hídrica e dos impactos decorrentes das mudanças climáticas consiste na utilização da moringa como coagulante natural no tratamento da água. A *Moringa oleifera* Lam. é uma espécie arbórea exótica pertencente à família botânica Moringaceae, a qual compreende aproximadamente 13 espécies distribuídas predominantemente em regiões tropicais e subtropicais. Originária do norte da Índia, foi introduzida no Brasil por volta de 1950, bastante encontrada na região Nordeste, principalmente nos estados do Ceará, Piauí, Maranhão e Nordeste da Bahia (Cunha et al, 2024). Trata-se de uma planta perene, tolerante à seca e pouco exigente em termos de nutrição mineral, apresentando boa adaptação a solos de baixa fertilidade e elevada resistência a pragas e doenças. Além disso, todas as partes da árvore podem ser aproveitadas (CAVALCANTE et al., 2018). Trata-se de uma planta de rápido crescimento, que pode atingir entre 5 e 12 metros de altura, apresentando folhas compostas, flores brancas e sementes oleaginosas ricas em proteínas e compostos bioativos. Diversos autores destacam que as sementes da moringa contêm proteínas catiônicas solúveis em água, responsáveis por sua reconhecida capacidade de coagulação e floculação, característica que fundamenta seu uso no tratamento de água (MUYIBI; EVISON, 1995; NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1998; FAHEY, 2005).

As sementes dessa espécie apresentam proteínas de natureza catiônica que demonstram elevada eficácia como coagulantes naturais no processo de remoção de impurezas presentes na água, configurando-se como uma alternativa acessível, sustentável e de baixo custo para o tratamento hídrico (Ndabigengesere et al., 1995; Gassenschmidt et al., 1995).

No entanto, evidências científicas de suas propriedades começaram a surgir apenas no início de 2000. Em estudos experimentais in vitro ou ex-vivo, as folhas e sementes apresentaram diversos efeitos biológicos, como anti-inflamatórios e cicatrizantes, antitumorais, antidiabético, antioxidante e na função sexual. Devido suas propriedades de flotação e ação antimicrobiana, as sementes têm sido utilizadas na purificação da água. Trata-se de um método de baixo custo, que faz uso de recursos naturais e de fácil manuseio, que pode oferecer qualidade na água das comunidades pobres. As sementes podem adsorver poluentes como herbicidas, metais pesados, medicamentos, e atuar como larvicidas e antimicrobianos natural. (KOIKE et al, 2020)

O processo de utilização da moringa para tratamento da água é relativamente simples e pode ser aplicado em escala doméstica ou comunitária, o que reforça seu potencial como tecnologia social. De acordo com Ndabigengesere et al. (1995), as sementes devem ser inicialmente descascadas, secas e trituradas até a obtenção de um pó fino. Esse material é então misturado à água bruta, seguido de agitação rápida e posterior agitação lenta, permitindo a formação dos flocos e a sedimentação das impurezas.

Processos físico-químicos, como a coagulação e a floculação, desempenham papel fundamental na redução da poluição hídrica, contribuindo para a obtenção de água mais segura e adequada à reutilização (Manhokwe; Zvidzai, 2019). Nesse contexto, estudos conduzidos por Gassenschmidt et al. (1995) demonstram que as proteínas extraídas das sementes da moringa atuam como polieletrólitos naturais, ligando-se às partículas suspensas e aos microrganismos presentes na água. Esse mecanismo favorece a agregação e a sedimentação de impurezas, promovendo a remoção de bactérias, algas e matéria orgânica, o que resulta na melhoria significativa dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água tratada. Segundo Gassenschmidt et al. (1995), a eficiência desse processo pode alcançar reduções superiores a 90% da turbidez, a depender das características da água bruta e da dosagem do coagulante natural.

Além da ação coagulante, a moringa apresenta propriedades antimicrobianas que potencializam seu uso no tratamento hídrico. Pesquisas realizadas por Suarez et al. (2003) e Jahn (1988) apontam que os compostos bioativos presentes nas sementes possuem efeito bactericida, atuando na inativação de microrganismos patogênicos, como *Escherichia coli* e *Vibrio cholerae*. Esse aspecto é especialmente relevante em regiões onde a água consumida é proveniente de fontes superficiais altamente suscetíveis à contaminação.

O uso da *Moringa oleifera* no tratamento da água apresenta vantagens significativas quando comparado aos coagulantes químicos convencionais, como o sulfato de alumínio (Muyibi; Alfugara, 2003). Entre os principais problemas associados aos coagulantes à base de alumínio destaca-se a formação de flocos contendo esse metal, os quais, ao se acumularem no solo, podem comprometer sua qualidade e

sanidade ambiental (Rosalino, 2011). Além disso, estudos indicam que a presença de elevadas concentrações de metais no meio ambiente, especialmente o alumínio, está relacionada ao aumento do risco de desenvolvimento de doenças neurodegenerativas, como Parkinson e Alzheimer (Oladoja et al., 2015; Silva et al., 2020). Em contraste, a moringa se sobressai por apresentar baixo custo de produção, elevada biodegradabilidade, menor geração de lodo e ausência de riscos associados à presença de resíduos químicos na água tratada. Tais características conferem à *Moringa oleifera* um elevado potencial de aplicação em sistemas de tratamento de água, sobretudo em comunidades rurais e em populações em situação de vulnerabilidade socioeconômica.

Além disso, o uso da moringa como coagulante natural está alinhado aos princípios da sustentabilidade e da adaptação climática, uma vez que promove o aproveitamento de recursos naturais renováveis e de fácil acesso. De acordo com Fahey (2005), a versatilidade da *Moringa oleifera* permite sua inserção em sistemas integrados de produção, nos quais o tratamento da água, a segurança alimentar e a conservação ambiental são abordadas de forma conjunta.

A literatura evidencia que a aplicação das sementes de moringa no tratamento da água não se limita apenas à melhoria da qualidade hídrica, mas também contribui para o fortalecimento da resiliência das comunidades frente aos efeitos das mudanças climáticas. A adoção dessa prática favorece a autonomia local, reduz custos operacionais e amplia o acesso à água de melhor qualidade, sobretudo em regiões historicamente marcadas pela escassez hídrica (Muyibi; Evison, 1995; Ndabigengesere; Narasiah, 1998; Koike et al., 2020).

A *Moringa oleifera* como tecnologia social para o tratamento de águas cinzas na agricultura familiar

A agricultura familiar desempenha papel estratégico na produção de alimentos, na geração de renda e na manutenção da população no meio rural, especialmente nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro. No entanto, a limitação histórica no acesso à água, agravada pelas mudanças climáticas e pela irregularidade do regime pluviométrico, constitui um dos principais fatores de vulnerabilidade socioeconômica

enfrentados por essas famílias (SILVA; ALBUQUERQUE; BARBOSA, 2015; CONTI; SCHROEDER, 2018). Nesse contexto, o desenvolvimento e a adoção de tecnologias sociais voltadas à gestão e ao uso racional da água tornam-se fundamentais para a sustentabilidade da produção agrícola familiar.

Entre as estratégias adotadas para minimizar os efeitos da escassez hídrica, destaca-se o reaproveitamento de águas cinzas, provenientes de atividades domésticas como lavagem de roupas, louças e banho. Essas águas, quando adequadamente tratadas, podem ser reutilizadas na irrigação de quintais produtivos, pomares e culturas de subsistência, contribuindo para a diversificação produtiva e para o fortalecimento da segurança alimentar das famílias agricultoras (MOREIRA; DIAS, 2020; TAVARES FILHO et al., 2020). Contudo, a presença de matéria orgânica, sólidos suspensos e microrganismos patogênicos impõe a necessidade de processos de tratamento simples, eficientes e compatíveis com a realidade das pequenas propriedades rurais.

Nesse cenário, a utilização da *Moringa oleifera* como coagulante natural no tratamento de águas cinzas emerge como uma alternativa tecnicamente viável e socialmente apropriada. Diversos estudos demonstram que as sementes da moringa contêm proteínas catiônicas solúveis em água capazes de neutralizar cargas elétricas de partículas suspensas, promovendo a coagulação e a floculação de impurezas, com significativa redução da turbidez e da carga microbiológica da água (NDABIGENGESERE; NARASIAH, 1998; GASSENSCHMIDT et al., 1995; MUYIBI; EVISON, 1995). Essa característica confere à moringa grande potencial para aplicação em sistemas descentralizados de tratamento, especialmente em áreas rurais desprovidas de infraestrutura convencional de saneamento.

Sob a perspectiva da tecnologia social, o uso da *Moringa oleifera* apresenta atributos essenciais, como baixo custo, facilidade de manejo, utilização de insumos locais e possibilidade de apropriação do conhecimento pelas próprias comunidades (DAGNINO, 2014; BAVA, 2016). Diferentemente dos coagulantes químicos convencionais, a moringa pode ser cultivada nas propriedades familiares, reduzindo a dependência de insumos externos e fortalecendo a autonomia produtiva dos agricultores. Além disso, trata-se de uma espécie altamente adaptada às condições

edafoclimáticas do semiárido, tolerante à seca e pouco exigente em termos de fertilidade do solo, o que favorece sua inserção em sistemas produtivos de base agroecológica (FAHEY, 2005; CAVALCANTE et al., 2018).

Estudos realizados no Nordeste brasileiro indicam que a aplicação da moringa no tratamento de águas cinzas possibilita o reaproveitamento da água para irrigação de quintais produtivos, sistemas amplamente difundidos na agricultura familiar por sua capacidade de integrar produção de alimentos, geração de renda e conservação ambiental (LIMA, 2007; KOIKE et al., 2020). Esses quintais desempenham papel central na subsistência das famílias rurais, especialmente em períodos de estiagem prolongada, quando o acesso à água para irrigação se torna severamente restrito.

Além dos benefícios produtivos, o uso da moringa no tratamento de águas cinzas contribui para a redução dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado de efluentes domésticos no solo e nos corpos hídricos. A adoção dessa prática minimiza processos de contaminação ambiental, degradação do solo e proliferação de patógenos, promovendo melhorias nas condições sanitárias das comunidades rurais (MANHOKWE; ZVIDZAI, 2019). Nesse sentido, a tecnologia atua de forma integrada, articulando saúde pública, preservação ambiental e produção agrícola.

Dessa forma, a aplicação da *Moringa oleífera* no tratamento de águas cinzas se insere como uma estratégia alinhada aos princípios da convivência com o semiárido, promovendo o uso eficiente dos recursos hídricos e fortalecendo a resiliência das famílias agricultoras frente às mudanças climáticas. Ao possibilitar o reaproveitamento da água para fins produtivos, essa tecnologia social contribui para a permanência das famílias no campo, a redução da vulnerabilidade hídrica e a construção de sistemas agrícolas mais sustentáveis e adaptados às realidades locais (FAHEY, 2005; KOIKE et al., 2020).

METODOLOGIA

A presente revisão bibliográfica foi realizada com o intuito de apresentar as evidências científicas disponíveis na literatura sobre a utilização da *Moringa oleífera*

no tratamento de águas cinzas, com ênfase em sua aplicação em residências de agricultores familiares. Os passos da revisão foram efetuados nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2025.

No primeiro momento foi utilizado o buscador acadêmico Google Acadêmico, com o objetivo de buscar na literatura e identificar os principais trabalhos acadêmicos, bem como analisar os métodos e fases dos processos do uso da Moringa Oleífera como coagulante natural. A pesquisa foi realizada utilizando as seguintes palavras-chave: “moringa oleífera”, “efluentes”, “coagulante natural”.

Em seguida, foram registrados os resultados encontrados nas bases de dados quando utilizadas as palavras-chave pré-determinadas. Entre os artigos, monografias, dissertações e teses encontrados, foram selecionados os trabalhos que se adaptaram ao objetivo da pesquisa, considerando os resultados obtidos e a metodologia utilizada.

Por fim, a conclusão da análise foi obtida após a análise dos resultados gerados a partir do levantamento e coleta de dados e comparação entre os trabalhos acadêmicos. A análise dos dados é uma das etapas mais importantes da pesquisa, pois a partir dela serão apresentados os resultados obtidos e conclusões da pesquisa, que podem ser definitivos ou limitados, permitindo o desenvolvimento de novas pesquisas.

RESULTADO

A maioria dos estudos citados, considera o tratamento de efluentes de água com sementes de *Moringa oleífera* como uma alternativa mais barata e efetiva em relação ao uso dos coagulantes químicos, como o sulfato de alumínio, principalmente para atender populações de países em desenvolvimento e regiões rurais, onde o acesso e aquisição desses produtos são muito custosos ou improvável.

Segundo Rodrigues (2019), o preparo da farinha de Moringa oleífera seguiu a seguinte metodologia para a obtenção do coagulante em pó, inicialmente as sementes foram retiradas das sementes de dentro da vagem, em seguida foram descascadas manualmente com um amassador de alho, secas ao abrigo da luz do sol, trituradas

em um liquidificador, e por fim peneiradas em malha de 0,8 mm, produzindo-se desse modo, a farinha da semente de moringa.

Na pesquisa realizada foi possível averiguar diversas metodologias diferentes na abordagem do tema estudado. A opção metodológica de Arantes et al. (2015) foi a de realizar a comparação entre o uso de sementes de *Moringa oleifera* e o uso de sachês para a redução de turbidez e cor aparente. Já com o objetivo de avaliar a eficiência dos processos de tratamento convencionais de água, Michelin et al. (2021) utilizou do coagulante natural das sementes da *Moringa oleifera*, com e sem casca. Muniz et al. (2015) também se utilizou de sementes com e sem casca, visando a avaliar a eficiência dessas na remoção da turbidez de amostras de água com diferentes níveis obtidos sinteticamente, com 70, 250 e 400 uT inicial.

Na pesquisa de Moreti et al. (2013), foi avaliada a utilização de *Moringa oleifera* como coagulante nos processos de coagulação, floculação e sedimentação, seguida de ultrafiltração, em água bruta com turbidez entre 150 a 550 uT oriunda do Rio Pirapó, com o objetivo de obter uma água dentro dos padrões de potabilidade.

A característica de coagulante natural das sementes de *Moringa oleifera* foi analisada em diversos trabalhos, inclusive para o tratamento de águas de diferentes origens, visando avaliar a eficiência ou a possibilidade desse procedimento, Nunes et al. (2014) aplicou em águas do Canal São Gonçalo e águas residuais, Araujo et al. (2020) utilizou o tratamento em efluentes de usina de concreto e Roveli et al. (2021) usou para tratar a efluente têxtil de uma lavanderia industrial.

Com o objetivo de estudar a viabilidade de utilização de sementes de *Moringa oleifera* no processo de tratamento de águas cinzas provenientes de máquinas de lavar, junho et al. (2020) realizou ensaios de laboratório em Jar Test utilizando-se as sementes em solução salina (1 mol/L) e em uso direto (triturada), analisando o comportamento do coagulante frente a volumes variados de coagulante para a água cinza, a fim de analisar qual é a melhor concentração de coagulante. O efluente foi sintetizado dissolvendo-se 1,8g de sabão em pó comercial em 1 L de água.

Foram analisados os parâmetros de turbidez, pH, sólidos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos voláteis e DQO das amostras. uma observação feita na pesquisa foi que a presença de detergente na água cinza provoca uma inibição na atuação coagulante da *Moringa*, isso ocorre da interação entre o detergente e o coagulante oleoso.

A utilização da *Moringa oleifera* como coagulante natural em comunidades rurais contribui de forma significativa para a sustentabilidade local, apresentando-se como uma alternativa viável aos produtos químicos convencionalmente empregados no tratamento da água. Essa prática reduz os riscos associados aos resíduos químicos de difícil degradação, que podem causar impactos negativos à saúde humana e ao meio ambiente. O pó obtido a partir de suas sementes atua como floculante e agente coagulante, favorecendo a remoção de partículas suspensas, a redução da turbidez e da contaminação biológica, especialmente em regiões com acesso limitado à água tratada e com restrições ao desenvolvimento das atividades agrícolas.

Nesse contexto, a *Moringa oleifera* destaca-se como um método natural e eficiente para a melhoria da qualidade da água e, por consequência, para o fortalecimento da saúde pública local. O lodo gerado no tratamento de águas cinzas podem ser reaproveitado como fertilizante orgânico, auxiliando o cultivo agrícola em pequenas comunidades e contribuindo para a economia local. Estudos relatam elevada eficácia desse processo, evidenciada pela redução de parâmetros físicos e microbiológicos, possibilitando a reutilização das águas cinzas em atividades como limpeza de áreas internas e externas, descargas sanitárias e irrigação, em consonância com os princípios da sustentabilidade e do uso racional dos recursos hídricos.

CONCLUSÕES

Diante do exposto, a literatura analisada evidencia que o uso da *Moringa oleifera* no tratamento de águas cinzas configura-se como uma alternativa tecnicamente viável, ambientalmente sustentável e socialmente apropriada para o contexto da agricultura

familiar no semiárido nordestino. A escassez hídrica, intensificada pelas mudanças climáticas e pela histórica ausência de saneamento básico em áreas rurais, impõe a necessidade de soluções descentralizadas que promovam o uso racional da água e ampliem a resiliência das comunidades locais. Nesse sentido, a moringa destaca-se por reunir características fundamentais de uma tecnologia social, como baixo custo, simplicidade operacional, utilização de recursos locais e possibilidade de apropriação pelos agricultores familiares. As evidências científicas demonstram que suas sementes apresentam elevada eficiência nos processos de coagulação, floculação e redução da turbidez, além de propriedades antimicrobianas que contribuem para a melhoria da qualidade das águas tratadas, tornando-as mais seguras para o reaproveitamento agrícola. A aplicação dessa tecnologia no tratamento de águas cinzas possibilita a irrigação de quintais produtivos, fortalecendo a segurança alimentar, a diversificação produtiva e a autonomia das famílias rurais, ao mesmo tempo em que reduz impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de efluentes domésticos. Ademais, quando comparada aos coagulantes químicos convencionais, a moringa apresenta vantagens ambientais e sanitárias relevantes, por não gerar resíduos tóxicos nem riscos associados à contaminação do solo e da água. Assim, a adoção da *Moringa oleifera* no tratamento descentralizado de águas cinzas revela-se uma estratégia alinhada aos princípios da sustentabilidade, da convivência com o semiárido e da adaptação às mudanças climáticas, contribuindo para a construção de sistemas produtivos mais resilientes, integrados e socialmente justos no meio rural.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G. C. Eficiência dos processos de flotação e filtração química com uso de coagulante natural no tratamento de efluente de laticínio. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.
- BANDEIRA, C. B. Agrofloresta: uma nova forma de produção de alimentos respeitando a natureza. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria,

2025. Disponível em:
https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/35866/TCCE_AECIS_EaD_2025_BANDEIRA_IVO.pdf. Acesso em: 12 jan. 2025.

BAVA, S. C. Tecnologia social e desenvolvimento local. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2016.

CAVALCANTE, A. L. et al. Potencial agrônômico e adaptação da Moringa oleifera no semiárido brasileiro. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 13, n. 2, p. 45–58, 2018.

CAVALCANTE, L. F. et al. Moringa oleifera: aspectos agrônômicos, nutricionais e aplicações ambientais. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 13, n. 3, p. 390–397, 2018.

CONTI, I. L.; SCHROEDER, E. Convivência com o semiárido brasileiro: autonomia e protagonismo social. Brasília: IABS, 2018.

CUNHA, E. dos S.; CORDEIRO, S. S. Moringa oleifera: uma alternativa sustentável para tratamento de águas turvas em locais com escassez hídrica. Facere Scientia, v. 4, n. 2, 2024. Disponível em: <https://facerescientia.com.br>. Acesso em: 12 jan. 2025.

DAGNINO, R. Tecnologia social: contribuições conceituais e metodológicas. Campinas: Unicamp, 2014.

FAHEY, J. W. Moringa oleifera: a review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Trees for Life Journal, v. 1, n. 5, p. 1–15, 2005.

GASSENSCHMIDT, U. et al. Isolation and characterization of a flocculating protein from Moringa oleifera Lam. Biochimica et Biophysica Acta, v. 1243, n. 3, p. 477–481, 1995.

- JAHN, S. A. A. Using Moringa seeds as coagulants in developing countries. *Journal of the American Water Works Association*, v. 80, n. 6, p. 43–50, 1988.
- JUNHO, L. C. et al. Avaliação do uso da Moringa oleifera no tratamento de águas cinzas provenientes de máquinas de lavar roupas. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 4, p. 789–798, 2020.
- KOIKE, M. et al. Quintais produtivos e segurança alimentar no semiárido nordestino. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 54, p. 210–225, 2020.
- LIMA, J. R. S. Quintais produtivos: segurança alimentar e geração de renda no semiárido. Recife: SUDENE, 2007.
- MANHOKWE, S.; ZVIDZAI, C. Greywater reuse for agricultural production. *Journal of Water Reuse and Desalination*, v. 9, n. 2, p. 150–160, 2019.
- MICHELAN, D. C. G. et al. Avaliação da eficiência da Moringa oleifera como coagulante natural no tratamento de água para abastecimento público. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 345–356, 2021.
- MOREIRA, R. M.; DIAS, N. S. Reuso de águas cinzas na agricultura familiar. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 24, n. 3, p. 189–196, 2020.
- MORETI, L. R. et al. Tratamento de água com Moringa oleifera associado à ultrafiltração. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 251–260, 2013.
- MUYIBI, S. A.; ALFUGARA, A. M. Treatment of surface water with Moringa oleifera seed extract and alum. *Water Research*, v. 37, p. 399–405, 2003.
- MUYIBI, S. A.; EVISON, L. M. Moringa oleifera seeds for softening hard water. *Water Research*, Oxford, v. 29, n. 4, p. 1099–1104, 1995.

- MUYIBI, S. A.; EVISON, L. M. Optimizing physical parameters affecting coagulation. *Water Research*, v. 29, n. 12, p. 2689–2695, 1995.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S. Quality of water treated by coagulation. *Water Research*, v. 32, n. 3, p. 781–791, 1998.
- NDABIGENGESERE, A.; NARASIAH, K. S.; TALBOT, B. G. Active agents and mechanism of coagulation. *Water Research*, v. 29, n. 2, p. 703–710, 1995.
- NUNES, A. A. et al. Aplicação de sementes de *Moringa oleifera* no tratamento de águas superficiais e efluentes. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 9, n. 3, p. 456–468, 2014.
- OLADOJA, N. A. et al. Aluminum exposure and human health. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, Amsterdam, v. 39, n. 1, p. 124–130, 2015.
- RODRIGUES, K. C. Otimização do tratamento de água cinza associando soluções aquosas de *Moringa oleifera* e sulfato de alumínio. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2019.
- ROSALINO, M. F. Impactos do uso de coagulantes químicos no tratamento de água. *Revista Saúde e Ambiente*, v. 6, n. 1, p. 33–41, 2011.
- ROVELI, G. A. et al. Uso da *Moringa oleifera* no tratamento de efluente têxtil de lavanderia industrial. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 789–798, 2021.
- SILVA, A. M.; ALBUQUERQUE, E. L.; BARBOSA, M. P. Vulnerabilidade hídrica no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 4, p. 1023–1038, 2015.

SILVA, R. S. et al. Riscos ambientais associados ao uso de coagulantes químicos. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 25, n. 6, p. 2157–2166, 2020.

SUAREZ, M. et al. Expression of a plant-derived peptide harboring water-cleaning activities. *Biotechnology and Bioengineering*, v. 81, n. 1, p. 13–20, 2003.

TAVARES FILHO, J. et al. Tratamento e reaproveitamento de águas cinzas para irrigação agrícola. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 4, p. 589–598, 2020.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking-water quality. 4. ed. Geneva: WHO, 2017.