

**RIQUEZA FLORÍSTICA E ECOLOGIA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO
RESERVATÓRIO DA FAZENDA ESCOLA DE CASTANHAL - UFRA:
ESTRUTURA, FUNÇÃO E IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n3-085>

Data de submissão: 11/02/2025

Data de publicação: 11/03/2025

Raquel Viana Porto

Engenheira de Pesca

Instituto Federal do Pará

E-mail: vianaluz2016@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4683-657X>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/0904868511123567>

Brenda Maria Pereira Alho da Costa

Doutoranda em Ciência Animal. Química

Instituto Federal do Pará

E-mail: brendamariaalho@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9153-7580>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/6606653823611979>

Léa Carolina de Oliveira Costa

Prof^a. Dr^a. Oceanógrafa

Instituto Federal do Pará

E-mail: leacarolinacosta@yahoo.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4423-7937>

LATTES: <https://lattes.cnpq.br/7576540554112066>

Marcelo Ferreira Torres

Prof. Dr. Biólogo

Instituto Federal do Pará

E-mail: marcelotorresifpa@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6860-524X>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/9929889716535919>

Lian Valente Brandão

Prof. Dr. Engenheiro de Pesca

Instituto Federal do Pará

E-mail: lian.brandao@ifpa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2571-2798>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/2728614973665468>

Bruno Adan Sagratzki Cavero

Prof. Dr. Biólogo

Universidade Federal do Amazonas

E-mail: base@ufam.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9445-8041>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/1422693210228392>

Javier Cremades Ugarte

Prof. Dr. Farmacêutico

Universidade da Coruña

E-mail: javier.cremades@udc.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2512-8003>

<http://lattes.cnpq.br/0035489239876123>

José Ribamar da Cruz Freitas Júnior

Prof. Dr. Engenheiro Ambiental

Instituto Federal do Pará

E-mail: jose.dacruz@ifpa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8915-2489>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/1903284345080605>

RESUMO

As macrófitas aquáticas desempenham um papel fundamental nos ecossistemas aquáticos, influenciando a qualidade da água, a estabilidade dos habitats e a biodiversidade local. Este estudo teve como objetivo analisar a riqueza florística, a estrutura ecológica e a função ambiental das macrófitas aquáticas no reservatório da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), em Castanhal-PA. Para isso, utilizou-se a metodologia dos quadrados de Howard-Williams (1975), permitindo a amostragem sistemática da vegetação aquática. Foram identificadas 45 espécies pertencentes a 24 famílias botânicas, com predominância de Poaceae, Cyperaceae e Asteraceae. Espécies como *Cabomba aquatica* e *Utricularia gibba* destacaram-se pela sua relevância ecológica, atuando como substrato e bioindicadores ambientais, contribuindo para a retenção de nutrientes no ecossistema. Além disso, a análise dos parâmetros físico-químicos indicou que a água do reservatório se classifica como Classe II, adequada para aquicultura e recreação, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Os resultados reforçam a importância das macrófitas na estabilidade ecológica dos ecossistemas aquáticos, evidenciando sua função na retenção de nutrientes e no suporte à biodiversidade. Esses achados destacam a necessidade de estudos contínuos para avaliar a dinâmica dessas comunidades vegetais e sua relação com fatores ambientais.

Palavras-chave: Macrófitas aquáticas. Biodiversidade. Ecossistemas aquáticos. Qualidade da água. Fitorremediação.

1 INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas exercem influência significativa na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, atuando na ciclagem de nutrientes, na estabilidade do sedimento e na formação de habitats para organismos aquáticos (Bornette & Puijalon, 2011; Coughlan et al., 2018). Essas plantas são essenciais para a manutenção da biodiversidade e a qualidade da água, sendo amplamente utilizadas na fitorremediação, pois possuem capacidade de remover metais pesados e outros poluentes de ambientes contaminados (Pott & Pott, 2002; Coutinho et al., 2018).

A presença e a distribuição das macrófitas estão diretamente relacionadas a fatores ambientais, como qualidade da água, profundidade e grau de antropização (Fares et al., 2020). Em ecossistemas aquáticos tropicais, como os da Amazônia, as macrófitas desempenham um papel crítico na manutenção da biodiversidade e na estruturação dos habitats aquáticos (Cabral et al., 2025). Além disso, a presença dessas plantas influencia diretamente a hidrodinâmica, reduzindo a velocidade da água e promovendo a deposição de sedimentos finos, fatores que impactam diretamente a disponibilidade de nutrientes no meio aquático (Ferreira et al., 2024).

A diversidade funcional das macrófitas reflete a adaptação dessas espécies a diferentes condições ambientais. Em ecossistemas sujeitos a altos níveis de nutrientes, algumas macrófitas submersas podem formar densos tapetes vegetais, enquanto espécies flutuantes se proliferam rapidamente em áreas eutrofizadas, alterando a transparência da água e afetando a penetração de luz (Zhang et al., 2024). Dessa forma, o estudo da composição florística e ecológica das macrófitas é essencial para entender as interações entre essas plantas e os processos ecossistêmicos.

No Brasil, a Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizada em Castanhal-PA, é um local estratégico para estudos de macrófitas aquáticas devido à sua importância na formação de profissionais e à representatividade de seus ecossistemas aquáticos (Dos Passos et al., 2021). A recente regularização fundiária do local destaca seu potencial para pesquisas ambientais e agrícolas, ampliando o interesse científico na biodiversidade aquática presente na região (Agência Pará, 2021). O reservatório da UFRA tem sido utilizado para pesquisas sobre qualidade da água e biodiversidade, sendo um ambiente ideal para avaliar a estrutura e função das macrófitas aquáticas (Dos Passos et al., 2021).

O uso de macrófitas na recuperação de ambientes contaminados tem sido amplamente estudado em diversas partes do mundo. Segundo Ansari et al. (2020), essas plantas atuam como biofiltros, removendo contaminantes da água por meio de processos físicos, químicos e biológicos. Espécies como *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* têm se mostrado eficientes na remoção de poluentes, contribuindo para a melhoria da qualidade da água e a manutenção do equilíbrio ecológico

(Wang et al., 2023). Em ambientes onde há elevado aporte de nutrientes, essas espécies podem atuar na retenção de compostos nitrogenados e fosfatados, reduzindo a eutrofização e promovendo maior estabilidade ecológica (Zhang et al., 2024).

Além do papel na qualidade da água, as macrófitas também influenciam a emissão de gases do efeito estufa em ambientes aquáticos. Estudos demonstram que a remoção de macrófitas pode impactar diretamente a emissão de CO₂ e CH₄, afetando a dinâmica do carbono nos ecossistemas (Harpenslager et al., 2022). Dessa forma, compreender o papel dessas plantas nos processos ecológicos é essencial para o manejo sustentável de ambientes aquáticos.

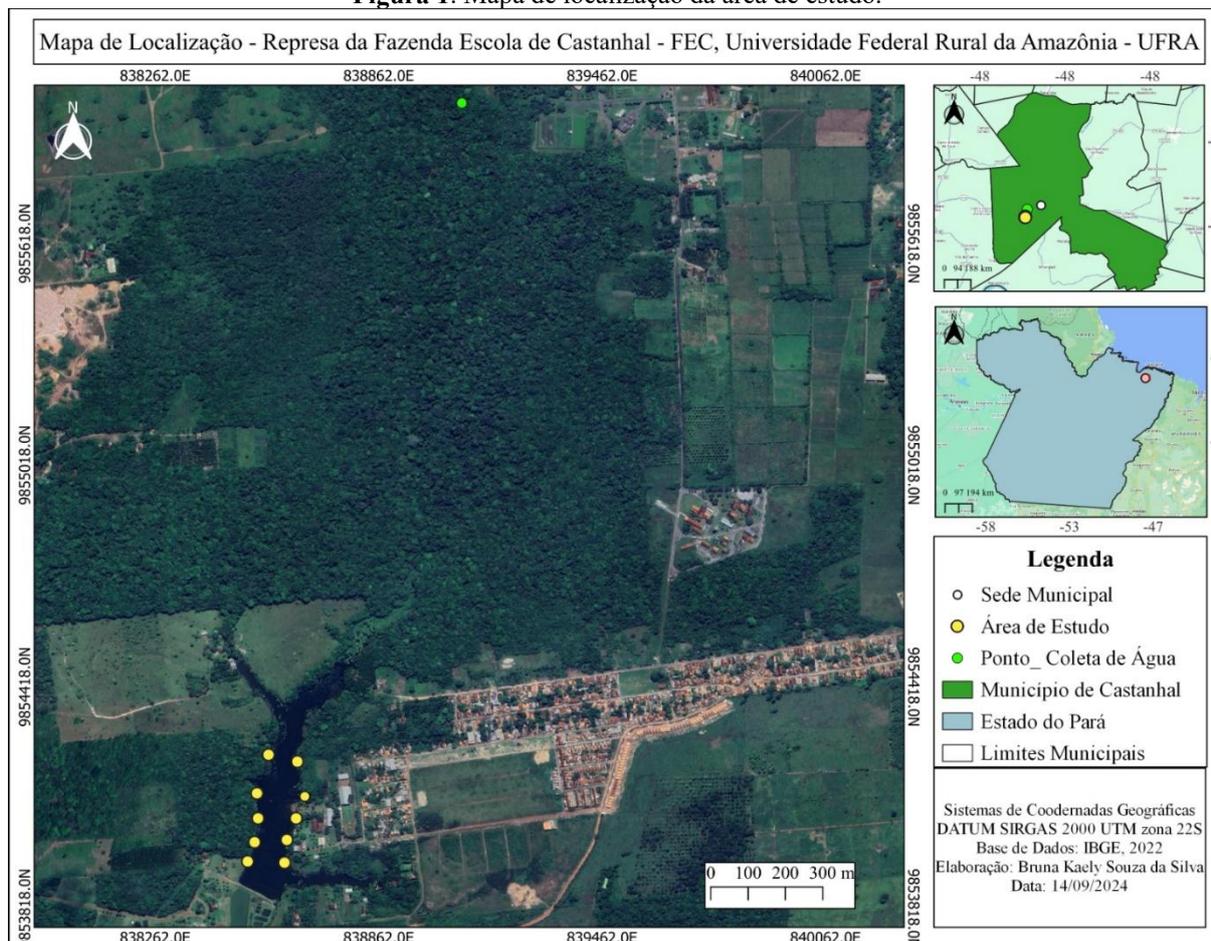
Diante o exposto, este estudo tem como objetivo analisar a riqueza florística, a estrutura ecológica e a função ambiental das macrófitas aquáticas no reservatório da UFRA, com foco na sua importância para a qualidade da água e biodiversidade local.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi conduzido no reservatório da Fazenda Escola de Castanhal (FEC), pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizado na BR-316, km 23, ramal da Boa Vista, município de Castanhal, Pará. A represa foi construída com o objetivo de viabilizar aulas práticas para os cursos de Engenharia de Pesca e Aquicultura da instituição, além de servir como base para pesquisas acadêmicas, dissertações e teses na área ambiental. A localização da área de estudo pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.



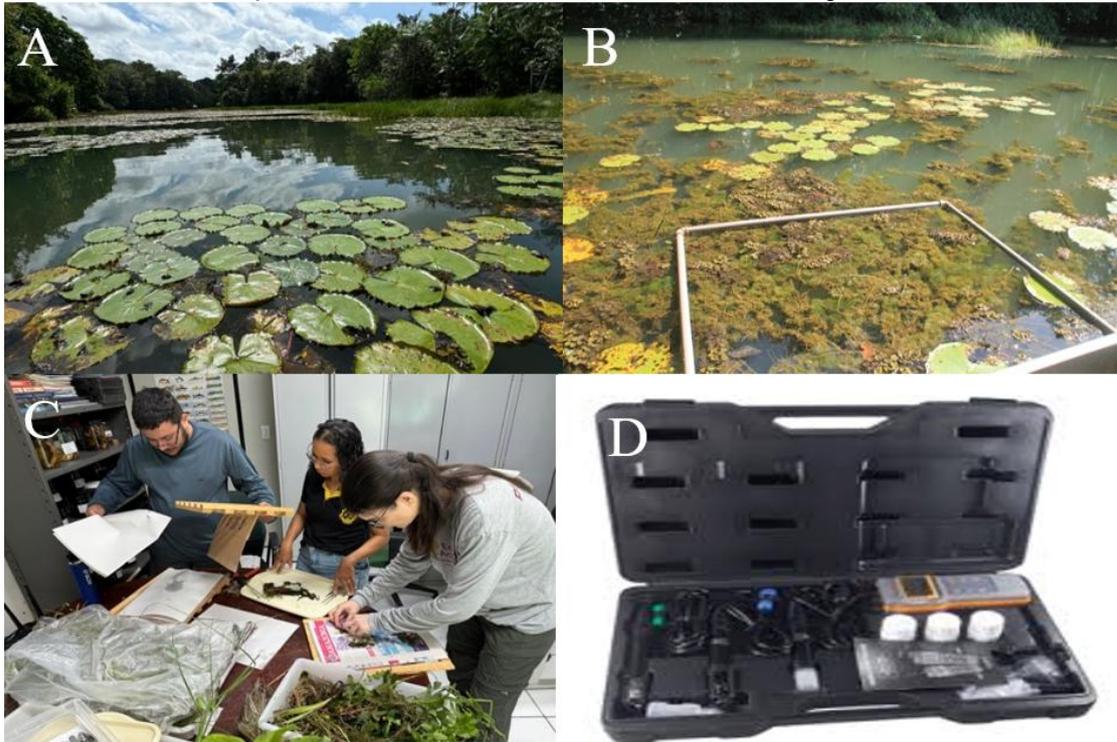
Fonte: Autores.

2.2 COLETA E IDENTIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES

As amostras de macrófitas aquáticas foram coletadas ao longo do reservatório da FEC, seguindo a metodologia proposta por Moura-Junior et al. (2015) para levantamentos florísticos em ambientes aquáticos. Foram estabelecidas parcelas de 1 x 1 metro, selecionadas com base na heterogeneidade das espécies vegetais presentes. Dentro dessas parcelas, todos os exemplares de macrófitas foram coletados manualmente e acondicionados em sacos plásticos para transporte.

A identificação taxonômica seguiu os protocolos de herborização e classificação botânica, sendo realizada em parceria com o Programa de Pós-graduação em Ecologia da UFPA e do Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas – Botânica Tropical (UFRA/Museu Emílio Goeldi). O material coletado foi posteriormente incorporado ao acervo botânico do Núcleo de Pesca e Aquicultura (NUPA) do IFPA, Campus Castanhal. A Figura 2 apresenta algumas etapas do processo de coleta e triagem das amostras.

Figura 2. Amostragem e processamento das espécies macrófitas coletadas. A: Área de estudo; B: Área amostral com quadrado de PVC; C: Identificação taxonômica do material coletado; D: Sonda Multiparâmetros AKSO AK88v2.



Fonte: Autores.

2.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

A qualidade da água do reservatório foi avaliada por meio da medição de seis variáveis físico-químicas a saber: pH (Potencial hidrogeniônico), Oxigênio dissolvido (OD), Temperatura (T°C), Condutividade elétrica (CON), Salinidade (SAL) e Total de sólidos dissolvidos (TDS).

As coletas foram realizadas em dez pontos distribuídos nas margens esquerda e direita do reservatório. Os parâmetros foram aferidos utilizando uma sonda multiparâmetros AKSO modelo AK88v2 (Figura 3). Para fins de comparação, amostras de água foram coletadas também na nascente principal da área estudada, localizada no Instituto Federal do Pará (IFPA) – Campus Castanhal, nas coordenadas geográficas 1°18'0,5''S 47°57'12.2'' W. Esta nascente está localizada em uma área de preservação permanente, conforme estabelecido pelo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), que determina a proteção de nascentes com um raio mínimo de 50 metros de vegetação nativa (BRASIL, 2012).

Figura 3. Coleta de amostras e aferição dos parâmetros físico-químicos na nascente.



Fonte: Autores.

2.4 PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS E ANÁLISES LABORATORIAIS

As amostras biológicas foram processadas conforme metodologias padronizadas para estudos de macrófitas aquáticas (Pott & Pott, 2002). O material vegetal foi prensado utilizando jornais para remoção da umidade e submetido a secagem em estufa a 70°C por 120 horas no Laboratório de Aquicultura de Espécies Tropicais (LAET) do IFPA - Castanhal. Após esse período, as amostras foram organizadas em exsiccatas devidamente etiquetadas, servindo como material testemunho para futuras consultas e estudos comparativos.

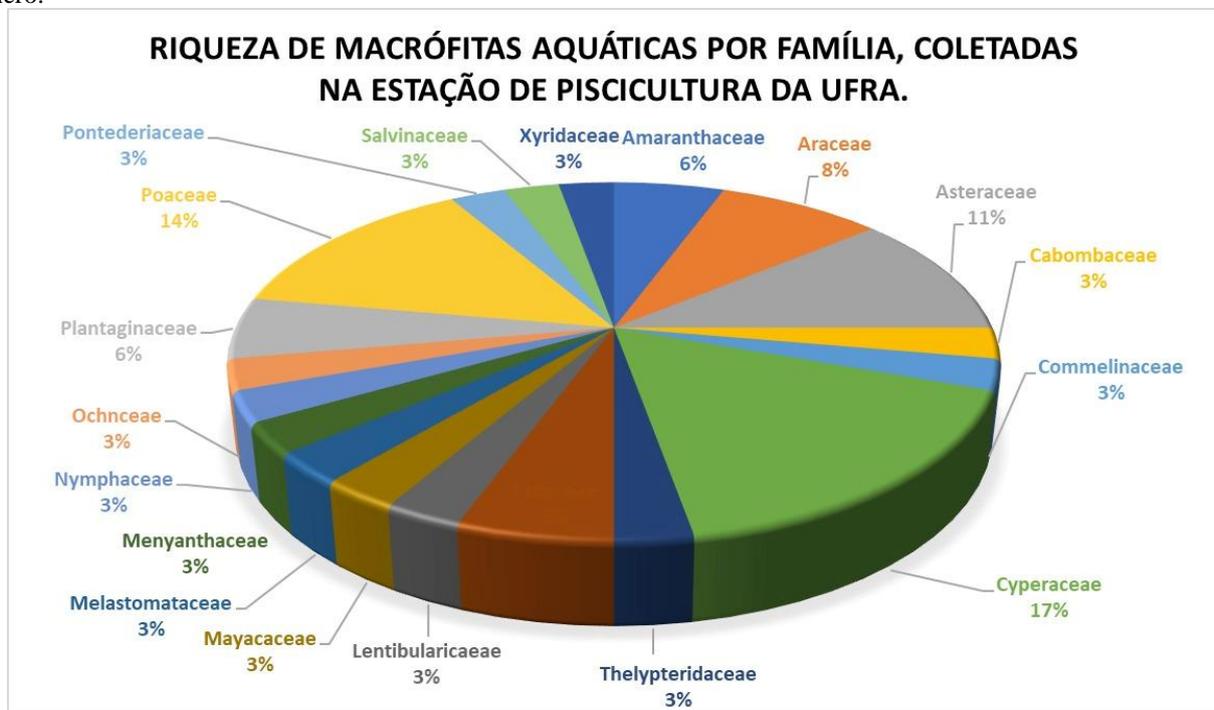
2.5 TRATAMENTO DE DADOS

Os dados coletados foram analisados estatisticamente para verificar padrões na composição florística e nos parâmetros físico-químicos da água. As diferenças entre os pontos amostrais foram avaliadas utilizando análises de variância (ANOVA) e testes post-hoc, quando aplicável. Para a riqueza florística, foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e Pielou (J'), garantindo uma avaliação detalhada da distribuição e dominância das espécies no ambiente de estudo.

3 RESULTADOS

O levantamento florístico no reservatório da Fazenda Escola da UFRA resultou na identificação de 45 espécies de macrófitas aquáticas, distribuídas em 24 famílias e 39 gêneros. A família Poaceae apresentou a maior riqueza específica, com 6 espécies distribuídas em 6 gêneros, seguida por Cyperaceae, que registrou 5 gêneros, com predomínio do gênero *Cyperus* (5 espécies). Outras famílias representativas incluem Asteraceae (4 gêneros) e Araceae (3 gêneros). As demais famílias apresentaram entre 1 e 2 espécies, conforme ilustrado no Gráfico 1.

Gráfico 1. Frequência das principais famílias encontrados, em relação à quantidade das Espécies coletadas no reservatório da Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), de diferentes espécies dentro de um mesmo gênero.



Fonte: Autores.

3.1 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA

As famílias com maior representatividade e suas principais espécies foram:

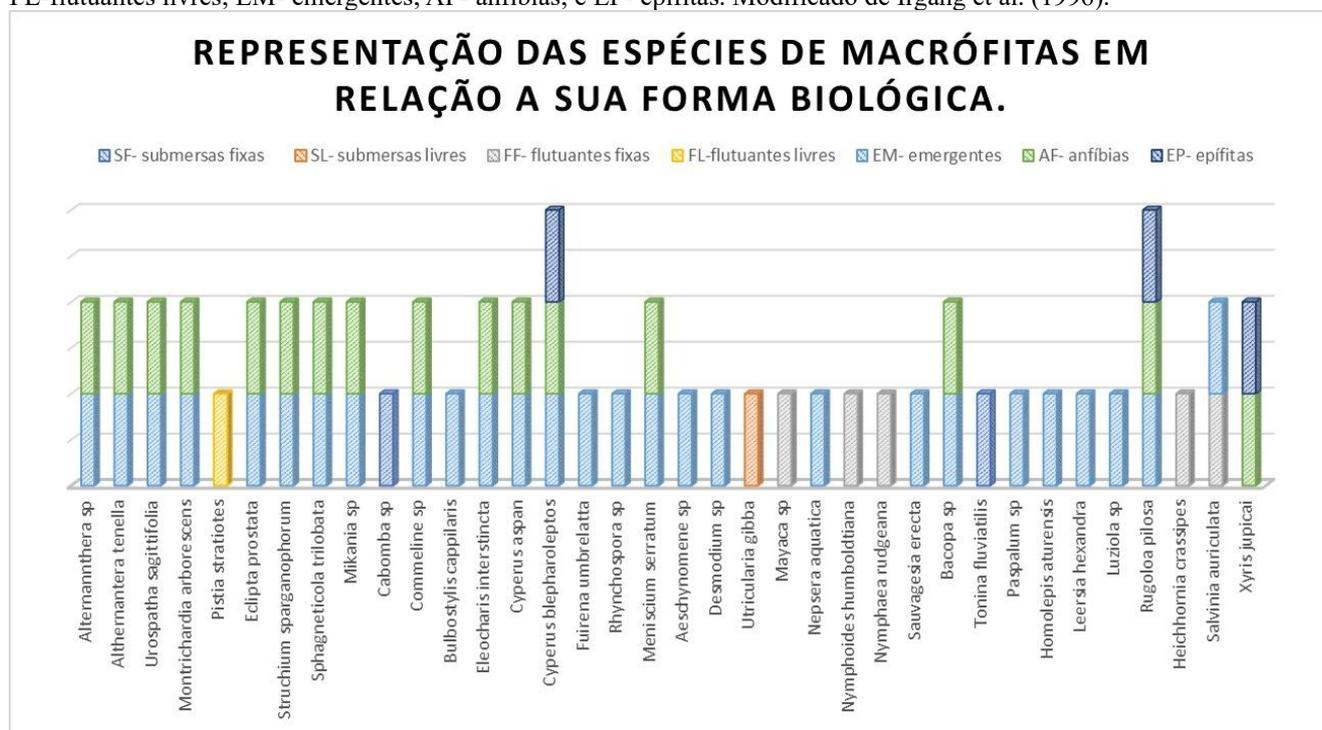
- Cabombaceae: *Cabomba aquatica*;
- Salvinaceae: *Salvinia auriculata*;
- Menyanthaceae: *Nymphoides humboldtiana*;
- Nymphaeaceae: *Nymphaea rudgeana*;
- Lentibulariaceae: *Utricularia gibba*;
- Cyperaceae: *Eleocharis interstincta*, *Cyperus brepharoleptos*, *Cyperus aspan*, *Cyperus brevifolius*, *Cyperus eragrotis*, *Cyperus esculentus*.

Foram observadas interações ecológicas significativas entre as espécies, como o uso de *Cabomba aquatica* por *Utricularia gibba* como substrato para fixação. Além disso, *Salvinia auriculata* serviu de suporte para espécies epífitas do gênero *Cyperus*, que completam seu ciclo de vida sobre macrófitas flutuantes.

A distribuição espacial revelou que *Nymphaea rudgeana* e *Nymphoides humboldtiana* preferem ambientes menos profundos, enquanto *N. rudgeana* pode se desenvolver em profundidades entre 0,5 e 2 metros. Com o aumento da profundidade do reservatório, a diversidade de macrófitas reduziu significativamente, com dominância de *Eleocharis interstincta*, *Cabomba aquatica* e *Utricularia gibba*.

A diversidade de espécies encontradas reflete a riqueza e a complexidade dos ecossistemas estudado. As quarenta e nove espécies identificadas pertencem a dezenove famílias botânicas diferentes, mostrando uma ampla variedade de formas de vida e adaptações ecológicas. No Gráfico 2 podemos visualizar a diversidade das formas biológicas das espécies encontradas nesse ambiente.

Gráfico 2. Formas biológicas de macrófitas aquáticas: SF- submersas fixas; SL- submersas livres; FF- flutuantes fixas; FL-flutuantes livres; EM- emergentes; AF- anfíbias; e EP- epífitas. Modificado de Irgang et al. (1996).



Fonte: Autores.

3.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA

Foram analisados os parâmetros físico-químicos da água tanto na nascente quanto no reservatório da Fazenda Escola da UFRA. Os resultados médios aferidos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da nascente e do reservatório da Fazenda Escola da UFRA

Parâmetro	Nascente (Média)	Reservatório (Média)
pH	6,2	7,5
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,8	7,2
Temperatura (°C)	25,4	27,8
Condutividade (µS/cm)	42,3	185,6
Salinidade (ppm)	0,2	0,5
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	37,8	140,2

Os valores médios indicam que a nascente não atende integralmente os critérios de Classe I (águas especiais) estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005 (BRASIL, 2005), devido ao baixo oxigênio dissolvido (5,8 mg/L), enquanto a água do reservatório se enquadra na Classe II, sendo apropriada para atividades recreativas e aquícolas. A condutividade elétrica foi significativamente maior no reservatório, sugerindo maior presença de sais dissolvidos, enquanto a nascente apresentou características típicas de águas subterrâneas.

4 DISCUSSÃO

4.1 RIQUEZA FLORÍSTICA E COMPOSIÇÃO DAS MACRÓFITAS

A diversidade de macrófitas aquáticas encontrada no reservatório da UFRA (45 espécies distribuídas em 24 famílias) demonstra a complexidade estrutural dos ecossistemas aquáticos tropicais. Estudos anteriores corroboram essa elevada diversidade, como o levantamento realizado por Moura Júnior et al. (2015), que identificou uma grande variedade de macrófitas aquáticas na região Norte do Brasil. Esse número expressivo de espécies pode estar relacionado à heterogeneidade do habitat e à disponibilidade de recursos, fatores frequentemente citados como impulsionadores da diversidade florística em ambientes aquáticos (Cabral et al., 2025).

A predominância das famílias Poaceae, Cyperaceae e Asteraceae no estudo reflete tendências já registradas para ecossistemas aquáticos na Amazônia. Moura Júnior et al. (2015) relataram que essas famílias possuem ampla distribuição na região e desempenham papel essencial na composição da vegetação aquática. Além disso, espécies como *Cabomba aquatica* e *Utricularia gibba*, identificadas na área de estudo, já foram descritas como bioindicadoras ambientais devido à sua sensibilidade a alterações na qualidade da água (Ansari et al., 2020).

4.2 DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA E INTERAÇÕES ENTRE ESPÉCIES

A distribuição das espécies seguiu um gradiente de profundidade, com espécies flutuantes e emergentes dominando áreas rasas e espécies submersas prevalecendo em regiões mais profundas. Estudos como os de Zhang et al. (2024) e Wang et al. (2023) destacam que a variação da profundidade influencia diretamente a composição das comunidades de macrófitas, alterando a penetração de luz e a disponibilidade de nutrientes.

Outro aspecto relevante observado foi a interação entre espécies. A presença de *Utricularia gibba* utilizando *Cabomba aquatica* como substrato demonstra um mecanismo importante de ocupação espacial em ambientes aquáticos, também documentado por Fletcher et al. (2024) em estudos sobre interações ecológicas em macrófitas tropicais. A relação entre *Salvinia auriculata* e espécies epífitas do gênero *Cyperus* reforça o papel das macrófitas flutuantes na criação de micro-habitats para outras plantas e organismos aquáticos (Bornette & Puijalon, 2011).

4.3 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E QUALIDADE DA ÁGUA

A análise da qualidade da água revelou que a nascente principal não atende aos critérios de Classe I da Resolução CONAMA Nº 357/2005, devido ao baixo oxigênio dissolvido (5,8 mg/L), enquanto o reservatório se enquadra na Classe II, adequado para atividades recreativas e aquícolas. Esse padrão foi observado em outros estudos na Amazônia, como o de Ferreira et al. (2024), que analisou impactos da mineração em riachos amazônicos e registrou padrões semelhantes na variação da condutividade elétrica e concentração de sólidos dissolvidos.

A maior condutividade e concentração de sólidos dissolvidos no reservatório podem ser explicadas pelo acúmulo de matéria orgânica e aporte de sedimentos, conforme também relatado por Macedo et al. (2024) em estudos sobre impactos de plantas aquáticas invasoras em ecossistemas aquáticos. A variação dos parâmetros físico-químicos entre a nascente e o reservatório sugere que processos como decomposição de matéria orgânica e trocas gasosas influenciam significativamente a qualidade da água (Lukwambe et al., 2019).

4.4 IMPLICAÇÕES ECOLÓGICAS E RECOMENDAÇÕES PARA MANEJO

A presença de macrófitas aquáticas desempenha um papel crucial na manutenção do equilíbrio ecológico, influenciando desde a estruturação de habitats até a qualidade da água. No entanto, seu crescimento excessivo pode resultar em impactos negativos, como a redução da biodiversidade e a proliferação de espécies oportunistas (Macedo et al., 2024). Portanto, estratégias de manejo

sustentável, como o controle biológico e a remoção seletiva, devem ser consideradas para evitar desequilíbrios ecológicos (HarpenSlager et al., 2022).

Estudos recentes destacam a importância das macrófitas na fitorremediação de ambientes aquáticos contaminados, devido à sua capacidade de absorver metais pesados e compostos nitrogenados (Nabi et al., 2025). Espécies como *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* são frequentemente utilizadas nesse tipo de abordagem, demonstrando eficácia na remoção de poluentes e recuperação da qualidade da água (Wang et al., 2021).

Os resultados deste estudo fornecem subsídios para a implementação de estratégias de manejo e conservação, contribuindo para a proteção dos ecossistemas aquáticos amazônicos e promovendo a sustentabilidade dos recursos hídricos. Pesquisas futuras podem aprofundar a análise sobre a dinâmica temporal das macrófitas na área de estudo, considerando fatores como variações sazonais e impactos antropogênicos.

5 CONCLUSÃO

Este estudo identificou uma expressiva diversidade florística de macrófitas aquáticas no reservatório da Fazenda Escola da UFRA, reforçando sua relevância ecológica na estruturação dos habitats aquáticos. A presença de 45 espécies distribuídas em 24 famílias demonstra a importância dessas plantas para a ciclagem de nutrientes, a estabilização dos ecossistemas e a melhoria da qualidade da água, indicando seu papel fundamental na sustentabilidade ambiental da região. A predominância das famílias Poaceae, Cyperaceae e Asteraceae sugere forte influência das condições ambientais locais na distribuição das espécies, com destaque para a alta ocorrência de *Cabomba aquatica* e *Utricularia gibba*, que atuam como bioindicadores ambientais e contribuem para a retenção de nutrientes no ecossistema.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA PARÁ. Iterpa concede regularização fundiária da Fazenda Escola de Castanhal em celebração aos 70 anos da UFRA. 2021. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/26592>. Acesso em: 07 mar. 2025.
- ANSARI, A. A., GILL, S. S., ABBASI, T., ABBASI, S. A. Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, p. 14935-14950, 2020.
- BORNETTE, G.; PUIJALON, S. Macrophytes: ecology of aquatic plants. *Aquatic Botany*, v. 95, p. 115-134, 2011.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 18 mar. 2005.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 28 maio 2012.
- CABRAL, L., TEIXEIRA, Z., SOUZA, J., et al. Macrophyte species uniqueness is driven by habitat integrity, sediment structure, and spatial components in streams around the Amazon National Park. *Aquatic Conservation*, v. 35, p. 255-270, 2025.
- COUGHLAN, N. E., KELLY, T. C., CULLEN, P. et al. An ecological perspective on the management of invasive aquatic macrophytes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, v. 28, p. 256-267, 2018.
- COUTINHO, H. D. M., MORAIS-BARBOSA, E. J., SILVA, L. M., et al. Use of macrophytes in water decontamination: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 25, p. 31553-31565, 2018.
- DOS PASSOS, C. A., BARROS, F. A., OLIVEIRA, T. P., et al. Análise dos parâmetros de qualidade de água para tanques e viveiros da Fazenda Escola de Castanhal. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, v. 3, p. 120-135, 2021.
- FARES, A., VELASQUEZ, F., MENEZES, R., et al. Environmental factors affect macrophyte diversity on Amazonian aquatic ecosystems inserted in an anthropogenic landscape. *Hydrobiologia*, v. 35, p. 675-690, 2020.
- FERREIRA, L., ANDRADE, R., SOUSA, V., et al. Amazon streams impacted by bauxite mining present distinct local contributions to the beta diversity of aquatic insects, fish, and macrophytes. *Ecological Indicators*, v. 131, p. 108199, 2024.
- FLETCHER, D. H.; et al. Engineering aquatic plant community composition on floating treatment wetlands can increase ecosystem multifunctionality. *Ecological Applications*, v. 34, p. 1-10, 2024.

HARPENSLAGER, S. F., LAMERS, L. P. M., SMOLDERS, A. J. P. et al. Short-term effects of macrophyte removal on emission of CO₂ and CH₄ in shallow lakes. *Journal of Environmental Management*, v. 301, p. 113754, 2022.

IRGANG, B. E.; GASTAL, C. V. S. *Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS*. Porto Alegre: CPG-Botânica, UFRGS, 1996.

LUKWAMBE, B.; et al. Bacterioplankton community in response to biological filters (clam, biofilm, and macrophytes) in an integrated aquaculture wastewater bioremediation system. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 26, p. 1-12, 2019.

MACEDO, A. C.; et al. The economic costs of invasive aquatic plants: A global perspective on ecology and management gaps. *Biological Invasions*, v. 26, p. 1-15, 2024.

MOURA JÚNIOR, E. G.; PAIVA, R. M. S.; FERREIRA, A. C.; PACOPAHYBA, L. D.; TAVARES, A. S.; FERREIRA, F. A.; POTT, A. Updated checklist of aquatic macrophytes from Northern Brazil. *Acta Amazonica*, v. 45, n. 2, p. 111-132, 2015.

NABI, G.; et al. Enhanced nutrient removal from aquaculture wastewater using optimized constructed wetlands: A comprehensive screening of microbial complexes, substrates, and macrophytes. *Water Research*, v. 235, p. 1-12, 2025.

POTT, V. J.; POTT, A. Potencial de uso de plantas aquáticas na despoluição da água. *Embrapa Gado de Corte*, 2002.

WANG, Y., LIU, X., CHEN, M. et al. A constructed wetland system with aquatic macrophytes for cleaning contaminated runoff/storm water from urban areas in Florida. *Water Science and Technology*, v. 84, p. 2709-2722, 2021.

WANG, Q., ZHANG, H., LI, C., et al. Research status on remediation of eutrophic water by submerged macrophytes: A review. *Environmental Pollution*, v. 286, p. 117433, 2023.

ZHANG, L., CHENG, Y., MA, S., et al. Nitrogen and phosphorus cycling for aquaculture ponds with artificially-controlled drainage: Sources, sinks and treatment strategies. *Aquaculture*, v. 556, p. 738148, 2024.