XVIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

XVIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE

MANEJO SUSTENTÁVEL DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO: LEVANTAMENTO EXPLORATÓRIO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Jéssica Gabrielle da Silva Ferreira Paulino [1]; Manoel Mariano Neto da Silva [2]; Fernanda Santana Peiter[3]

RESUMO – O crescimento descontrolado da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* (aguapé), impulsionado por processos de eutrofização, configura um severo desafio ambiental em reservatórios do semiárido brasileiro, comprometendo a qualidade e os usos múltiplos da água. Diante das limitações estruturais e financeiras de municípios de pequeno porte, soluções fundamentadas na economia circular surgem como alternativas promissoras para transformar esse passivo ambiental em recurso. O presente trabalho avaliou diferentes estratégias de manejo de macrófitas aquáticas, integrando critérios de eficiência operacional, sustentabilidade ambiental e adequação à realidade de municípios com recursos limitados. A metodologia baseou-se em um levantamento técnico-científico sistemático e no estabelecimento de uma matriz de critérios comparativos voltada à realidade regional, avaliando desde métodos de controle físico até rotas tecnológicas de valorização da biomassa residual para a produção de bioenergia e insumos agrícolas. Como resultado, foi apresentada uma proposta conceitual de rota metodológica para análise das tecnologias de manejo, que futuramente poderá subsidiar um modelo de apoio à tomada de decisão para gestores públicos na governança local dos recursos hídricos. Essa abordagem possibilitará avaliar a integração do controle ambiental com o reaproveitamento sustentável da biomassa visando viabilizar práticas compatíveis com a realidade do semiárido, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 6 e 12).

ABSTRACT– The uncontrolled growth of the aquatic macrophyte *Eichhornia crassipes* (water hyacinth), driven by eutrophication, poses a major environmental challenge in reservoirs across the Brazilian semiarid region, compromising water quality and its multiple uses. Given the structural and financial constraints faced by small municipalities, circular economy-based solutions offer promising alternatives for transforming this environmental liability into a valuable resource. This study evaluated aquatic macrophyte management strategies by integrating operational efficiency, environmental sustainability, and suitability for resource-limited municipalities. The methodology combined a systematic review of the technical and scientific literature with the development of a comparative criteria matrix tailored to regional conditions, covering physical control methods and technological pathways for converting residual biomass into bioenergy and agricultural inputs. The study proposes a conceptual methodological framework that could support the development of a decision-support model for local water resource governance. This approach integrates environmental control with the sustainable reuse of biomass, promoting practices suited to the semiarid region while contributing to the Sustainable Development Goals (SDGs 6 and 12).

Palavras-Chave – Aguapé; Economia circular; Gestão de reservatórios.

1) Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento- CTEC - Universidade Federal de Alagoas (Campus A.C. Simões), Av. Lourival Melo Mota, S/N - Tabuleiro dos Martins, Maceió - AL, CEP 57072-900, jgsfpaulino@gmail.com
2) Universidade Federal de Alagoas - UFAL (Campus A.C. Simões), manoel.mariano@ctec.ufal.br
3) Universidade Federal de Alagoas - UFAL (Campus A.C. Simões), fernanda.peiter@ctec.ufal.br

1. INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água em regiões semiáridas constitui um fator estratégico para o desenvolvimento social, econômico e ambiental. No Nordeste brasileiro, a irregularidade pluviométrica associada aos elevados índices de evapotranspiração torna os reservatórios superficiais fundamentais para o abastecimento humano, dessedentação animal e desenvolvimento das atividades produtivas. Entretanto, a qualidade desses recursos hídricos encontra-se frequentemente comprometida por processos de eutrofização decorrentes do aporte excessivo de nutrientes aos corpos d'água (Esteves, 2011; Wetzel, 2001).

Entre os principais efeitos da eutrofização destaca-se a proliferação excessiva de macrófitas aquáticas, especialmente da espécie *Eichhornia crassipes* (aguapé), considerada uma das plantas aquáticas invasoras mais disseminadas em ambientes tropicais (Malik, 2007). Embora desempenhem funções ecológicas relevantes relacionadas à ciclagem de nutrientes, retenção de sedimentos e oferta de habitat para organismos aquáticos, densidades elevadas dessas espécies podem comprometer significativamente o funcionamento dos ecossistemas aquáticos (Thomaz, 2007).

Em reservatórios do semiárido, esse processo tende a ser intensificado devido às elevadas temperaturas e ao acúmulo de nutrientes provenientes das atividades antrópicas desenvolvidas nas bacias hidrográficas (Lopes et al., 2015; Almeida, 2021).

A expansão descontrolada das macrófitas provoca diversos impactos ambientais e operacionais, incluindo aumento das perdas hídricas por evapotranspiração, redução do volume útil dos reservatórios, obstrução de estruturas de captação e deterioração da qualidade da água em decorrência da decomposição da biomassa vegetal (Patel, 2012; Pompêo, 2017). Em municípios de pequeno porte, esses problemas tornam-se ainda mais críticos devido às limitações técnicas e financeiras frequentemente observadas na gestão dos recursos hídricos.

Historicamente, o controle de macrófitas aquáticas tem sido realizado por meio de métodos físicos, mecânicos, químicos e biológicos. Entretanto, a aplicação isolada dessas técnicas nem sempre resulta em soluções duradouras, especialmente quando não ocorre a destinação adequada da biomassa removida (Getsinger et al., 2014; Karouach et al., 2022). Nesse contexto, abordagens fundamentadas nos princípios da economia circular têm recebido crescente atenção por possibilitarem a transformação desse passivo ambiental em recurso potencialmente aproveitável (Bajpai e Nemade, 2023).

A biomassa do aguapé apresenta potencial para utilização em diferentes rotas tecnológicas, incluindo compostagem, produção de biofertilizantes, geração de biogás e obtenção de bioenergia (Jensen et al., 2019; Xu et al., 2022). Dessa forma, a integração entre estratégias de controle e

reaproveitamento da biomassa pode contribuir simultaneamente para a mitigação dos impactos ambientais e para a melhoria da viabilidade econômica das ações de manejo.

Apesar dos avanços observados na literatura, ainda são escassos os estudos que integram critérios técnicos, sociais, ambientais, econômicos e operacionais na avaliação de alternativas de manejo voltadas à realidade de municípios de pequeno porte do semiárido brasileiro. Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar alternativas tecnológicas para o manejo sustentável de macrófitas aquáticas em reservatórios do semiárido, visando subsidiar a proposição de um modelo de apoio à tomada de decisão para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

2. METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratória e de abordagem predominantemente qualitativa, fundamentada em levantamento bibliográfico e análise comparativa de alternativas tecnológicas para o manejo sustentável de macrófitas aquáticas. O estudo foi estruturado em três etapas principais: levantamento bibliográfico, análise comparativa das alternativas de manejo e proposição de um modelo conceitual de apoio à tomada de decisão.

Para o levantamento bibliográfico sistemático em bases de dados nacionais e internacionais, incluindo Scopus, Web of Science, ScienceDirect e Portal de Periódicos CAPES, foram selecionados estudos relacionados à eutrofização, manejo de macrófitas aquáticas, economia circular, valorização da biomassa vegetal e instrumentos de apoio à tomada de decisão aplicados à gestão de recursos hídricos.

As alternativas de manejo identificadas foram agrupadas em métodos físicos e mecânicos, químicos e biológicos, conforme as abordagens apresentadas por Thomaz e Bini (2003), Pompêo (2017) e Karouach et al. (2022), amplamente utilizadas em estudos relacionados ao manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios. Paralelamente, foram levantadas as principais rotas de aproveitamento da biomassa descritas na literatura, incluindo compostagem, produção de biofertilizantes e geração de biogás (Jensen et al., 2019; Bajpai e Nemade, 2023).

A análise comparativa foi conduzida considerando critérios relacionados à eficiência operacional, custos de implantação e manutenção, impactos ambientais, facilidade de aplicação e potencial de aproveitamento da biomassa. Com base nessa avaliação, foi proposta uma estrutura conceitual destinada a apoiar gestores públicos na seleção de estratégias de manejo compatíveis com as condições operacionais e financeiras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A caracterização dos reservatórios permite compreender os fatores ambientais que favorecem a

proliferação de macrófitas aquáticas. Considerando as condições climáticas do semiárido, caracterizadas por elevada evapotranspiração e reduzida renovação hídrica, os estudos indicam a influência desses fatores na intensificação dos processos de eutrofização e no crescimento acelerado de espécies como *Eichhornia crassipes* (Esteves, 2011; Barbosa et al., 2012; Almeida, 2021).

A análise da literatura evidencia que os métodos físicos e mecânicos apresentam elevada eficiência na remoção imediata da biomassa vegetal e na desobstrução de estruturas hidráulicas, corroborando os resultados observados por Pompêo (2017) e Getsinger et al. (2014). Entretanto, os elevados custos associados à remoção, transporte e disposição final da biomassa podem limitar sua aplicação contínua em municípios de pequeno porte (Karouach et al., 2022).

Por outro lado, métodos químicos e biológicos tendem a apresentar menores demandas operacionais imediatas, porém requerem monitoramento contínuo e avaliação criteriosa dos possíveis impactos ambientais sobre organismos não alvo e sobre a qualidade da água (Patel, 2012; Arrigoni-Blank et al., 2013). Esses resultados reforçam a hipótese de que nenhuma técnica isolada é capaz de solucionar de forma permanente os problemas associados à proliferação das macrófitas aquáticas (Getsinger et al., 2014; Moura et al., 2009; Karouach et al., 2022).

Além das dificuldades relacionadas ao controle da vegetação aquática, estudos realizados em reservatórios do semiárido brasileiro demonstram que os processos de eutrofização podem comprometer a disponibilidade hídrica e aumentar os custos de tratamento da água, reforçando a necessidade de estratégias preventivas e integradas de gestão (Almeida, 2021; Lopes et al., 2015).

Em relação ao aproveitamento da biomassa, identifica-se potencial para aplicação em processos de compostagem, produção de biofertilizantes e geração de bioenergia, conforme relatado por Jensen et al. (2019), Bajpai e Nemade (2023) e Xu et al. (2022). A incorporação dessas alternativas sintetizadas na Figura 1, pode contribuir para a redução dos custos operacionais do manejo e para a implementação dos princípios da economia circular na gestão dos recursos hídricos.

A integração de critérios ambientais, econômicos e operacionais pode contribuir para a gestão sustentável dos reservatórios e para o fortalecimento de políticas públicas alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente os ODS 6 e ODS 12 (ONU, 2015).

A pesquisa exploratória acerca das alternativas tecnológicas sugere que o manejo integrado associado ao aproveitamento da biomassa representa um potencial de aplicação em municípios de pequeno porte, por combinar eficiência operacional, redução de impactos ambientais e possibilidade de retorno econômico.

A Figura 1 apresenta a proposta conceitual de uma rota metodológica de análise para subsidiar a tomada de decisão quanto à escolha de tecnologias de manejo de macrófitas.



Figura 1 - Proposta conceitual como apoio à tomada de decisão no manejo sustentável de macrófitas aquáticas
Fonte: Elaboração própria (2026), com apoio do ChatGPT (OpenAI) na produção gráfica.

Com base na análise comparativa dos estudos revisados, foi elaborada uma síntese qualitativa das principais estratégias de manejo de macrófitas aquáticas, considerando critérios relacionados à eficiência operacional, custos, impactos ambientais, potencial de aproveitamento da biomassa e aplicabilidade em municípios de pequeno porte. Para a construção da matriz comparativa, esses critérios foram classificados qualitativamente em níveis "Alto", "Médio" e "Baixo", a partir da convergência das evidências reportadas na literatura.

A classificação considerou a consistência com que cada alternativa de manejo foi descrita nos estudos analisados em relação aos critérios avaliados. Essa classificação possui caráter qualitativo e exploratório, fundamentando-se na síntese crítica das referências consultadas. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Comparação qualitativa das principais alternativas de manejo de macrófitas aquáticas.

Alternativa de manejo	Custo operacional	Eficiência no controle	Impacto Ambiental	Potencial de aproveitamento da biomassa	Aplicabilidade em municípios de pequeno porte
Mecânico	Alto	Média	Médio/Alto	Alto	Média
Químico	Médio	Alta	Alto	Baixo	Média
Biológico	Baixo	Média	Baixo	Baixo	Alta
Integrado	Médio	Alta	Baixo	Alto	Alta

A partir da análise qualitativa apresentada na Tabela 1, observa-se que as estratégias de manejo de macrófitas aquáticas apresentam diferentes desempenhos em relação aos critérios avaliados. As classificações atribuídas aos níveis Alto, Médio e Baixo foram fundamentadas na convergência das evidências reportadas nos estudos revisados para cada alternativa de manejo.

O manejo mecânico foi classificado com alto custo operacional, em razão da necessidade de equipamentos especializados, mão de obra, transporte e destinação adequada da biomassa removida, fatores amplamente discutidos por Carvalho e Cerveira Júnior (2019), Schneider et al. (2024) e Thiemer et al. (2021). Sua eficiência foi considerada média, pois, embora promova a remoção imediata das macrófitas e restabeleça rapidamente a operacionalidade dos reservatórios, o controle tende a ser temporário quando não são mitigadas as causas da eutrofização, favorecendo a recolonização da vegetação aquática (Getsinger et al., 2014; Schneider et al., 2024). Quanto ao impacto ambiental, a classificação média decorre da inexistência de aplicação de produtos químicos, porém a possibilidade de alterações físicas no ecossistema, como ressuspensão de sedimentos, perturbação da fauna aquática e modificações no habitat são consideradas de alto impacto (Carvalho e Cerveira Júnior, 2019; Pompêo, 2017). O alto potencial de aproveitamento da biomassa justifica-se pela possibilidade de utilização do material removido na produção de composto orgânico, biofertilizantes, biogás e outras rotas de valorização compatíveis com os princípios da economia circular (Kurniawan et al., 2021; Sayanthan et al., 2024; Poveda 2022; Moeller et al., 2018; Dębowski et al., 2023).

O manejo químico apresentou custo operacional médio, por demandar menor esforço logístico que o método mecânico, embora exija planejamento técnico, monitoramento ambiental e reaplicações periódicas (Hill e Coetzee, 2017; Carvalho e Cerveira Júnior, 2019). Sua eficiência foi classificada como alta, devido à rápida redução da biomassa vegetal quando os herbicidas são empregados de forma criteriosa e em conformidade com as condições ambientais (Carvalho e Cerveira Júnior, 2019; Getsinger et al., 2014). Entretanto, recebeu classificação de alto impacto ambiental, em razão dos potenciais riscos associados à permanência de resíduos químicos no ambiente aquático e dos possíveis efeitos sobre organismos não alvo e sobre a qualidade da água (Patel, 2012). Além disso, apresenta baixo potencial de aproveitamento da biomassa, uma vez que o material tratado normalmente não pode ser destinado a processos de valorização.

O manejo biológico foi classificado com baixo custo operacional, sobretudo por demandar menores investimentos contínuos após sua implantação e pelo potencial de manutenção do controle ao longo do tempo (Carvalho e Cerveira Júnior, 2019). Sua eficiência foi considerada média, pois o estabelecimento dos agentes biológicos ocorre de forma gradual e depende das condições ecológicas locais, embora possa proporcionar resultados duradouros quando adequadamente implementado (Hill e Coetzee, 2017; Carvalho e Cerveira Júnior, 2019). O método apresenta baixo impacto ambiental, por reduzir a necessidade de produtos químicos e favorecer um controle mais seletivo da vegetação aquática (Moura et al., 2009; Hill e Coetzee, 2017). Entretanto, seu baixo potencial de aproveitamento da biomassa decorre da reduzida remoção física das plantas, limitando seu uso em processos de valorização.

O manejo integrado foi classificado como a alternativa mais equilibrada, apresentando custo operacional médio, alta eficiência de controle, baixo a médio impacto ambiental, alto potencial de aproveitamento da biomassa e elevada aplicabilidade em municípios de pequeno porte. Essa classificação fundamenta-se na combinação de diferentes métodos de controle, permitindo potencializar suas vantagens e minimizar limitações individuais, ao mesmo tempo em que incorpora estratégias de reaproveitamento da biomassa alinhadas aos princípios da economia circular (Getsinger et al., 2014; Karouach et al., 2022; Bajpai e Nemade, 2023). Além disso, a adoção de abordagens integradas ressaltam a necessidade de associar o controle das macrófitas à redução das fontes de nutrientes e ao manejo contínuo dos reservatórios para obtenção de resultados sustentáveis, maximizando a eficiência de controle com o menor impacto ambiental possível e a possibilidade de aproveitamento da biomassa gerada (Moura et al., 2009; Pompêo, 2017).

Embora os métodos mecânico e químico ofereçam alta eficiência no controle imediato da proliferação, eles esbarram em entraves severos para a realidade de municípios de pequeno porte; o primeiro é limitado por seu alto custo operacional, enquanto o segundo apresenta alto impacto ambiental e restringe drasticamente o reaproveitamento da biomassa. Por outro lado, o manejo puramente biológico, apesar de possuir baixo custo e alta aplicabilidade local, entrega apenas média eficiência de controle e se mostra inviável para rotas de valorização do passivo ambiental.

Nesse cenário, o manejo integrado desponta como uma alternativa promissora e equilibrada para os reservatórios do semiárido brasileiro. Esta abordagem consegue conciliar um custo operacional médio com alta eficiência no controle das plantas e baixo impacto ambiental. O grande diferencial do método integrado reside no seu alto potencial de aproveitamento da biomassa, o que viabiliza economicamente as operações e consolida os princípios da economia circular ao permitir que o aguapé removido seja transformado em recursos valiosos, como bioenergia e insumos agrícolas para a região.

4. CONCLUSÕES

A análise da literatura evidenciou que a proliferação de macrófitas aquáticas constitui um importante desafio para a gestão de reservatórios em regiões semiáridas, comprometendo a qualidade da água e seus usos múltiplos. Os estudos revisados demonstraram que os métodos mecânicos, químicos e biológicos apresentam potencial para o controle dessas espécies, porém possuem limitações operacionais, econômicas e ambientais que dificultam sua aplicação isolada em municípios de pequeno porte.

As classificações qualitativas apresentadas convergem com a síntese comparativa elaborada por Yang et al. (2025), que demonstra que métodos mecânicos apresentam elevada demanda operacional, métodos químicos oferecem elevada eficiência acompanhada de maiores riscos ambientais, enquanto o controle biológico constitui uma alternativa mais sustentável, porém de resposta gradual. Os autores ressaltam ainda que a integração dessas estratégias representa a abordagem mais eficaz para o manejo de macrófitas, corroborando a proposta apresentada neste estudo, reforçando a adoção do manejo integrado.

Os resultados também indicaram que o aproveitamento da biomassa de *Eichhornia crassipes* representa uma alternativa viável para agregar valor às ações de manejo, por meio de aplicações como compostagem, produção de biofertilizantes e geração de bioenergia. Essa abordagem contribui para a redução dos custos associados à disposição da biomassa removida e fortalece a adoção dos princípios da economia circular na gestão dos recursos hídricos.

A integração dos aspectos ambientais, econômicos e operacionais permitiu a proposição conceitual de apoio à tomada de decisão, destinada a auxiliar gestores públicos na seleção de estratégias de manejo compatíveis com a realidade dos municípios. O modelo proposto constitui uma ferramenta preliminar para subsidiar ações de planejamento e gestão sustentável de reservatórios sujeitos à proliferação de macrófitas aquáticas.

Por fim, o estudo reforça a importância de abordagens integradas que associem controle ambiental e valorização da biomassa, contribuindo para a sustentabilidade dos recursos hídricos e para o atendimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável relacionados à água potável e saneamento (ODS 6) e ao consumo e produção responsáveis (ODS 12).

A proposta apresentada está alinhada aos princípios do Plano Nacional de Desenvolvimento da Bioeconomia (PNDBio), que incentiva o uso sustentável da biodiversidade e o fortalecimento da bioeconomia brasileira (BRASIL, 2026).

Nesse contexto, o modelo conceitual proposto pode subsidiar estratégias de gestão ambiental compatíveis com os desafios enfrentados por reservatórios localizados no semiárido brasileiro.

Como desdobramento prático e recomendação para trabalhos futuros, ressalta-se a necessidade de aplicar e validar a proposição conceitual em um estudo de caso real, permitindo o refinamento dos indicadores aqui delineados. Espera-se que este modelo preliminar funcione como um instrumento de governança local, subsidiando os gestores públicos na formulação de consórcios intermunicipais ou políticas de saneamento e gestão ambiental que transformem um severo problema de qualidade da água em vetor de desenvolvimento limpo e bioeconomia regional.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. G. Impactos da eutrofização na disponibilidade hídrica de reservatórios no semiárido brasileiro. 2021. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

ARRIGONI-BLANK, M. F.; BLANK, A. F.; SANTANA, A. D. D.; et al. Controle biológico de plantas aquáticas: potencialidades e limitações. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 11,

n. 4, p. 456-467, 2013.

BAJPAI, P.; NEMADE, P. Water hyacinth biomass valorization: opportunities and challenges within the circular economy framework. Journal of Environmental Management, v. 345, p. 118-132, 2023.

BARBOSA, J. E. L.; MEDEIROS, P. R.; BRASIL, J.; et al. Eutrofização em reservatórios do semiárido nordestino: padrões estruturais e dinâmicos em resposta ao clima e atividades antrópicas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n. 4, p. 115-128, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Plano Nacional de Desenvolvimento da Bioeconomia (PNDBio). Brasília, DF: MMA, 2026.

CARVALHO, Leonardo Bianco de; CERVEIRA JÚNIOR, Wilson Roberto. Control of water hyacinth: a short review. *Communications in Plant Sciences*, v. 9, n. 1, p. 129–132, 2019. DOI: 10.26814/cps2019021.

DĘBOWSKI, M.; ZIELIŃSKI, M.; KAZIMIEROWICZ, J.; WALERY, M. Aquatic Macrophyte Biomass Periodically Harvested Form Shipping Routes and Drainage Systems in a Selected Region of Poland as a Substrate for Biogas Production. Applied Sciences, v. 13, p. 4184, 2023.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

GETSINGER, K. D.; NELSON, L. S.; MADSEN, J. D.; SKOGERBOE, J. G. Aquatic plant

management: best management practices in support of fish and wildlife habitat. Washington, DC: Aquatic Ecosystem Restoration Foundation, 2014.

HILL, M. P.; COETZEE, J. A. The biological control of aquatic weeds in South Africa: current status and future challenges. *Bothalia*, v. 47, n. 2, 2017.

JENSEN, P. D.; ASTALS, S.; LUO, G.; BATSTONE, D. J. Anaerobic digestion of aquatic biomass for renewable energy production: a review. Bioresource Technology, v. 289, p. 121-132, 2019.

KAROUACH, F.; ELGHALI, L.; BENLAAOUANE, R.; et al. Sustainable management of aquatic macrophytes: environmental and economic perspectives. Sustainability, v. 14, n. 21, p. 13875, 2022.

KURNIAWAN, Setyo Budi et al. Macrophytes as wastewater treatment agents: Nutrient uptake and potential of produced biomass utilization toward circular economy initiatives. Science of the Total Environment, 2021.

LOPES, F. B.; SENA, M. G. T.; OLIVEIRA, C. M. B.; LIMA, F. J. O.; ANDRADE, E. M.; BECKER,

H. Eutrofização em reservatórios da região semiárida. In: III INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 2015. Anais [...]. Fortaleza: INOVAGRI, 2015.

MALIK, A. Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. Environment International, v. 33, n. 1, p. 122-138, 2007.

MALULEKE, M.; FRASER, G. C. G.; HILL, M. P. Economic evaluation of chemical and biological control of four aquatic weeds in South Africa. *Biocontrol Science and Technology*, v. 31, n. 9, p. 896-911, 2021. https://doi.org/10.1080/09583157.2021.1900783.

MOELLER, L. et al. Crop Characteristics of Aquatic Macrophytes for Use as a Substrate in Anaerobic Digestion Plants—A Study from Germany. Energies, 2018.

MOURA, M. A. M.; FRANCO, D. A. S.; MATALLO, M. B. Manejo integrado de macrófitas aquáticas. Biológico, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 77–82, jan./jun. 2009

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nova York: ONU, 2015.

PATEL, S. Aquatic weed *Eichhornia crassipes* as a resource: a review. Journal of Water Resource and Protection, v. 4, n. 11, p. 1119-1126, 2012.

POMPÊO, M. L. M. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 2017.

POVEDA, J. The use of freshwater macrophytes as a resource in sustainable agriculture. Journal of Cleaner Production, 2022.

SAYANTHAN, S.; HASAN, H.; ABDULLAH, S. R. Floating Aquatic Macrophytes in Wastewater Treatment: Toward a Circular Economy. Water, 2024.

SCHNEIDER, S. C. et al. Causes of macrophyte mass development and management recommendations. *Science of the Total Environment*, v. 931, p. 172960, 2024.

THIEMER, K.; SCHNEIDER, S.; DEMARS, B. O. L. Mechanical removal of macrophytes in freshwater ecosystems: implications for ecosystem structure and function. Science of the Total Environment, 2021.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Maringá: EDUEM, 2003.

THOMAZ, S. M. Importância ecológica e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais.

Acta Limnologica Brasiliensia, v. 19, n. 2, p. 135-144, 2007.

WETZEL, R. G. Limnology: lake and river ecosystems. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2001.

XU, J.; SHEN, G.; ZHANG, Y.; et al. The multifaceted function of water hyacinth in maintaining environmental sustainability and the underlying mechanisms: a mini review. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 19, n. 24, 2022.

YANG, HANG *et al*. The dual nature of water hyacinth (*Pontederia crassipes*): Environmental threats and sustainable solutions. Water Biology and Security, v. 4, 100359, 2025.