



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Macrófitas Aquáticas da Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira da EMBRAPA Amazônia Oriental, Pará, Brasil

Marcos da Conceição Oliveira¹, Guilherme Sampaio Cabral², Raimundo Luiz Morais de Sousa³, Rayette Souza da Silva⁴

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Botânica Tropical da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)/ Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Coordenação de Botânica. Av. Perimetral, nº 1901, Terra Firme, 66077-830, Belém, Pará, Brasil. Licenciado em Ciências Biológicas, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Belém. marcos.cyperus@gmail.com (autor para correspondência), <https://orcid.org/0009-0002-4660-9850>. ²Doutorando no Programa de Pós-graduação em Ecologia da Universidade Federal do Pará (UFPA). R. Augusto Corrêa, nº 01, 66075-110, Guamá, Belém, Pará, Brasil, <https://orcid.org/0000-0002-7757-1392>. ³Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – Botânica Tropical da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)/ Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Coordenação de Botânica. Av. Perimetral, nº 1901, Terra Firme, 66077-830, Belém, Pará, Brasil, <https://orcid.org/0000-0002-0511-3501>. ⁴Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Belém (IFPA). Av. Alm. Barroso, nº 1155, Marco, 66093-020, Belém, Pará, Brasil, <https://orcid.org/0000-0001-6224-3815>.

Recebido em 30/12/2023 e aceito em 02/06/2024

RESUMO

As macrófitas aquáticas, em sua maioria, são plantas vasculares que estão presentes desde áreas encharcadas até as completamente alagadas. A Amazônia possui grande diversidade de espécies de macrófitas, por conta da sua variedade de ambientes alagados ou encharcados. Portanto, com intuito de contribuir para o conhecimento de macrófitas na Amazônia, o objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento das espécies de macrófitas aquáticas na Estação Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira da Embrapa Amazônia Oriental, Pará, Brasil analisando o efeito dos regimes de chuva, e do ambiente (viveiros e tanques) da piscicultura na comunidade de macrófitas. As coletas foram realizadas nos meses de janeiro, março, julho e setembro. Os dados abióticos foram coletados utilizando uma sonda multiparâmetro. Para testar o efeito do ambiente e do período, a análise NMDS e a PCA no software PAST 4.12b. Foram registradas 82 espécies, 58 gêneros e 38 famílias, com destaque para as famílias Cyperaceae (15 spp.), Asteraceae (seis spp.), Fabaceae e Poaceae (cinco spp. cada). As principais formas de vida foram anfíbias (63%), anfíbia e emergentes (15%) e emergentes (11%). A variação na pluviosidade não afetou significativamente a composição das espécies. O ambiente influenciou a composição e os biótipos das espécies de macrófitas. Houve o primeiro registro de *Hydrocotyle ranunculoides* para o Estado do Pará. O levantamento revelou que a estação possui grande riqueza de espécies, que podem ser utilizadas para o manejo e controle das espécies na piscicultura.

Palavras-chave: Planta aquática, composição florística, sazonalidade.

Aquatic Macrophytes of Carlos Estevão de Oliveira Fish Farming Station at EMBRAPA Eastern Amazon, Pará, Brazil

ABSTRACT

The majority of aquatic macrophytes are vascular plants that can be found in areas from waterlogged to completely flooded. The Amazon has a great diversity of macrophyte species, due to its variety of flooded and waterlogged environments. Therefore, in order to contribute to the knowledge of macrophytes in the Amazon, the aim of this work was to carry out a survey of aquatic macrophyte species at the Carlos Estevão de Oliveira Fish Farming Station at Embrapa Amazônia Oriental, Pará, Brazil, analyzing the effect of rainfall regimes and the environment (ponds and tanks) of the fish farm on the macrophyte community. The samples were collected in January, March, July and September. The abiotic data was collected using a multiparameter probe. To test the effect of environment and period, NMDS analysis and PCA were used in the PAST 4.12b software. A total of 82 species, 58 genera and 38 families were recorded, with Cyperaceae (15 spp.), Asteraceae (six spp.), Fabaceae and Poaceae (five spp. each) standing out. The main life forms were amphibious (63%), amphibious and emergent (15%) and emergent (11%). Variations in rainfall did not significantly affect species composition. The environment influenced the composition and biotypes of the macrophyte species. There was the first record of *Hydrocotyle ranunculoides* for the state of Pará. The survey revealed that the station has a great wealth of species, which can be used for the management and control of species in fish farming.

Keywords: Aquatic plant, floristic composition, seasonality.

Introdução

O Brasil possui a maior rede hidrográfica do mundo, com uma grande representatividade de ecossistemas aquáticos e áreas úmidas, principalmente na região continental do país e, apesar da diligência dos pesquisadores, a vegetação que habita esses ambientes não foi completamente inventariada (Junk et al., 2013; Moura-Júnior et al., 2015). Na Amazônia brasileira a diversidade de ambientes aquáticos fornece habitats adequados para a manutenção de comunidades de macrófitas, porém, devido a impactos antrópicos e mudanças na vegetação e uso da terra, a composição dessas espécies tende a se modificar (Pinheiro & Jardim, 2015; Fares et al., 2021; Bomfim et al., 2023).

Sabe-se que, por ação humana ou por fenômenos naturais, o represamento e o aumento na disponibilidade de nutrientes nos ambientes aquáticos podem acarretar na proliferação de macrófitas aquáticas, afetando a viabilidade desses recursos, tal como a recreação, irrigação, abastecimento urbano e industrial, a navegação e a produção de energia (Pinheiro et al., 2019).

As macrófitas aquáticas, em sua maioria, são plantas vasculares, presentes desde áreas encharcadas até as completamente alagadas, sendo atualmente representadas por 3.457 espécies em 456 gêneros e 93 famílias (Murphy et al., 2019) no planeta. Na Amazônia, em sua porção sudeste, tem-se o registro de 709 gêneros, 313 gêneros e 97 famílias, com registros de espécies endêmicas para o Brasil e para a Amazônia (Córdova et al., 2022). Essas plantas apresentam diversas adaptações para viver no ambiente aquático, com estruturas fotossintetizantes podendo estar parcialmente submersas, flutuantes, ou totalmente submersas, sendo classificadas de acordo com seu biótipo em anfíbias, emergentes, flutuante fixa e livre e submersa fixa e livre (Esteves, 2011).

Atualmente, o interesse pelas pesquisas ecológicas e taxonômicas sobre esse grupo vegetal têm aumentado (Moura-Júnior et al., 2015; Fares et al., 2021). Tal fato perpassa do crescente aumento da proliferação das macrófitas em barragens e represas (Rodrigues et al., 2017), no qual, o registro, catalogação e identificação dessa comunidade tornou-se mais frequente, sendo possível estimar através desses levantamentos, alterações nos ecossistemas límnicos, desequilíbrios ambientais, a presença de metais pesados e poluentes, e os possíveis impactos econômicos e sociais causados pelas macrófitas,

sendo um dos fatores de sua proliferação a sua alta plasticidade de adaptação a diferentes condições e ambientes (Esteves, 2011;).

Devido a sua ampla distribuição em habitats aquáticos e sua plasticidade fenotípica, essas plantas também atuam na ciclagem de nutrientes, na remoção de compostos orgânicos em áreas eutrofizadas, protegem as margens dos corpos d'água contra a erosão, além de, fornecerem um ambiente propício para o desenvolvimento de organismos associados como macroinvertebrados, plânctons, peixes, anfíbios (Santana et al., 2021). Esse grupo apresenta altas taxas de produção de biomassa, atuam como principais produtores primários, além de atuarem como bioindicadores de corpos hídricos (Silva et al. 2012)

Tratando de sua adaptabilidade, as macrófitas aquáticas podem apresentar variações nos padrões de desenvolvimento, propagação e frutificação de acordo com diversos fatores (Esteves, 2011). Os períodos seca, a variação no nível da água, disponibilidade de luz solar, profundidade dos corpos d'água, e as chuvas, podem influenciar de forma positiva ou negativa no ciclo de vida, na morfologia e até mesmo na diversidade de espécies de macrófitas aquáticas (Catian et al., 2019). O restabelecimento dessas comunidades depende de mecanismos de resistência e dispersão, sendo observados efeitos negativos em espécies com biótipos mais sensíveis a alterações como as macrófitas aquáticas submersas (Esteves, 2011).

As áreas destinadas à piscicultura são locais propícios para a proliferação de macrófitas, seja pela disponibilidade de nutrientes nos corpos d'água, ou por apresentarem uma variedade de ambientes que facilitam o desenvolvimento e a propagação dessas espécies vegetais (Vasconcelos et al., 2020).

Portanto, é necessário primeiramente conhecer a diversidade, biótipos e a dinâmica das espécies de macrófitas, seja em relação aos índices de pluviosidade, as variáveis limnológicas ou ao tipo de ambiente em que estão, estão sendo geralmente encontradas nos tanques ou viveiros escavados destinados a criação de peixes (Vasconcelos et al., 2021; Nogueira et al., 2022).

Ademais, segundo Torres et al., (2016) a adição de novos estudos sobre plantas aquáticas auxilia nas mais diversas áreas da biologia, sendo fundamental para o entendimento dos processos

ecológicos nas áreas de ocorrência, e para o desenvolvimento de planos de manejo e controle de áreas alagadas e inundáveis, podendo resguardar espécies vegetais e contribuir para o conhecimento florístico da região.

Esta pesquisa representa o primeiro levantamento florístico de macrófitas aquáticas para a área da piscicultura, sendo assim um trabalho precursor, tendo em vista o desenvolvimento de novas técnicas de controle, manejo e uso alternativo de macrófitas, assim como, visa contribuir para o conhecimento de macrófitas aquáticas na Amazônia, e na piscicultura através da coleta e identificação taxonômica das mesmas.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar o levantamento das espécies de macrófitas aquáticas na Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira da Embrapa Amazônia Oriental, além disso, analisar os efeitos dos períodos chuvoso e seco na riqueza de espécies, e identificar a influência do ambiente de cultivo (viveiros e tanques) na composição das espécies.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado na Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira da Embrapa Amazônia Oriental, localizada na cidade de Belém - Pará, sob as coordenadas 1°25'38"S e 48°25'11"O (Figura 1.). Atualmente a estação é utilizada para pesquisas na área de nutrição, uso de elementos alternativos para rações de peixes e na área de genética do pirarucu. Conjuntamente é um espaço utilizado para realização de visitas técnicas e aulas de campo das instituições de ensino (EMBRAPA, 2023).

A área no qual está inserida possui três tipos principais de formações vegetais, as campinaranas; fragmentos de floresta de terra firme e as florestas inundadas (Ferreira et al., 2022). A

Estação de Piscicultura encontra-se em uma área de transição, pois localiza-se, entre os fragmentos de floresta de terra firme e as campinaranas.

O clima da cidade de Belém é classificado por Köppen-Geiger como Equatorial Úmido Af, cujas características principais é não ter uma estação chuvosa definida, além de pouca variação térmica durante o ano (Prefeitura de Belém, 2020) Os índices de pluviosidade foram coletados nos dados provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023) no qual os períodos considerados com maiores médias de precipitação (425,4 mm), os meses de janeiro a maio, e os meses de menor média de precipitação (168,8 mm), os meses de junho a dezembro.

Coleta das variáveis físico-químicas da água

Foram realizadas quatro coletas no ano de 2023, sendo duas na estação chuvosa (janeiro e março) e duas na estação seca (julho e setembro).

Foram coletadas as seguintes variáveis físicas e químicas da água superficial: temperatura (°C), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH (potencial hidrogeniônico) e oxigênio dissolvido (mg/L), através de um medidor multiparâmetro da marca AKSO, modelo AK88.

Coleta e identificação do material botânico

As coletas foram realizadas em quinze unidades amostrais, sendo cinco viveiros e dez tanques (Figura 2.). Os tanques possuem revestimento de concreto com $8 \times 5,30 \text{ m}$, 60 cm em média de profundidade e inclinação de 90° graus; os viveiros escavados com revestimento e substrato de solo com $15 \times 6,50 \text{ m}$, 90 cm em média de profundidade e inclinação de 120° graus. Esses dados foram utilizados para a verificação e comparação das comunidades de macrófitas em diferentes condições, nos tanques e viveiros de piscicultura.

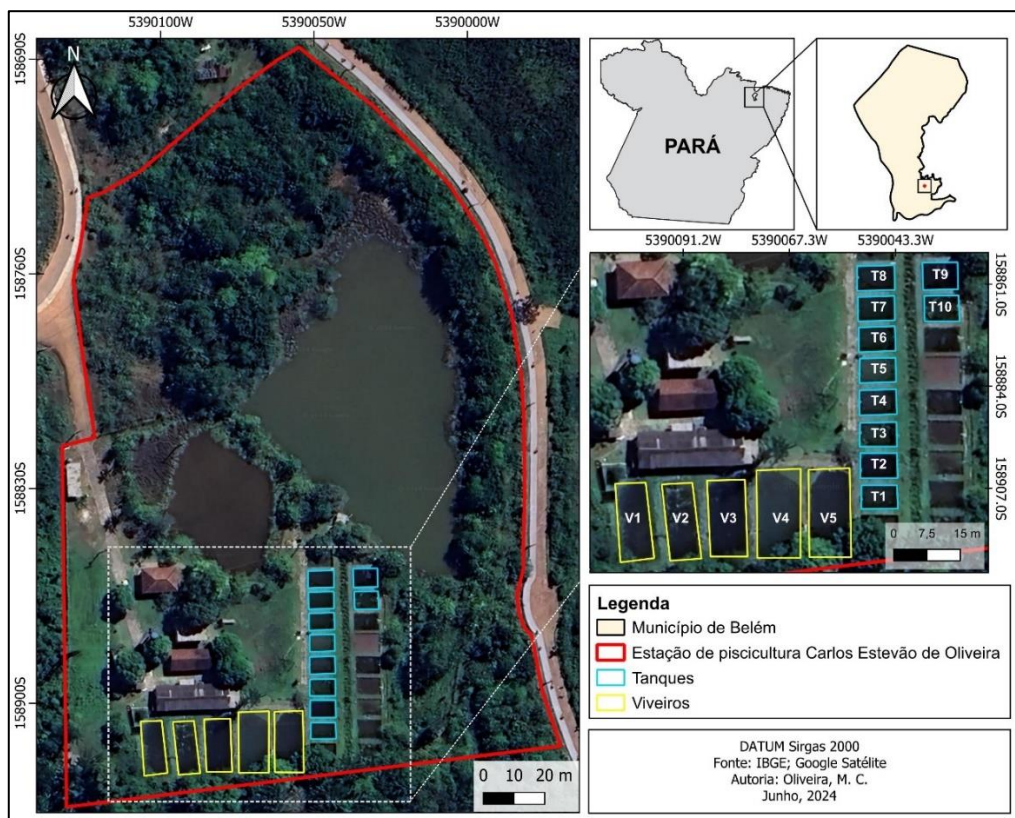


Figura 1. Localização geográfica da Estação de piscicultura Carlos Estevão de Oliveira da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. Legenda: Viveiro (V); Tanque (T)



Figura 2. Viveiros (A) e tanques (B) da estação de piscicultura.

As expedições de coleta e herborização de material botânico foram de acordo com as técnicas usuais de coleta segundo Fidalgo & Bononi (1989), as coletas no interior das áreas foram feitas até a

proximidade mais acessível e segura do ponto de vista de alcance das plantas e da segurança sanitária do pesquisador, utilizando materiais de segurança,

como galochas, botas e ganchos para a coleta de plantas mais distantes da margem.

Todo o material coletado e os pontos de coleta visitados foram fotografados e georreferenciados, os dados referentes ao ambiente e espécies foram registrados em caderneta de campo.

As identificações dos grupos taxonômicos foram realizadas em campo por técnicos especialistas em macrófitas aquáticas do Laboratório de Ecologia de Produtores Primários (ECOPRO) da Universidade Federal do Pará, com auxílio de guias botânicos ilustrados de Demarchi et al. (2018) e Rocha et al. (2022); as descrições e chaves de identificação de Lima et al., (2011) e Silva & Fontes (2018). Dos espécimes não identificados, foram enviados para identificação e comparação com material depositado no Herbário Instituto Agrônomo do Norte (IAN), da Embrapa Amazônia Oriental, sendo identificados por especialistas. Além disso, foi feita a incorporação do material testemunho no acervo do Herbário do IAN da Embrapa Amazônia Oriental. Quando necessário espécimes de grupos taxonômicos mais complexos foram enviados aos seus respectivos especialistas para identificação e/ou confirmação.

Para o sistema de classificação das famílias de angiospermas adotou-se o APG IV (2016), e para as pteridófitas seguiu-se o PPG I (2016). As terminologias de classificação das macrófitas aquáticas quanto a sua forma biológica seguiram Esteves (2011) sendo elas anfíbias, emergentes, submersa fixa, submersa livre, flutuante fixa, flutuante livre e epífita. A classificação e identificação dos táxons considerados infestantes estão de acordo com Lorenzi (2008). Para validar os nomes das espécies e respectivos autores e excluir as sinonímias botânicas foram consultadas as plataformas Flora e Funga do Brasil (2023).

Análise de dados

Tabela 1. Lista florística das espécies de macrófitas aquáticas registradas na Estação de piscicultura Carlos Estevão de Oliveira – Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, apresentando família/espécie. Legendas: chuvoso (C), seco (S), viveiro (V), tanque (T), anfíbia (AB), emergente (EM), flutuante fixa (FF), flutuante livre (FL), submersa fixa (SF), submersa livre (SL).

Grupo taxonômico	Período	Local	Biótipo
MARSILEACEAE			
<i>Marsilea polycarpa</i> Hook. & Grev.	C; S	T; V	EM; FF
NEPHROLEPIDACEAE			
<i>Nephrolepis brownii</i> (Desv.) Hovenkamp & Miyam.	C; S	V	AB
PTERIDACEAE			
<i>Ceratopteris thalictroides</i> (L.) Brongn.	C; S	V	AB; EM
SALVINIACEAE			

Para verificar a similaridade entre as espécies de macrófitas nos tanques e viveiros, foi utilizado o índice de similaridade de Jaccard, no qual apresenta os dados de presença e ausência das espécies. Para visualizar possíveis agrupamentos de táxons, foi feito um dendograma de similaridade de espécies com relação a cada local de coleta (viveiro ou tanque), com base no algoritmo UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) através dos dados de presença e ausência.

Para testar se os ambientes diferem quanto a riqueza e composição de espécies foi realizada a análise NMDS (*Non-metric multidimensional scaling*), um método de ordenação não paramétrico caracterizado pela preservação da distância entre os objetos gerados em um espaço bidimensional, facilitando a análise de seus resultados. Também foi utilizado com o índice de similaridade de Jaccard.

O grau de associação dos fatores abióticos na riqueza de macrófitas nos tanques e viveiros foi realizado através da Análise de Componentes Principais (PCA).

Todas as análises foram realizadas através do software estatístico PAST 4.12b (Hammer et al., 2006)

Resultados e discussão

Ao todo foram registradas 82 espécies, 58 gêneros e 38 famílias de macrófitas aquáticas para a Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira (Tabela 1). Dentre elas, 77 espécies distribuídas em 53 gêneros e 34 famílias de angiospermas, sendo desse total uma espécie identificada em nível de família, e sete em nível de gênero. As pteridófitas foram representadas por cinco espécies distribuídas em cinco gêneros e quatro famílias, apenas.

<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	C; S	T; V	FL
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	C; S	T; V	FL
ACANTHACEAE			
<i>Justicia laevinguis</i> (Nees) Lindau	C; S	T; V	AB; EM
<i>Lepidagathis alopecuroidea</i> (Vahl) R.Br. ex Griseb.	C; S	T; V	AB
<i>Ruellia blechum</i> L.	S	V	AB
ALISMACEAE			
<i>Sagittaria guayanensis</i> Kunth	C; S	V	FF
<i>Sagittaria sprucei</i> Micheli	C; S	V	FF
AMARANTHACEAE			
<i>Alternanthera philoxeroides</i> (Mart.) Griseb.	C; S	T; V	EM
<i>Alternanthera tenella</i> Colla	C; S	T; V	AB
APOCYNACEAE			
<i>Plumeria</i> sp.	C	V	AB
ARACEAE			
<i>Xanthosoma</i> sp.	C; S	V	AB; EM
ARALIACEAE			
<i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam.	C; S	T; V	AB; EM
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L.f.	C	V	AB
ASTERACEAE			
<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	C; S	T; V	AB
<i>Elephantopus</i> sp.	C; S	T; V	AB
<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	C; S	T; V	AB
<i>Pseudelephantopus spicatus</i> (Juss. ex Aubl.) Rohr	C; S	T; V	AB
<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	C; S	T; V	AB; EM
<i>Strachium sparganophorum</i> (L.) Kuntze	C; S	T; V	EM
<i>Tilesia baccata</i> (L.) Pruski	C; S	T	AB; EM
BORAGINACEAE			
<i>Varronia multispicata</i> (Cham.) Borhidi	C; S	T; V	AB
CABOMBACEAE			
<i>Cabomba aquatica</i> Aubl.	C; S	V	SF
CLEOMACEAE			
<i>Tarenaya aculeata</i> (L.) Soares Neto & Roalson	C	T	AB
COMMELINACEAE			
<i>Commelina</i> sp.	C; S	T; V	AB; EM
CONVOLVULACEAE			
<i>Ipomea</i> sp.	C; S	T; V	AB
<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	C; S	T; V	AB
CUCURBITACEAE			
<i>Melothria pendula</i> L.	C; S	T; V	AB; EM
CYPERACEAE			
<i>Bulbostylis capillaris</i> (L.) C.B.Clarke	S	T; V	EM
<i>Bulbostylis junciformis</i> (Kunth) C.B.Clarke	C; S	T; V	EM
<i>Cyperus diffusus</i> Vahl	C; S	T; V	AB
<i>Cyperus haspan</i> L.	C; S	T; V	EM
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz.	C; S	V	AB
<i>Cyperus polystachyos</i> Rottb.	C; S	T; V	AB
<i>Cyperus sesquiflorus</i> (Torr.) Mattf. & Kük.	C; S	T; V	AB
<i>Cyperus surinamensis</i> Rottb.	S	V	AB
<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) Roem. & Schult.	C; S	T	AB
<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult.	C; S	V	EM
<i>Fimbristylis cymosa</i> R. Br.	C; S	T; V	AB
<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl	C; S	T; V	AB
<i>Fuirena umbellata</i> Rottb.	C; S	V	EM

<i>Rhynchospora globosa</i> (Kunth) Roem. & Schult.	C; S	V	AB
<i>Rhynchospora puber</i> (Vahl) Boeckeler	C; S	T; V	AB
ERIOCAULACEAE			
<i>Tonina fluviatilis</i> Aubl.	C; S	T; V	EM
EUPHORBIACEAE			
<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	C; S	T	AB
<i>Euphorbia thymifolia</i> L.	C; S	T	AB
FABACEAE			
<i>Aeschynomene americana</i> L.	C; S	T; V	AB
<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC.	C; S	T; V	AB; EM
<i>Desmodium triflorum</i> (L.) DC.	C; S	T; V	AB
<i>Mimosa pudica</i> L.	C; S	T; V	AB
<i>Vigna lasiocarpa</i> (Mart. Ex Benth) Verdc.	C; S	T; V	AB
LAMIACEAE			
<i>Hyptis atrorubens</i> Poit.	C; S	T; V	AB
LENTIBULARIACEAE			
<i>Utricularia gibba</i> L.	C; S	T; V	SL
LINDERNIACEAE			
<i>Lindernia crustacea</i> (L.) F.Muell.	C; S	V	AB
<i>Lindernia diffusa</i> (L.) Wettst.	S	T; V	AB
<i>Lindernia dubia</i> (L.) Pennell	C; S	T; V	AB
<i>Lindernia rotundifolia</i> (L.) Alston	C; S	T; V	EM
MELASTOMATACEAE			
<i>Melastomataceae</i> sp.	C; S	T; V	AB
NYMPHAEACEAE			
<i>Nymphaea</i> sp.	C	V	FF
OCHNACEAE			
<i>Sauvagesia erecta</i> L.	C; S	T; V	AB
ONAGRACEAE			
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) H.Hara	C	V	FL
<i>Ludwigia hyssopifolia</i> (G.Don) Exell	C; S	T; V	AB
<i>Ludwigia leptocarpa</i> (Nutt.) H.Hara	C; S	T; V	AB; EM
<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P.H.Raven	S	T; V	AB; EM
PASSIFLORACEAE			
<i>Passiflora foetida</i> L.	C; S	V	AB
PHYLLANTHACEAE			
<i>Phyllanthus</i> sp.	C; S	T; V	AB
PLANTAGINACEAE			
<i>Bacopa aubletiana</i> Scatigna	C; S	V	AB
POACEAE			
<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P. Beauv.	C; S	T; V	AB
<i>Paspalum boscianum</i> Flügge	C; S	T	AB
<i>Paspalum maritimum</i> Trin.	C; S	T; V	AB
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R.Br.	C; S	T; V	AB
<i>Steinchisma laxum</i> (Sw.) Zuloaga	C; S	T; V	AB
RUBIACEAE			
<i>Borreria ocymifolia</i> (Roem. & Schult.) Bacigalupo & E.L.Cabral	C; S	T; V	AB
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G.Mey.	C; S	T; V	AB
<i>Oldenlandia corymbosa</i> L.	C; S	T; V	AB; EM
<i>Sabicea aspera</i> Aubl.	C; S	T; V	AB
SOLANACEAE			
<i>Solanum stramoniiifolium</i> Jacq.	C; S	T; V	AB
TURNERACEAE			
<i>Piriqueta cistoides</i> (L.) Griseb	C; S	T; V	AB

VERBENACEAE

Stachytarpheta cayennensis (Rich.) Vahl

C; S T; V AB

VITACEAE

Cissus verticillata (L.) Nicolson & C.E.Jarvis

C; S T; V AB

XYRIDACEAE

Xyris jupicai Rich.

C T; V AB

Dentre as famílias registradas vale destacar a riqueza concentrada em Cyperaceae (15 spp.), Asteraceae (seis spp.), Fabaceae e Poaceae (cinco spp. cada), Onagraceae, Linderniaceae e Rubiaceae (quatro spp. cada), representando assim 46,91% da

flora de macrófitas aquáticas para a área. Quanto aos gêneros, os mais representativos foram *Cyperus* (cinco spp.), *Lindernia* e *Ludwigia* (quatro spp. cada) (Figura 3).

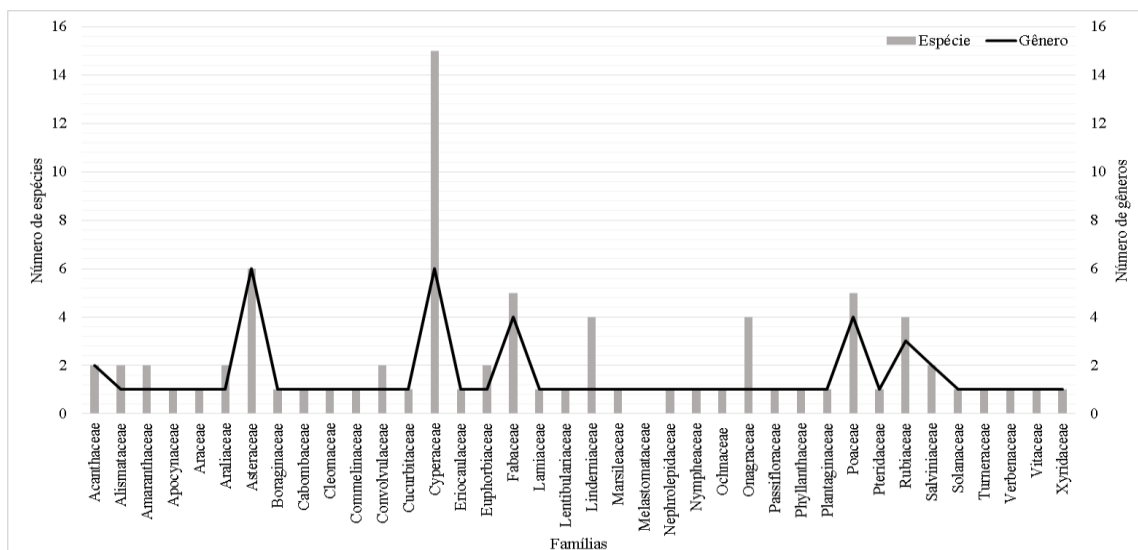


Figura 3. Número de espécies e gêneros de macrófitas aquáticas por família botânica da Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará.

De acordo com o índice de similaridade de Jaccard, foi possível observar que há uma similaridade de espécies de aproximadamente 38% em relação às espécies encontradas nos dois ambientes, tanque e viveiro (Figura 4). Por se tratar de um ambiente com níveis de antropização, a similaridade difere das encontradas em estudos realizados na Amazônia brasileira, como nos levantamentos de Coelho-Neto & Souza (2022), no

qual, registraram nos Lagos Amazônicos no Estado do Amazonas, 50% de similaridade entre as espécies registradas, assim como Pitelli et al. (2008) na cidade de Piraí, Estado do Rio de Janeiro no reservatório de Santana, no qual registraram 50% de similaridade. Estes dados contrastam devido às metodologias utilizadas por cada um desses estudos, além dos fatores ambientais que atuam nas espécies de macrófitas aquáticas.

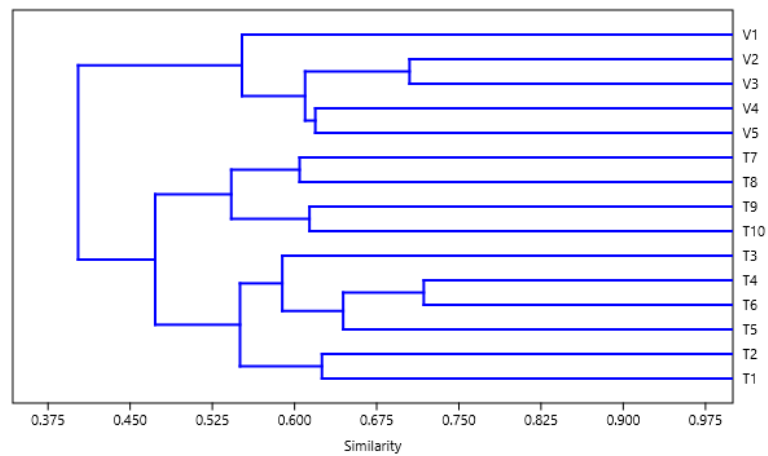


Figura 4. Similaridade florística (Índice de Jaccard) de macrófitas aquáticas da Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira, Belém, Pará. Legenda: Viveiro (V); Tanque (T).

Em relação aos ambientes, a análise NMDS, mostrou grande dissimilaridade em relação a composição das espécies (Figura 5), formando agrupamentos independentes entre as duas áreas amostradas ($stress=0,15$), evidenciados pelos coeficientes de similaridade, obtendo o $R=0,8109$ e o $p=0,0007$ (*One-way ANOSIM*; considerando $p=0,005$), indicando uma diferença estatisticamente significativa entre a composição das espécies entre tanque e viveiro. Este cenário

pode ser resultado das variáveis, que podem influenciar na composição de espécies nos tanques e viveiros. Pereira et al. (2021) verificaram, que a quantidade de habitats é negativamente relacionada com a riqueza total de espécies, e que o isolamento e a precipitação estão relacionados positivamente, implicando diretamente no biótipo das macrófitas, associando esses fatores principalmente as formas anfíbias e emergentes.

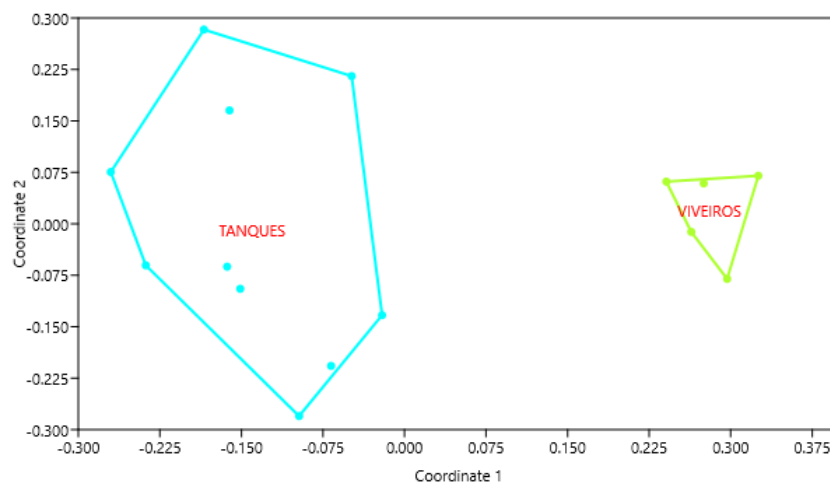


Figura 5. Análise NMDS da composição das espécies de macrófitas aquáticas nos tanques (azul) e viveiros (verde) da Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira da Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA.

Em relação às formas biológicas, as anfíbias foram representadas por 63%, anfíbias e emergentes 15%, emergentes 11%, flutuante fixa e livre 4%, e o biótipo submersa fixa, submersa livre emergente e flutuante foi registrado com apenas 1% das espécies, não sendo registrada forma de vida epífita (Figura 6). A distribuição das formas de vida entre os ambientes não foi diferente

significativamente. Souza et al. (2017) registraram 60 % anfíbias, 23% emergentes e 8% flutuantes fixas no rio Guaribas no Piauí, enquanto, Coelho-Neto & Souza (2022) registraram nos Lagos Amazônicos 64% das espécies como flutuante emersa, 22% como flutuante fixa, e 7% submersa livre e emergente cada.

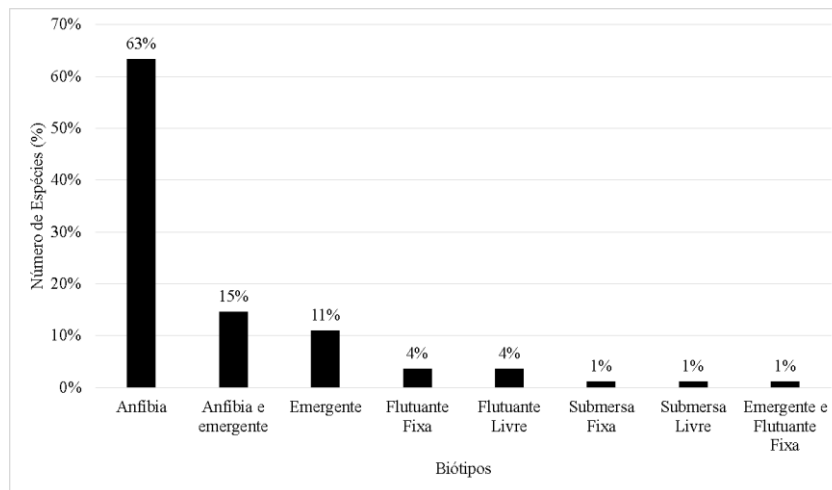


Figura 6. Porcentagem das formas biológicas de macrófitas registradas na Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará.

Fares et al., (2021) registraram no arco do desmatamento da floresta Amazônica, 50 espécies, 38 gêneros e 24 famílias, sendo em sua maioria classificadas como anfíbias e emergentes. Os biótipos anfíbia e emergente foram representativos no trabalho de Pinheiro e Jardim (2015), no qual obtiveram em seu levantamento de macrófitas aquáticas da Amazônia Ocidental em Roraima, famílias não tão representadas nos inventários, como Onagraceae, e as espécies apresentaram biótipo predominantemente anfíbio ou emergente, como adaptação ao baixo nível da lâmina d'água.

A grande concentração de espécies classificadas como anfíbias e emergentes era esperada, pois essas espécies demonstram fortes adaptações a alterações no nível da água, e nas condições físico-químicas dos corpos d'água, predominando principalmente nas regiões marginais, as formas submersas ocorrem somente onde há suficiência luminosa para a realização da fotossíntese (Pinheiro & Jardim, 2015; Fares et al. 2021). Além disso, algumas espécies apresentaram mais de um biótipo, no qual, demonstra sua plasticidade adaptativa e alto grau de resistência.

Espécies infestantes

Foram identificadas 22 espécies classificadas como infestantes (Lorenzi, 2008), em sua composição, as famílias Asteraceae, Fabaceae, Cyperaceae e Poaceae possuem maior representatividade nesta classificação, com cerca de 60% das espécies, sendo as mais representativas *Aeschynomene americana* L., *Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv., *Bulbostylis capillaris* (L.) C.B.Clarke, *Cyperus luzulae* (L.) Retz., *Desmodium adscendens* (Sw.) DC., *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. & Schult., *Fimbristylis*

dichotoma (L.) Vahl, *Fuirena umbelata* Rottb., *Mimosa pudica* L., *Paspalum maritimum* Trin., *Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski, *Sporobolus indicus* (L.) R.Br. e *Tilesia baccata* (L.) Pruski.

Essas espécies contribuem para modificações estruturais do ambiente, impactando diretamente na dinâmica dos corpos d'água, como o fluxo da água, a cobertura da lâmina d'água, bloqueando a passagem de luz solar ou infestando áreas destinadas ao cultivo. *Salvinia auriculata* apesar de ser considerada infestante, estabelece relações com algas perifíticas, crustáceos, insetos, e principalmente a ictiofauna., Viana et al. (2020) registraram que 45 espécies de peixes de pequeno porte do pantanal são associadas a bancos de macrófitas, como *Ludwigia sedioides* (Humb. & Bonpl.) H.Hara e *S. auriculata*. Porém, algumas espécies são utilizadas de forma ornamental, ou até mesmo para a fixação de taludes (*Sphagneticola trilobata*) (Lorenzi, 2008).

Devido a sua capacidade em sobreviver em solos pobres, pantanosos, ou ácidos e apresentarem reprodução vegetativa como principal forma de propagação, essas espécies se perpetuam e desenvolvem grandes comunidades, sejam nos tanques ou nos viveiros da piscicultura (Lorenzi, 2008). A grande representatividade dessas famílias infestantes se dá por conta de suas características adaptativas, morfológicas e reprodutivas, e algumas espécies anfíbias identificadas como infestantes, podem ser utilizadas para o monitoramento da eutrofização e grau de perturbação, do mesmo modo que podem tolerar o estresse hídrico e se adaptar às inundações e secas (Souza et al., 2017)

Riqueza de espécies de macrófitas aquáticas

A riqueza concentrada em Cyperaceae tem sido comumente registrada nos estudos de cunho florístico em ambientes aquáticos no Brasil (Moura-Júnior et al., 2015; Sabino et al., 2015; Rodrigues, Souza & Pompêo, 2017; Andrade et al., 2018; Silva & Fontes, 2018; Noletto et al., 2019). Na Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira, as espécies de Cyperaceae se concentraram principalmente nas regiões marginais dos tanques e viveiros, formando extensas assembleias.

A família Cyperaceae é a mais rica (15 spp.) e possui o gênero (*Cyperus*) mais rico dentre as espécies levantadas (Figura 7). É considerada a terceira maior família entre as monocotiledônias, tendo distribuição cosmopolita e concentrando-se principalmente nos trópicos e subtropicais, possuindo cerca de 5.695 espécies distribuídas em 98 gêneros (APG IV, 2016). O Brasil possui 30 gêneros e 647 espécies da família (Flora do Brasil 2020 em construção, 2023). Esta família caracteriza-se por habitar locais quentes, com alta incidência solar, solos úmidos e alagados, seus caracteres morfológicos favorecem sua alta distribuição e riqueza, como rizomas, estolões e tubérculos, que permitem a propagação vegetativa. Essas características conferem a família resistência, fazendo com que essa família seja resistente às variáveis antrópicas como corte, pisoteio, fogo, e ambientais como clima e nível da água, devido a essas características elas também podem atuar na estabilização dos sedimentos e dos taludes nos viveiros e resistir aos períodos de baixa pluviosidade (Goetghebeur, 1998; Souza et al., 2017).

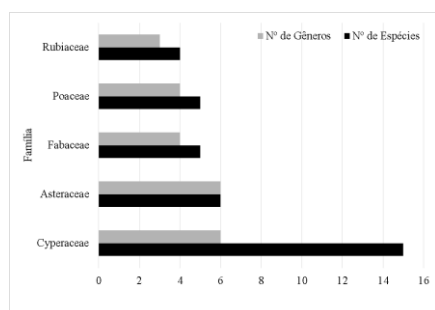


Figura 7. Famílias botânicas de macrófitas aquáticas mais representativas na Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira, Pará, Brasil.

Os estudos em Cyperaceae vêm avançando na Amazônia brasileira, tendo um foco também nas espécies que habitam áreas alagadas e encharcadas. Maciel-Silva et al. (2019) identificaram 26 espécies distribuídas em 13 gêneros de Cyperaceae

aquáticas e palustres na Floresta Nacional de Caxiuanã, estado do Pará, os dados foram coletados através de expedições de coleta e levantamento em herbários, concluindo que as espécies habitavam desde ambientes antropizados e até mesmo formando de ilhas de vegetação. Assim como os autores, os gêneros *Bulbostylis*, *Cyperus*, *Eleocharis*, *Rhynchospora* e *Fimbristylis* foram representativos no local de estudo deste levantamento, diferindo apenas pela presença do gênero *Fuirena*.

Asteraceae também obteve um número significativo de espécies, com seis espécies distribuídas em seis gêneros, e é normalmente registrada em ambientes aquáticos com baixa riqueza de espécies (Moura-Júnior et al., 2015; Fares et al., 2021), tal qual no presente estudo. A distribuição das espécies da família foi ampla, habitando tanques e viveiros de forma homogênea, principalmente nas margens, onde a topografia é mais elevada com menor umidade no substrato.

Embora grande parte das espécies de Asteraceae registradas sejam características de ambientes úmidos como *Eclipta prostrata* (L.) L., *Emilia sonchifolia* (L.) DC., *Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski e *Tilesia baccata* (L.) Pruski, algumas delas podem ocorrer em áreas de sub-bosque e campos de altitude como *Pseudelephantopus spicatus* (Juss. ex Aubl.) Rohr, portanto incrementando na diversidade e conhecimento da flora aquática local (Moura-Júnior et al., 2015; Flora do Brasil 2020 em construção, 2023)

As gramíneas foram as mais registradas, seja em tanques ou viveiros. Poaceae é a terceira família com mais espécies para a área de estudo, com cinco espécies em quatro gêneros. Dentre as espécies da família, Murphy et al. (2019) classificou 254 como macrófitas, atualmente o Brasil possui 1.479 espécies distribuídas em todos os biomas, e nos mais variados ambientes (Filgueiras et al., 2013). Em planícies de inundação, Poaceae se destaca como a família mais ocorrente. *Steinchisma laxum*, por exemplo, é uma espécie comum em áreas úmidas do Brasil, além disso, o padrão de distribuição das espécies dessa família, podem ser afetados por fatores antrópicos, sejam eles locais ou globais (Kawakita et al., 2018).

Ao comparar com o levantamento florístico feito por Ferreira et al. (2022) no Parque Estadual do Utinga Camillo Vianna nos diferentes tipos de formação vegetal, no qual registraram apenas nove espécies, oito gêneros e oito famílias

de espécies classificadas como macrófitas aquáticas, dentre as 38 famílias coletadas em campo no presente trabalho, 33 não são citadas anteriormente para o parque. As espécies encontradas no parque diferem em relação as espécies e famílias encontradas na estação de piscicultura, tendo apenas *Cabomba aquatica* Aubl. e *Justicia laevilinguis* (Nees) Lindau como espécies similares aos dois locais, isso se dá principalmente, por conta da variedade de ambientes aquáticos presentes no parque, como açudes, florestas inundadas e lagos, que fornecem maior quantidade de nutrientes. Isso possibilita que espécies de grande porte e dependem desses nutrientes sejam registradas, como *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott (Ferreira et al., 2022). Portanto, é notório que maiores esforços florísticos levam a um maior conhecimento da flora da cidade de Belém, e a compreensão das dinâmicas ambientais que influenciam no ciclo de vida das espécies de macrófitas.

A riqueza de espécies na estação de piscicultura é similar àquelas registradas em parques nacionais, corroborando a diversidade florística encontrada nesse estudo, no qual a estação de piscicultura, apesar de ser um ambiente parcialmente preservado, concentra uma grande riqueza de espécies. No Parque Nacional Serra de Itabaiana, em Sergipe, foram registradas 63 espécies e 29 famílias de macrófitas aquáticas, apresentando uma composição florística diversificada e com baixa similaridade florística quando comparada a outros locais (Almeida & Fabricante, 2021). Tal qual, o Parque Nacional do Viruá, em Roraima, que também apresentou alta riqueza de espécies, possuindo 207 espécies, 85 gêneros e 37 famílias, com registros de novas ocorrências para o estado, país e região (Costa et al. 2016).

Porém, quando comparados a outras áreas de proteção e conservação este estudo apresentou maior riqueza de espécies. Fatores presentes na estação de piscicultura podem afetar a diversidade de espécies como a abertura do dossel. Nesta perspectiva Bando et al. (2015) constatou que a abertura do dossel é positivamente relacionada a riqueza de espécies e que a profundidade atua na

zonação de espécies. Rozenete et al. (2021) no Parque Municipal Iguazu, no estado do Paraná, catalogou apenas 33 espécies distribuídas em 24 gêneros e 15 famílias, sendo a riqueza de espécies concentrada em Araceae, Cyperaceae, Poaceae e Pontederiaceae, no local do estudo também foi identificado diferenças florísticas entre as composições de espécies nos locais de amostragem. Tal fato se deu por conta da dominância de espécies que se utilizam das altas taxas de nutrientes provenientes do esgoto (Rozenete et al. 2021).

Na Amazônia, estudos corroboram a grande riqueza de espécies registrada para a Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira, como os levantamentos realizados por Moura-Júnior et al. (2015), no qual, registraram 539 espécies de macrófitas aquáticas para a região norte sendo 48 delas endêmicas do Brasil, a alta riqueza de espécies encontrada na região deve-se a fatores bioclimáticos também relacionados a baixa latitude, e a grande quantidade de habitats lânticos.

Riqueza em relação ao ambiente

Em relação ao ambiente de coleta, as famílias Alismataceae, Apocynaceae, Asteraceae, Cabombaceae, Euphorbiaceae, Linderniaceae, Nephrolepidaceae, Nymphaeaceae, Onagraceae, Passifloraceae, Plantaginaceae e Poaceae possuíam apenas uma espécie exclusiva em cada ambiente, enquanto a família Cyperaceae possuía mais do que uma única espécie exclusiva para cada ambiente de coleta.

As espécies que ocorreram apenas nos viveiros foram: *Bacopa aubletiana* Scatigna, *Cabomba aquatica* Aubl., *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn., *Cyperus luzulae* (L.) Retz., *Cyperus surinamensis* Rottb., *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. & Schult., *Hydrocotyle ranunculoides* L.f., *Lindernia crustacea* (L.) F.Muell., *Ludwigia helminthorrhiza* (Mart.) H.Hara, *Nephrolepis brownii* (Desv.) Hovenkamp & Miyam., *Nymphaea* sp., *Passiflora foetida* L., *Plumeria* sp., *Ruellia blechum* L., *Sagittaria guayanensis* Kunth, *Sagittaria sprucei* Micheli e *Xanthosoma* sp. (Figura 8.I).

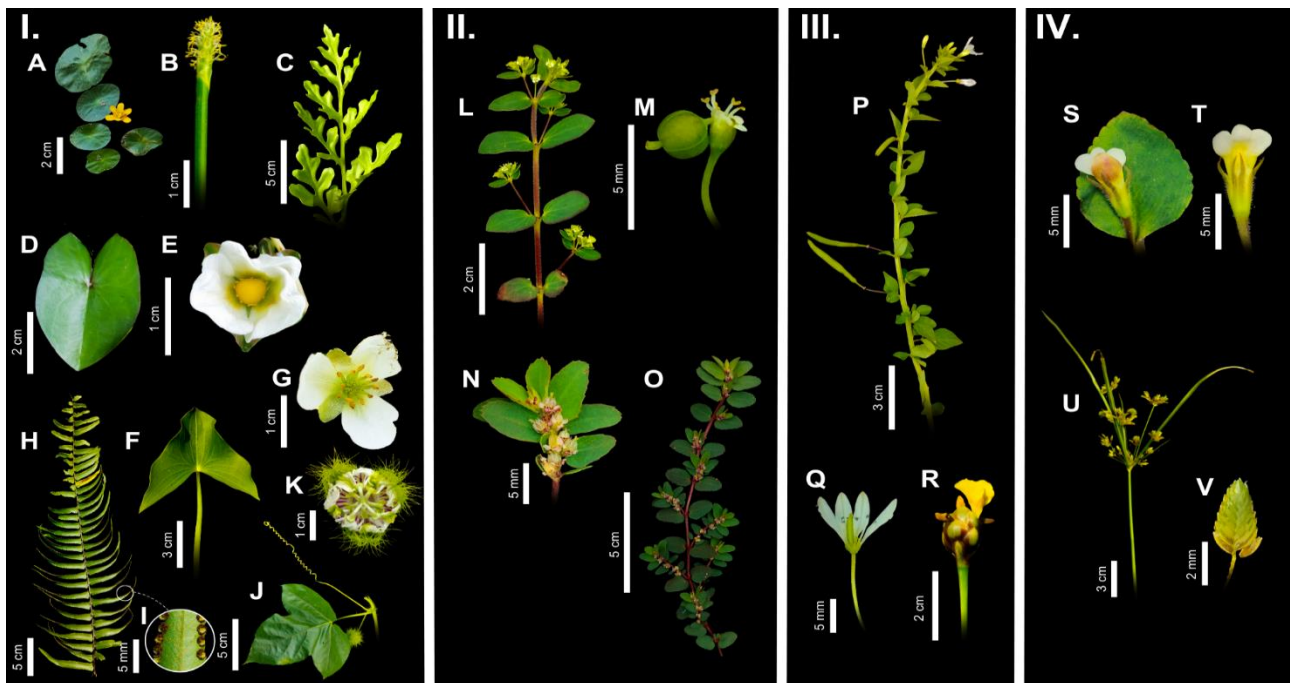


Figura 8. Espécies de macrófitas aquáticas representativas registradas por período ou ambiente na Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira, Pará. I. Viveiros. *Cabomba aquatica* Aubl.; A. Flor e Folhas; *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roem. & Schult. B. Inflorescência; *Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn; C. Hábito; *Sagittaria guayanensis* Kunth; D. Folha; E. Flor; *Sagittaria sprucei* Micheli; F. Folha; G. Flor; *Nephrolepis brownii* (Desv.) Hovenkamp & Miyam.; H. Hábito; I. Soros; *Passiflora foetida* L.; J. Folha; K. Flor; II. Tanques. *Euphorbia hyssopifolia* L.; L. Hábito; M. Flor e fruto; *E. thymifolia*; N. Flores e frutos; O. Hábito; III. Chuva. *Tarenaya aculeata* (L.) Soares Neto & Roalson; P. Hábito; Q. Flor; *Xyris jupicai* Rich.; R. Espigueta com flor única; IV. Seca. *Lindernia diffusa* (L.) Wettst.; S. Hábito; T. Flor; *Cyperus surinamensis* Rottb.; U. Inflorescência; V. Espigueta;

Espécies identificadas exclusivamente nos viveiros possuem características que podem afetar na dinâmica do ambiente no qual estão inseridas, como *E. interstincta*, que reduz as taxas de oxigênio em corpos hídricos em até 70% (Queiroz et al., 2020). *C. surinamensis* que consegue remover nitrato, amônio, fosfato e fósforo em até aproximadamente 79% (Ferreira et al., 2023). *N. brownii* que pode se tornar uma erva daninha perturbadora por conta de sua alta adaptabilidade e curto período reprodutivo (Afifah et al., 2023). *L. helminthorrhiza* que é capaz de remover mercúrio dos copos d'água (Gomez et al., 2023).

Certas espécies de macrófitas registradas nos viveiros possuem também potencial biotecnológico e farmacêutico, como *P. foetida* no tratamento de inflamações na pele (Chiavaroli et al., 2020). *L. crustacea* que possui atividade anti-helmíntica (Ghori et al., 2020). *C. thalictroides* que pode ser utilizada como alimento e planta ornamental, além do extrato de suas folhas pode ser utilizado para estancar sangramentos, e a pasta produzida a partir das folhas pode tratar infecções na pele (Behera et al., 2022).

Os viveiros de piscicultura eram maiores em relação aos tanques. Eles, detinham maior área de substrato, não acumulavam água nas regiões marginais superiores, e possuíam nível de água constante. Tais fatores podem influenciar até mesmo nos biótipos das macrófitas registradas nesse local, como flutuantes fixas e flutuantes livres (Pinheiro & Jardim, 2015).

Nos tanques, as espécies restritas a este ambiente foram: *Eleocharis geniculata* (L.) Roem. & Schult., *Euphorbia hyssopifolia* L., *E. thymifolia* L., *Paspalum boscianum* Flüggé, *Tarenaya aculeata* (L.) Soares Neto & Roalson e *Tilesia baccata* (L.) Pruski. (Figura 8.II).

Espécies encontradas nos viveiros podem ser utilizadas como indicadoras. *E. geniculata* possui tolerância a níveis elevados de arsênio e é capaz de metabolizar arseniato em arsenito, e pode ser utilizada para o fitomonitoramento de locais contaminados com o metal, tanto no seu habitat natural como controlado (Menezes et al., 2020).

Os tanques de revestimento de concreto apresentaram características que podem influenciar nas espécies de macrófitas, como o acúmulo de

água ao redor dos tanques no período de chuvas, a rápida rotatividade e manutenção da água devido ao menor quantitativo necessário. O período de seca, devido à incidência solar, os tanques foram diretamente impactados pela temperatura, em média 30°C na cidade de Belém (INMET, 2023), o que pode influenciar na distribuição das espécies, e até mesmo na sua morfologia (Li et al. 2016).

Riqueza em relação ao período

Os índices pluviométricos da cidade de Belém-PA, no período de janeiro a setembro de 2023, evidenciaram dois períodos climáticos distintos, como proposto nas análises prévias, um chuvoso e outro seco. No período chuvoso, compreendido pelos meses de janeiro e setembro de 2023, foi registrado em média 450,6 mm de

acordo com os índices pluviométricos, e o outro, seco, de julho e setembro com índice pluviométrico indicando em média 70,7 mm (INMET, 2023).

A análise NMDS das espécies ocorrentes nos dois períodos indicou similaridade alta, de aproximadamente 87% ($stress=0,2086$), obtendo o $R=0,1558$ e o $p=0,0174$ (*One-way ANOSIM*; considerando $p=0,005$), demonstrando que apesar das diferenças, a dissimilaridade é alta. Poucas espécies foram restritas a um único período, as espécies afetadas pela baixa pluviosidade são principalmente as do biótipo flutuante fixa (*Nymphaea* sp.), sendo a composição das espécies emergentes e anfíbias homogênea nos períodos, devido a sua reprodução, dispersão e adaptação (Figura 9).

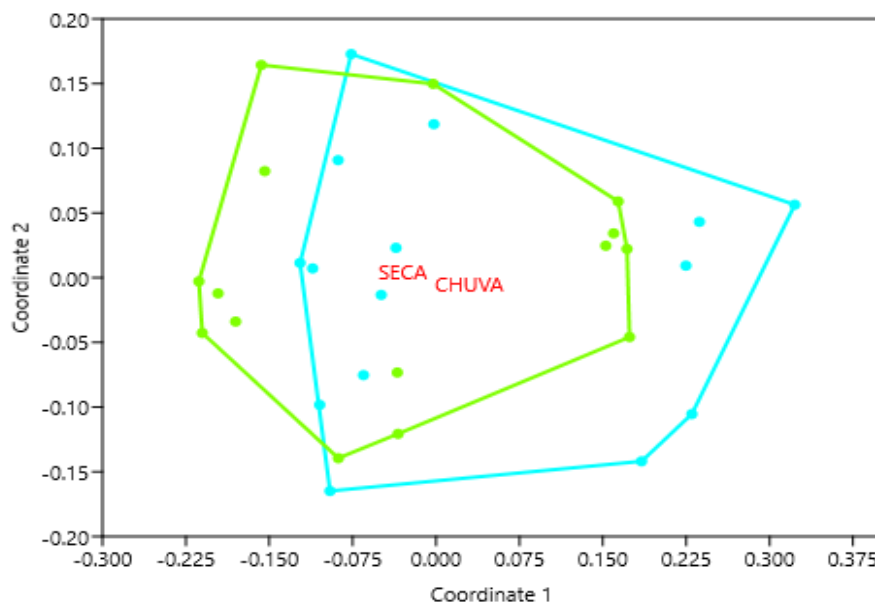


Figura 9. Análise NMDS da composição das espécies de macrófitas aquáticas nos períodos de chuva (azul) e seca (verde) da Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira da Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA.

Os índices pluviométricos não afetaram de forma significativa a composição de espécies nos períodos amostrais levantados, pois apesar do coeficiente angular indicar uma correlação positiva, ela é fraca. A análise de correlação, demonstrou que 38,86% da variabilidade das espécies é explicada pelo índice pluviométrico, podendo outros fatores terem papéis significativos na distribuição das espécies, como fatores limnológicos, antrópicos ou geográficos.

As espécies registradas apenas no período de chuvas (janeiro e março) foram, *Hydrocotyle ranunculoides* L.f., *Ludwigia helminthorrhiza*

(Mart.) H.Hara, *Nymphaea* sp., *Plumeria* sp., *Tarenaya aculeata* (L.) Soares Neto & Roalson, *Xyris jupicai* Rich. (Figura 8.III).

A família Nymphaeaceae, apresentou apenas uma espécie, exclusiva dos viveiros e registrada apenas no período chuvoso. As espécies de Nymphaeaceae apresentam biótipo de flutuantes fixas, e geralmente este grupo vive em regiões protegidas contra o vento devido às tensões mecânicas que podem ocorrer na lâmina d'água (Matos et al., 2020). O baixo registro em Nymphaeaceae é corroborado pelos estudos de Arouche et al. (2021). Cabe destacar que a

distribuição das espécies do gênero *Nymphaea* é influenciada por fatores climáticos, como temperatura e precipitação, e outras variáveis ambientais, incluindo a profundidade da água, pH da água e dos sedimentos e a incidência de luz, tais fatores desempenham papel significativo na determinação do habitat adequado para essas plantas aquáticas (Nzei et al., 2021)

No período de seca, as espécies exclusivas deste período foram, *Bulbostylis capillaris* (L.) C.B.Clarke, *Cyperus surinamensis* Rottb., *Lindernia diffusa* (L.) Wettst., *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) P.H.Raven e *Ruellia blechum* L. (Figura 8.IV).

Espécies registradas apenas no período de seca apresentam adaptações fenotípicas para resistir ao estresse hídrico, como na família Cyperaceae, no qual, possui diversas estratégias adotadas para enfrentar condições de seca, como a formação de aerênquimas e o acúmulo de malondialdeído e prolina, atuando na osmorregulação e na integridade da membrana celular (Iqbal et al., 2020). Apesar disso, o

crescimento e a produtividade frente ao estresse hídrico são reduzidos, mas as espécies são capazes de manter o desempenho fotossintético controlando a propagação vegetativa e a área foliar (Harenčár et al., 2022).

De maneira geral, os períodos de seca os períodos de seca têm impactos significativos nas espécies de macrófitas, limitando recursos da biota dos corpos d'água, e até mesmo, acarretando a mudança na composição de comunidades de organismos associados (Murphy et al., 2019). Para sobreviver a esses períodos, algumas espécies reduzem o tamanho de suas folhas, aumentam a espessura da cutícula para reduzir a evapotranspiração, reduzindo a perda de água e mantendo as taxas de crescimento estáveis (Riis et al., 2017).

Para além da morfologia adaptativa (observações de campo), espécies de macrófitas apresentaram variações fenotípicas na coloração como *Azolla filiculoides* Lam. (Figura 10A.B) e *Cabomba aquatica* Aubl. (Figura 10C.D)

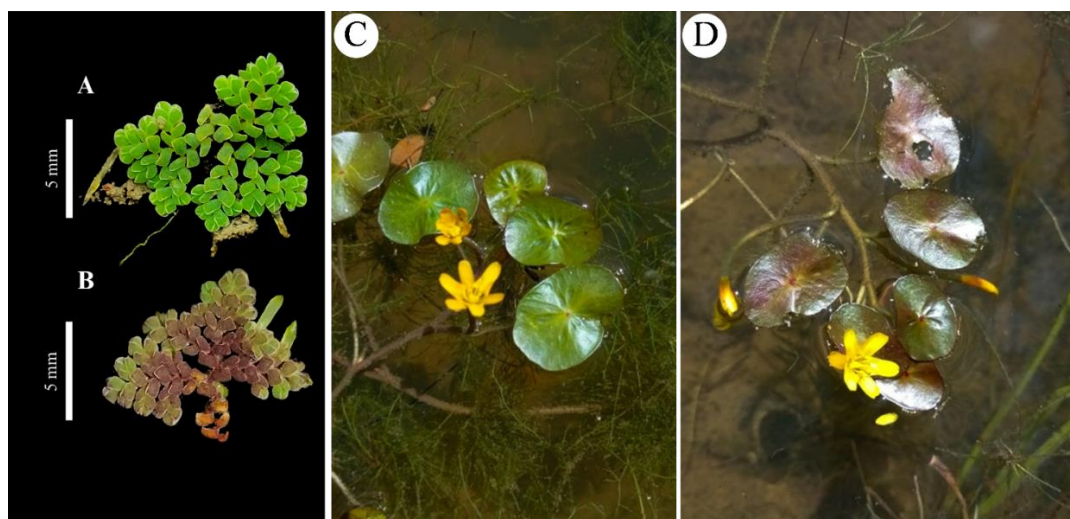


Figura 10. Espécies de macrófitas aquáticas que apresentaram variação na coloração. *Azolla filiculoides* Lam.; A. Coloração verde; B. Coloração avermelhada; *Cabomba aquatica* Aubl.; C. Folhas verdes; D. Folhas Avermelhadas.

Tran et al. (2020) elucidaram como *A. filiculoides* e *A. pinnata* respondem bioquimicamente ao estresse ambiental e nutricional no período de verão, e verificaram que essas condições desencadeiam na maior produção de fenóis, como, antocianinas, flavonoides e taninos condensados, dando a intensa coloração vermelha das folhas; porém, fatores como o aumento na concentração de carboidratos e redução na concentração de lipídios e proteínas, também têm ligação com a mudança na coloração, o que

implica diretamente na sua composição nutricional. *A. filiculoides* foi registrada em tanques e viveiros, apresentando coloração avermelhada principalmente nos tanques, pois estavam mais expostas às condições ambientais, como a radiação solar. Nos viveiros, devido a uma relativa cobertura vegetal, os indivíduos apresentavam a coloração verde.

Azolla filiculoides pode ser utilizada como biofertilizante, como suplemento na alimentação animal, além de atuar na fitorremediação de

ambientes por conta do microbioma de bactérias que auxilia na fixação de nitrogênio e na concentração de metais pesados, como chumbo, cádmio, cromo, níquel e chumbo (Pereira et al., 2015; Roy et al., 2016; Banach et al., 2020).

Espécies do gênero *Cabomba* apresentam mudança na coloração devido à presença de carbono orgânico dissolvido, que impacta na coloração da água, fazendo com que haja maior absorção da radiação solar e bloqueio na passagem de luz (Bickel & Eldershow, 2012). Na área da piscicultura os indivíduos de *C. aquatica* se concentram principalmente nos viveiros, no qual foi registrado um pH 8,4 no período de chuva e 5,03 no período de seca, e as taxas de oxigênio dissolvido foram em média 3,25 mg/L para os dois períodos. Esse gênero típico de ambientes lênticos, que é uma característica das unidades amostrais desta pesquisa, possui valor ornamental no mercado aquarístico (Correia & Bove, 2017), sendo uma das plantas mais comercializadas na aquariofilia nacional.

Este estudo trouxe contribuições para a flora atual do Estado do Pará, com o registro de *H. ranunculoides*, pertencente à família Araliaceae. No Brasil essa família é representada por 107 espécies e 12 gêneros aceitos, o gênero *Hydrocotyle*, possui 21 táxons, sendo dez endêmicos para o Brasil, na região norte a espécie possui registro apenas para o Estado do Amazonas e do Acre (Flora do Brasil 2020 em construção, 2023). *Hydrocotyle ranunculoides* é caracterizada por apresentar flores diminutas branco-esverdeadas, é classificada como erva daninha por conta de sua alta taxa de crescimento, propagação vegetativa, plasticidade de desenvolvimento,

resistência à época do inverno e de chuvas, além de, apresentar alta resistência à herbívoros, formar densas populações, cobrindo a lâmina d'água (Newman e Dawson, 1999; Flora do Brasil 2020 em construção, 2023). Além dessas características, a espécie possui capacidade de remover metais pesados dos ambientes, e pode ser utilizada como biofiltro para a descontaminação de corpos d'água, principalmente os que apresentam altas quantidades de cromo (Demarco et al., 2023).

A zonation em espécies de macrófitas aquáticas é recorrente, observando-se um padrão populacional que se concentra nas margens, no qual, apresenta maior diversidade, isso se dá por conta do pulso de inundação que favorece diferentes ambientes (Pinheiro & Jardim, 2015). Além disso, outros fatores devem ser levados em consideração, como a competição, herbívoros, parasitismo e as adaptações morfofisiológicas (Gomes & Aoki, 2015)

A análise de Componentes Principais mostrou que os eixos I e II explicaram 69% da variabilidade dos resultados (PC1:39,378%; PC2: 30,33%) (Figura 11). A análise indicou que os fatores limnológicos variam de acordo com o período do ano, podendo afetar a comunidade de macrófitas aquáticas que os compõem. A temperatura e o oxigênio dissolvido não alteraram de forma significativa os ambientes, principalmente os viveiros. Apesar disso, alguns tanques (T7 e T5) registraram, em ambos os períodos, altos níveis de oxigênio dissolvido. A temperatura (T5 e T4) foi em média 39,05 °C. Observa-se a influência principalmente do pH e da condutividade elétrica na distribuição dos tanques e viveiros de piscicultura.

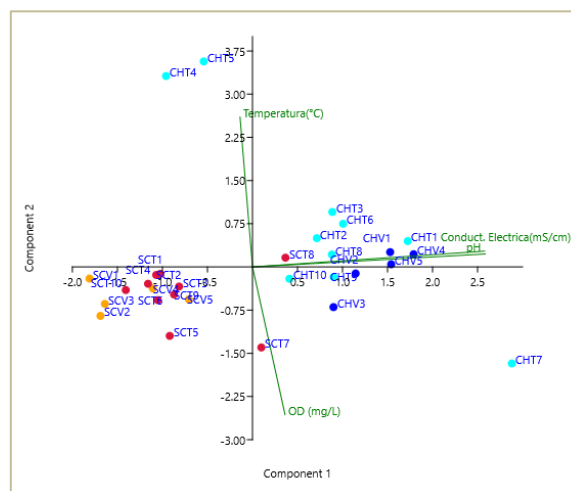


Figura 11. Análise de componentes principais dos tanques (T) e viveiros (V) nos períodos de chuva (CH) e seca (SC); Alaranjado: Viveiro no período de seca; Vermelho: Tanque no período de seca; Azul marinho: Viveiro no período de chuvas; Azul celeste: Tanque no período de chuvas.

Os níveis de oxigênio dissolvido podem afetar a composição de macrófitas aquáticas, assim como ser afetado por elas. Macrófitas aquáticas submersas são capazes de aumentar os níveis de oxigênio dissolvido na água, o que acarreta na regulação na emissão de óxido nitroso, principalmente em corpos d'água rasos (Ni et al., 2022).

No período de chuvas, o pH foi em média 7,68, ao passo que no período de seca foi em média 5,53. O pH exerce influência significativa na distribuição de macrófitas aquáticas, evidenciando uma relação entre os níveis de pH e a riqueza das macrófitas, assim como a estrutura da comunidade. Locais com pH mais baixo demonstraram menor riqueza de macrófitas e configurações comunitárias distintas em comparação com aquelas de pH mais elevado (Rameshkumar et al., 2019).

A condutividade elétrica e a temperatura têm efeitos significativos nas macrófitas aquáticas, afetando a biomassa, a formação de brotos, a reprodução, a concentração de carbono, nitrogênio e fósforo para compensar o estresse causado pelas mudanças de temperatura (Li et al., 2016). A fenologia de espécies de macrófitas é influenciada pela temperatura, sendo classificadas em espécies de verão e inverno, esses períodos recentemente têm sido alterados por conta das mudanças climáticas, facilitando a proliferação microbiana e por conseguinte a anoxia (Bornette & Puijalon, 2011).

Conclusões

O levantamento de macrófitas aquáticas realizado na estação de piscicultura Carlos Estevão de Oliveira da Embrapa Amazônia Oriental identificou 82 espécies, 58 gêneros e 38 famílias, com destaque para a família Cyperaceae.

Em sua maioria as espécies apresentaram biótipo anfíbia ou emergente, representando a adaptabilidade às variáveis ambientais ou limnológicas, além disso, uma variedade de espécies é classificada como infestante e impacta diretamente na dinâmica da piscicultura, porém, podem ser utilizadas na alimentação animal, biomonitoramento, fitorremediação, compostagem ou para a utilização em produtos biotecnológicos.

Foi registrada uma nova ocorrência com *H. ranunculoides* para o Estado do Pará, demonstrando que esforços florísticos e taxonômicos são de suma importância para o conhecimento da flora aquática amazônica.

A composição das espécies diferiu entre tanques e viveiros, revelando que a estrutura e condições do ambiente impactam diretamente na comunidade de macrófitas, assim como seus biótipos. Em relação aos períodos, não houve diferenças significativas entre as estações de chuva e seca, porém se observou principalmente a dominância de espécies anfíbias e emergentes, e adaptações morfológicas para resistir ao estresse hídrico, ao passo que espécies flutuantes fixas foram mais representativas no período de chuvas.

Os tanques e viveiros apresentaram diferenças significativas em relação às variáveis limnológicas, principalmente condutividade elétrica e pH. Tais fatores implicam na riqueza e morfologia das espécies de macrófitas aquáticas, a temperatura e o oxigênio dissolvido também afetam de forma significativa a forma de vida das espécies.

Este levantamento florístico foi de suma importância para o conhecimento da flora aquática do local estudado, podendo ser utilizado para a manutenção e controle das espécies nos tanques e viveiros de cultivo, visto que através das observações realizadas é possível verificar o período com maior número de espécies, e qual metodologia se utilizar para obter o controle de acordo com o biótipo da espécie.

Agradecimentos

As coordenações dos cursos de Aquicultura, Pesca e Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – Campus Belém pelo apoio técnico e logístico. A curadora do Herbário do Instituto Agrônomo do Norte pelas identificações e deposição do material testemunho. Aos colaboradores do Laboratório de **Ecologia** de Produtores Primário (ECOPRO) da Universidade Federal do Pará e o Laboratório de Taxonomia Vegetal na Amazônia (LABTAX) do Museu Paraense Emílio Goeldi pelas contribuições e auxílio nas identificações. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Amazônia Oriental pela licença para realização da pesquisa na estação e apoio técnico. A equipe técnica da Estação de Piscicultura Carlos Estevão de Oliveira pelo apoio logístico nas expedições de coleta.

Referências

- Afifah, F. N., Putri, N. R. A., Hartanti, A. N., Pramudita, D. A., Armando, M. F., Rahmayani, D., Indrawan, M., Safira, R.N., Jr, I.E.B., & Setyawan, A.D. (2023). Fern diversity and conservation status in the South Gombong karst forest, Kebumen District, Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 9(1), 186–195.
- Almeida, T. S., & Fabricante, J. R. (2021). Macrófitas Aquáticas do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. *Revista de Ciências Ambientais*, 15(1), 01–12. <https://doi.org/10.18316/rca.v15i1.7538>.
- Andrade, L. A., Silva, M. F. S. D., Tabosa, M.J.P., Silva, R.S., & Nascimento, P.R.F. (2018). Composição florística, ecologia e formas biológicas de macrófitas aquáticas registradas em ecossistemas aquáticos dulcícolas de Pernambuco. *Revista Lumen*, 27(2), 101–116. <https://dx.doi.org/10.24024/2357-9897v27n2a2018p1010116>
- APG IV. (2016). An Update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the Orders and Families of Flowering Plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.
- Arouche, M. M. B., Costa, L. B. S., Rabelo, T. O., Hora, R. C., Pott, A., Pott, V. J., & Almeida Junior, E.B. (2021). Macrófitas aquáticas da coleção do herbário do Maranhão (MAR). *Boletim Do Laboratório De Hidrobiologia*, 31(1). <https://doi.org/10.18764/1981-6421e2021.4>.
- Banach, A., Kuźniar A., Grządziel, J. J., & Wolińska, A. (2020). *Azolla filiculoides* L. as a source of metal-tolerant microorganisms. *PLoS ONE*, 15(5), e0232699–e0232699. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232699>.
- Bando, F. M., Michelan, T. S., Cunha, E. R., Figueiredo, B. R. S., & Thomaz, S. M. (2015). Macrophyte species richness and composition are correlated with canopy openness and water depth in tropical floodplain lakes. *Brazilian Journal of Botany*, 38(2), 289–294. <https://doi.org/10.1007/s40415-015-0137-y>
- Behera, T., Kaur, A., Kumar, A., Maggirwar, R., & Kumar, S. (2022). Antibacterial Activity of *Ceratopteris thalictroides*: An Unexplored Wild Food. *Asian Pacific Journal of Health Sciences*, 9(3), 235–241. <https://doi.org/10.21276/apjhs.2022.9.3.48>.
- Bickel, T. O., & Eldershow, V. (2012). Ecology of the submersed aquatic weed *Cabomba caroliniana* in Australia. In: Eldershaw, V. (ed.), Eighteenth Australasian Weeds Conference, Melbourne, 8–11 October 2012. Weed Society of Victoria: 21–24.
- Bomfim, F. F., Luísa, A., Melo, L., Vieira, E., & Michelan, T. S. (2023). Land use increases macrophytes beta diversity in Amazon streams by favoring amphibious life forms species. *Community Ecology*, 24(2), 159–170. <https://doi.org/10.1007/s42974-023-00139-5>
- Bornette, G., & Puijalon, S. (2010). Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquatic Sciences*, 73(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s00027-010-0162-7>
- Catian, G., Scremin-Dias, E., & Pott, A. (2019). Reproductive phenology of macrophyte community in response to wetland flooding cycle. *Oecologia Australis*, 23(04), 856–873. <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2304.11>.
- Chiavaroli, A., Di Simone, S. C., Sinan, K. I., Ciferri, M. C., Angeles Flores, G., Zengin, G., Etienne, O. K., Ak, G., Mahomoodally, M. F., Jugreet, S., Cziáky, Z., Jekő, J., Recinella, L., Brunetti, L., Leone, S., Angelini, P., Venanzoni, R., Menghini, L., Ferrante, C., & Orlando, G. (2020). Pharmacological Properties and Chemical Profiles of *Passiflora foetida* L. Extracts: Novel Insights for Pharmaceuticals and Nutraceuticals. *Processes*, 8(9), 1034. <https://doi.org/10.3390/pr8091034>.
- Coelho Neto, M. G., & Souza, L. L. (2022). Estudo preliminar da composição, riqueza e similaridade de comunidades de macrófitas aquáticas (Tonantins, Amazonas). *Holos Environment*, 22(1), 65–77. <https://doi.org/10.14295/holos.v22i1.12469>.
- Correia, A. J.; & Bove, C. P. 2017. Flora do Rio de Janeiro: Cabombaceae. *Rodriguésia*, 68(1), 033-035. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201768105>.
- Costa, S. M., Barbosa, T. D. M., Bittrich, V., & Amaral, M.C.E. (2016). Floristic survey of herbaceous and subshrubby aquatic and palustrine angiosperms of Viruá National Park, Roraima, Brazil. *PhytoKeys*, 58, 21–48. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.58.5178>.
- Demarchi, L. O., Lopes, A., Ferreira, A. B., & Piedade, M. T. F. (2018). Ecologia e guia de identificação: macrófitas aquáticas do Lago Amazônico. Manaus: Editora INPA.
- Demarco, A. F., Bonemann D. H., Ribeiro, A. S., Sant'Anna, R., Gelesky, M. A., Godinho, M., Quadros, M. S., Pieniz, S., & Andreazza, R. (2023). Resistance mechanisms of *Hydrocotyle ranunculoides* to Cr(VI): A biofilter plant.

- Journal of Cleaner Production*, 405, 136721–136721.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136721>.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA Amazônia Oriental. Belém, PA, (2023). Disponível em: <https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/estacao-de-piscicultura>. Acesso: em: 15 jan. 2023.
- Esteves, F. A. (2011). Fundamentos de Limnologia. 3rd Ed.: Interciência, Rio de Janeiro. 826p.
- Fares, A. L. B., Sousa, R. L. M., Gurgel, E. S. C., Gil, A. S. B., Silva, C. A. S., & Michelan, T. S. (2021). Diversity of macrophytes in the Amazon deforestation arc: information on their distribution, life-forms and habits. *Rodriguésia*, 72. <https://doi.org/10.1590/2175-7860202172117>.
- Ferreira, L. V., Miranda, A. M. S., Gurgel, E. S. C., Santos, J. U., Brito, E. G., & Maia, A. P. M. (2022). A importância do Parque Estadual do Utinga Camilo Viana para a conservação das espécies de plantas e fungos da região metropolitana de Belém, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 17(1), 165-205. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v17i1.779>.
- Ferreira, P. R. G., Santana, G. P., Rocha, S. D., Araújo, R. O. de, Silva, W. de O., Ferreira, S. J. F., Pio, M. C. S., & Mota, F. A. C. (2023). Sistema de tratamento de águas contaminadas por esgotos domésticos utilizando *Cyperus surinamensis* (C. *surinamensis*, Cyperaceae). *Revista Contemporânea*, 3(6), 5577–5599. <https://doi.org/10.56083/RCV3N6-047>.
- Fidalgo, O., & Bononi, V. L. R. (1984). Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico. São Paulo: Instituto de Botânica.
- Filgueiras T. S., Oliveira R. P., Sfair J.C., Monteiro N. P., & Borges R. A. X. (2013). Poaceae. In: Martinelli G., Moraes M. A. (orgs.) Livro Vermelho da Flora do Brasil. Andrea Jakobsson Estúdio: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. p. 858-881.
- Flora do Brasil 2020 em construção. (2023). Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Recuperado de <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>.
- Ghori, S. S., Tehseen, F., Sultana, S. S., Fatima, N., & Ahmed, M. M. (2021). Phytochemical Investigation, liquid chromatography-mass spectrometry analysis, antibacterial and anthelmintic activity of *Lindernia crustacea* (L.) F. Muell. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 83(6), 1314–1319. <https://doi.org/10.36468/pharmaceutical-sciences.888>.
- Goetghebeur, P., (1998). Cyperaceae. In: K. KUBITZKI (Ed.): The families and genera of vascular plants. Monocotyledons: 4: 141-190. Springer, Hamburg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-03531-3_15.
- Gomes, A. C., & Aoki, C. (2015). Efeito da sazonalidade hídrica sobre a fitossociologia de macrófitas aquáticas em uma lagoa no Pantanal, Brasil. *Journal of Neotropical Biology*, 12(1), 1–7. <https://doi.org/10.5216/rbn.v1i1.33966>.
- Gomez, F. H., Collivignarelli, M. C., Masoud, A. M. N., Carnevale Miino, M., Torres, K. C., Quintero, J. A., Sorlini, S., & Vaccari, M. (2023). Mercury Removal from Mining Wastewater by Phytoaccumulation in Autochthonous Aquatic Plant Species. *Clean Technologies*, 5(3), 839–851. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol5030041>.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T.; & Ryan, P. D. (2006). PAST–Palaeontological statistics, ver. 1.34. Universidad de Oslo (<http://folk.uio.no/ohammer/past/>).
- Harenčár, J. G., Ávila-Lovera E., Goldsmith, G. R., Chen, G. Y., & Kay, K. M. (2022). Flexible drought deciduousness in a neotropical understory herb. *American Journal of Botany*, 109(8), 1262–1272. <https://doi.org/10.1002/ajb2.16037>.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. (2023). Dados Climatológicos da cidade de Belém. Belém. Disponível em: Disponível: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso: em: 13 out. 2023.
- Iqbal, A. Fahad, S., Iqbal, M. Alamzeb, M., Ahmad, A., Anwar, S., & Khan, A. K. (2020). Special Adaptive Features of Plant Species in Response to Drought. In: Hasanuzzaman, M., Tanveer, M. (eds) Salt and Drought Stress Tolerance in Plants. *Signaling and Communication in Plants*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-40277-8_4.
- Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Lourival, R., Wittmann, F., Kandus, P., Lacerda, L. D., Bozelli, R. L., Esteves, F.A., Nunes da Cunha, C., Maltchik, L., Schöngart, J., Schaeffer-Novelli, Y., & Agostinho, A. A. (2013). Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic*

- Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(1), 5–22. <https://doi.org/10.1002/aqc.2386>.
- Kawakita, K., Fontana, A. C., Garcia, J. M., Rodrigues, R. S., & Filgueiras, T. S. (2018). Poaceae em uma planície de inundação no Brasil: distribuição espacial e conservação. *Rodriguésia*, 69(2), 577–594. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869223>.
- Li, Z., He, L., Zhang, H., Urrutia-Cordero, P., Ekvall, M. K., Hollander, J., & Hansson, L. (2016). Climate warming and heat waves affect reproductive strategies and interactions between submerged macrophytes. *Global Change Biology*, 23(1), 108–116. <https://doi.org/10.1111/gcb.13405>.
- Lima, L. F., Silva, S. S. L., Moura-Júnior, E. G., & Zickel, C. S. (2011). Composição florística e chave de identificação das macrófitas aquáticas ocorrentes em reservatórios do estado de Pernambuco. *Rodriguésia*, 62(4), 771–783. <https://doi.org/10.1590/s2175-78602011000400006>.
- Lorenzi, H. (2008). Plantas Daninhas do Brasil: Terrestres, Aquáticas, Parasitas e Tóxicas. 4th Edition, Instituto Plantarum, Nova Odessa, 640 p.
- Maciel-Silva, J. F., Nunes, C. S., Ferreira, L. V., & Gil, A. S. B. (2019). Cyperaceae aquáticas e palustres na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, Amazônia, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 14(3): 391-423.
- Matos, G. S., Pinto, M. N., Cruz, J., Viana, C. S., & Lima, R. A. (2020). Macrófitas aquáticas em áreas de várzea da comunidade de São José, no Município de Benjamin Constant, Amazonas, Brasil. *Biota Amazônia*, 10(1), 11–16. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v10n1p11-16>.
- Menezes, M. A. B. C. Fanolga, I., Šlejkovec, Z. Jaćimović, R., Couto, N., Deschamps, E., & Faganeli, J. (2020). Arsenic in Sediments, Soil and Plants in a Remediated Area of the Iron Quadrangle, Brazil, and its Accumulation and Biotransformation in *Eleocharis geniculata*. *Acta Chimica Slovenica*, 67(3), 985–991. <https://doi.org/10.17344/acsi.2019.5760>.
- Moura-Júnior, E. G., Paiva, R.M.S., Ferreira, A.C., Pacopahyba, L.D., Tavares, A.S., Ferreira, F.A., & Pott, A. (2015). Updated checklist of aquatic macrophytes from Northern Brazil. *Acta Amazonica*, 45(2), 111–132. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201402662>.
- Murphy, K., Efremov, A., Davidson, T.A., Molina-Navarro, E., Fidanza, K., Crivelari Betiol, T. C., Chambers, P., Tapia Grimaldo, J., Varandas Martins, S., Springuel, I., Kennedy, M., Mormul, R. P., Dibble, E., Hofstra, D., Lukács, B. A., Gebler, D., Baastrop-Spohr, L., & Urrutia-Estrada, J. (2019). World distribution, diversity and endemism of aquatic macrophytes. *Aquatic Botany*, 158, 103127. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2019.06.006>.
- Newman, J.R., & Dawson, F.H. (1999). Ecology, distribution and chemical control of *Hydrocotyle ranunculoides* in the U.K. *Hydrobiologia*, 415, 295–298. <https://doi.org/10.1023/a:1003877613462>.
- Ni, M., Liang, X., Hou, L., Li, W., & He, C. (2022). Submerged macrophytes regulate diurnal nitrous oxide emissions from a shallow eutrophic lake: A case study of Lake Wuliangshuai in the temperate arid region of China. *Science of the Total Environment*, 811, 152451–152451. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152451>.
- Nogueira, G. S., Bezerra, G. S., & Piana, P. A. (2022). Tratamento de efluente de aquicultura com macrófitas flutuantes: revisão sistêmica e metanálise. *Research, Society and Development*, 11(4), e36811426533-e36811426533. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.26533>.
- Noletto, E. V., Barbosa, M. V. M., & Pelicice, F. M. (2019). Distribution of aquatic macrophytes along depth gradients in Lajeado Reservoir, Tocantins River, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 31. <https://doi.org/10.1590/s2179-975x9317>.
- Nzei, J. M., Ngarega, B. K., Mwanzia, V. M., Musili, P. M., Wang, Q., & Chen, J. (2021). The past, current, and future distribution modeling of four water lilies (*Nymphaea*) in Africa indicates varying suitable habitats and distribution in climate change. *Aquatic Botany*, 173, 103416–103416. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2021.103416>.
- Pereira, A. L. P., Monteiro, B., Azevedo, J., Campos, A., Osório, H., & Vasconcelos, V. (2015). Effects of the naturally-occurring contaminant microcystins on the *Azolla filiculoides* – *Anabaena azollae* symbiosis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 118, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.04.008>.

- Pereira, K. M., Hefler, S. M., Trentin, G., & Rolon, A. S. (2021). Influences of landscape and climatic factors on aquatic macrophyte richness and composition in ponds. *Flora*, 279, 151811–151811. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151811>.
- Pinheiro, E. P., Marques, E. E., & Lolis, S. F. (2019). Monitoramento de empreendimentos hidrelétricos na bacia do rio Tocantins, Brasil: o que aprendemos com os estudos das macrófitas aquáticas. *Biotemas*, 32(3), 11–22. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n3p11>.
- Pinheiro, M. N. M., & Jardim, M. A. G. (2015). Composição Florística e Formas Biológicas de Macrófitas Aquáticas em Lagos da Amazônia Ocidental, Roraima, Brasil. *Biota Amazônia*, 5(3), 23–27. <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n3p23-27>.
- PPG I. (2016). A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution*, 54, 563–603.
- Prefeitura de Belém. (2020). Unidade coordenadora do programa de saneamento da Bacia da Estrada nova. Consórcio ENGIS-AMPLA. Vol.1. Caracterização geral do município de Belém. Belém: Prefeitura de Belém. 418p.
- Pitelli, R. L. C. M., Toffaneli, C. M., Vieira, E. A., Pitelli, R. A., & Velini, E. D. (2008). Dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório de Santana, RJ. *Planta Daninha*, 26(3), 473–480. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582008000300001>.
- Queiroz, R. C. S., Maranduba, H. L., Hafner, M. B., Rodrigues, L.B., & Almeida Neto, J. A. (2020). Life cycle thinking applied to phytoremediation of dairy wastewater using aquatic macrophytes for treatment and biomass production. *Journal of Cleaner Production*, 267, 122006–122006. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122006>.
- Rameshkumar, S., Radhakrishnan, K., Aanand, S., & Rajaram, R. (2019). Influence of physicochemical water quality on aquatic macrophyte diversity in seasonal wetlands. *Applied Water Science*, 9(1). <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0888-2>.
- Riis, T., Levi, P. S., Baattrup-Pedersen, A., Jeppesen, K. G., & Rosenhøj Leth, S. (2017). Experimental drought changes ecosystem structure and function in a macrophyte-rich stream. *Aquatic Sciences*, 79(4), 841–853. <https://doi.org/10.1007/s00027-017-0536-1>.
- Rocha, A. E. S. Costa Neto, S. V., & Thomaz, D. O. Macrófitas aquáticas: rio Araguari, Amapá, Brasil – Macapá/AP. (2022).
- Rodrigues, M. E. F., Souza, V. C., & Pompêo, M. L. M. (2017). Levantamento florístico de plantas aquáticas e palustres na Represa Guarapiranga, São Paulo, Brasil. *Boletim de Botânica*, 35, 1. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v35i0p1-64>.
- Rozenete, C., Silva, S. C. A., Nunes, M. G., & Imig, D. C. (2021). Macrófitas do Parque Municipal do Iguaçu, Paraná, Brasil. *Revista UNIANDRADE*, 22(1), 38-47. <https://dx.doi.org/10.18024/1519-5694/revuniandrade.v22n1p-38-47>.
- Roy, D. C.; Pakhira, M. C.; & Bera, S. (2016). A review on biology, cultivation and utilization of *Azolla*. *Adv Life Sci*, 5(1), 11-15.
- Sabino, J. H. F., Araújo, E. S., Cotarelli, E. M., Siquira Filho, J. A., & Campelo, M. J. A. (2015). Riqueza, composição florística, estrutura e formas biológicas de macrófitas aquáticas em reservatórios do semiárido nordestino, Brasil. *Natureza on line* 13 (4): 184-194.
- Santana, M. S., Santos, C. B., & Mitsuka, P. M. (2021). Composição de macroinvertebrados associados a macrófitas aquáticas como parâmetro para avaliação da qualidade da água de um reservatório no semiárido baiano. *Biotemas*, 34(3), 1–14. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2021.e78598>.
- Silva, D. S., Marques, E. E., & Lolis, S. F. (2012). Macrófitas aquáticas: “vilãs ou mocinhas”? *Interface (Porto Nacional)*, 4:15-26
- Silva, E. C. V., & Fontes, K. A. A. (2018). Macrófitas aquáticas no nordeste maranhense: levantamento florístico e chave de identificação. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais* 13(3): 355-365.
- Souza, D. C., Cunha, E. R., Murillo, R. A., Silveira, M. J., Pulzatto, M. M., Dainezfilho, M. S., Lolis, L. A., & Thomaz, S. M. (2017a). Species inventory of aquatic macrophytes in the last undammed stretch of the Upper Paraná River, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 29(e115).
- Souza, W. O., Pena, N. T. L., Garbin, M. L., & Alves-Araújo, A. (2017b). Macrófitas aquáticas do Parque Estadual de Itaúnas, Espírito Santo,

- Brasil. *Rodriguésia*, 68(5), 1907–1919. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201768523>.
- Torres, C. R. M., Fernando, E. M., & Lucena, M. F.A. (2016). Checklist de Plantas aquáticas em trechos de Caatinga Do Semiárido Paraibano, Nordeste do Brasil. *Gaia Scientia*, 10(4). <http://dx.doi.org/10.21707/gaia.v10.n04a23>.
- Tran, T. L. N., Miranda, A. F., Abeynayake, S. W., & Mouradov, A. (2020). Differential Production of Phenolics, Lipids, Carbohydrates and Proteins in Stressed and Unstressed Aquatic Plants, *Azolla filiculoides* and *Azolla pinnata*. *Biology*, 9(10), 342. <https://doi.org/10.3390/biology9100342>.
- Vasconcelos, V. M., Morais, E. R. C., Faustino, S. J. B., Hernandez, M. C. R., Gaudêncio, H. R. S. C., Melo, R.R., & Bessa Junior, A. P. (2021). Floating aquatic macrophytes for the treatment of aquaculture effluents. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(3), 2600–2607. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11308-8>
- Viana, C. R. S., Barbosa, A. P. D., Oliveira Junior, E. S., Ignácio, A. R. A., Carniello, M. A., Silva, D. J., Santos Filho, & M., Muniz, C. C. (2020). Peixes associados à formação de *Ludwigia sedoides* (Humb. & Bonpl.) H.Hara e *Salvinia auriculata* Aubl. rio Paraguai, Pantanal Norte. *Revista de Ciências AgroAmbientais*, 18(1), 50–54. <https://doi.org/10.5327/rcaa.v18i1.4550>.