



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ-IFAP
CAMPUS LARANJAL DO JARI
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

TÁSSIA LAÍS LOPES RODRIGUES

**ESTRATÉGIAS FUNCIONAIS DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS DE UM
TRECHO DO BAIXO CURSO DO RIO JARI, SUL DO AMAPÁ, BRASIL**

LARANJAL DO JARI-AP

2023

TÁSSIA LAÍS LOPES RODRIGUES

**ESTRATÉGIAS FUNCIONAIS DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS DE UM
TRECHO DO BAIXO CURSO DO RIO JARI, SUL DO AMAPÁ, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Amapá, Campus Laranjal do Jari, como requisito avaliativo para obtenção de título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Darley Calderaro Leal Matos.

Coorientador: Dr. Salustiano Vilar da Costa Neto

LARANJAL DO JARI - AP

2023

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- R696e Rodrigues, Tássia Laís Lopes
 Estratégias funcionais da comunidade de macrófitas de um trecho do
 baixo curso do rio Jari, sul do Amapá, Brasil / Tássia Laís Lopes
 Rodrigues - Laranjal do Jari, 2023.
 40 f.: il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de
 Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Laranjal do Jari,
 Curso de Licenciatura em Ciências Biológica, 2023.
- Orientadora: Dra. Darley Calderaro Leal Matos.
 Coorientadora: Dr. Salustiano Vilar da Costa Neto.
1. Ecologia funcional. 2. Trade-offs. I. Matos, Dra. Darley Calderaro
 Leal, orient. II. Neto, Dr. Salustiano Vilar da Costa, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do IFAP
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

TÁSSIA LAÍS LOPES RODRIGUES

**ESTRATÉGIAS FUNCIONAIS DA COMUNIDADE DE MACRÓFITAS DE UM
TRECHO DO BAIXO CURSO DO RIO JARI, SUL DO AMAPÁ, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Amapá, Campus Laranjal do Jari, como requisito avaliativo para obtenção de título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Darley Calderaro Leal Matos.

Coorientador: Dr. Salustiano Vilar da Costa Neto

BANCA EXAMINADORA



Dra. Darley Calderaro Leal Matos
Instituto Federal do Amapá – Campus LRJ
(Orientadora – Presidente da Banca)



Dr. Wanderson Michel de Farias Pantoja
Instituto Federal do Amapá – Campus LRJ
(Avaliador titular)



Me. Robson Marinho Alves
Instituto Federal do Amapá – Campus ST
(Avaliador titular)

Apresentado em: 20 de dezembro de 2023.

Conceito/Nota: 10,00

AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente, pelas bênçãos e oportunidades que colocou em minha vida desde que nasci até o meu futuro já planejado por Ele, por ter me dado forças para não desistir diante de todos os desafios que apareceram. Por me guardar e cuidar de mim para que eu pudesse concluir essa etapa da minha vida.

A minha família, aos meus pais, as pessoas mais importantes que tenho nessa vida, que nunca deixaram faltar nada para mim, por estarem sempre me incentivando a buscar pelo conhecimento, em destaque minha mãe, que sempre lutou por mim e dedicou seu tempo para me apoiar em tudo que eu escolhia fazer.

Ao Instituto Federal do Amapá, por me dar a oportunidade de estudar Biologia, por um erro na hora de escolher o curso de Administração e passar em Biologia. Pelos auxílios que me ofertaram, sem eles não teria condições de ir para as aulas, aos profissionais que trabalham com dedicação, aos alunos que tive a oportunidade de experiência em dar aula.

Ao Colégio Dinâmico, por ser minha primeira experiência de trabalho em uma instituição educacional, por me prepara e qualificar mais como educadora e pessoa.

A minha diretora Joséias, que apesar de ser minha chefe, me aconselha como uma mãe, é um exemplo de pessoa dedicada, esforçada e que não esquece de ser grata a Deus, meu exemplo como profissional.

Aos professores do curso, por serem inspirações, simplesmente gostando de ensinar.

Ao Tiago pela contribuição na pesquisa e nas coletas, por ter suportado um dia inteiro e cansativo analisando folhas.

Aos meus colegas de turma, por fazerem de 5 anos de curso os melhores e mais divertidos da minha história acadêmica.

Às minhas amigas, que infelizmente não estudam mais comigo, mas fizeram parte da minha trajetória, Eluana e Elisandra, minhas primeiras colegas de sala, me ajudaram a me enturmar e interagir com a turma, sou grata simplesmente por conhecer vocês, pelo amor, amizade, lealdade, carinho e alegrias que passamos juntas, amo vocês.

Ao meu ciclo íntimo de amigos, por me receber como eu sou, à Marli por está comigo desde os primeiros dias de aula e ser uma amiga incrível, à Wendria por ser um forte seguro, que sempre sabe o que fazer nos momentos difíceis, à Aldry por completar nosso grupo com sua presença maravilhosa.

Ao meu amigo Pedro, que é uma pessoa muito inteligente e generosa, sempre buscando ajudar os outros, obrigada pelos momentos de descontração e risos, por sempre buscar ajudar até nos pequenos detalhes.

À minha mais que amiga, minha metade, dos trabalhos, estágios, seminários, idas de campos, a Valkiria Chaves, por estar presente na minha vida, obrigada por encher meus momentos com alegria, por ser minha inspiração, você é uma pessoa determinada e corajosa, que luta pelo que quer, nos meus momentos de cansaço, me inspirava na pessoa que acordava mais cedo que todo mundo, que tirava boas notas, que sempre participava das aulas e vivia sorrindo e fazendo amigos pelo Ifap.

À minha orientadora incrível Darley Calderaro Leal Matos, pelos conselhos relacionados não apenas ao meio científico, mas sobre a vida, que me norteou desde o começo das aulas, por me guiar nessa pesquisa, por todo aprendizado e paciência em ensinar. Sou grata por abrir sua casa e hospitalidade, por me ajudar e escutar sobre minhas dificuldades, por ser um exemplo de educadora, ser dedicada ao seu trabalho, fazendo muito mais do que é pedido. Obrigada por me dar a oportunidade de ser sua aluna e orientanda. E ao seu esposo Aldo (Zé goiabeiro), por ajudar no transporte e apoio da pesquisa, pelos conselhos de vida, pelos momentos de descontração, por estar presente em todas as ocasiões do trabalho, sempre contribuindo com a pesquisa e por não me negar goiaba quando eu estou com fome.

Ao meu coorientador Salustiano Vilar da Costa Neto, por ser o melhor da área, não tardar em responder minhas dúvidas.

A todos aqueles que contribuíram para que esse momento acontecesse.

Muito obrigada!

RESUMO

O rio Jari é caracterizado por uma extensa planície de inundação com elevada dinâmica hidrológica sazonal que sofre com intervenção antrópica devido à expansão urbana e o despejo de esgoto diretamente no rio. Estes fatores podem influenciar na distribuição de macrófitas aquáticas, plantas que apresentam grande capacidade de adaptação e amplitude ecológica. Todavia, não há estudos que considerem a distribuição das espécies de macrófitas considerando a variação de atributos funcionais (estratégias ecológicas) ao longo do rio Jari. Nesse sentido, o presente estudo visa analisar as estratégias funcionais da comunidade de macrófitas aquáticas em um trecho do baixo curso do rio Jari, no sul do Amapá, partindo da hipótese de que macrófitas aquáticas podem exibir os *trade-off* de aquisição e conservação de recursos para coexistir em diferentes condições físico-químicas da água. Foram estabelecidas três parcelas de 1m² em quatro pontos ao longo de um trecho do rio, totalizando 12 parcelas. Foram identificadas as espécies, coletado cinco folhas dos indivíduos nas parcelas para mensuração de quatro atributos funcionais. Foram também analisados os parâmetros físico-químicos da água em cada parcela. O modo de vida emergente foi predominante entre as espécies. *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth foi comum aos quatro pontos de coleta; *Salvinia auriculata* Aubl., *Azolla* sp. e *Cyperus blepharoleptos* Steud. se destacaram pela maior abundância. Houve um *trade-off* entre tamanho/espessura foliar e quantidade de massa foliar na comunidade de macrófitas analisadas. Foram encontradas três estratégias distintas a montante do rio: macrófitas de folhas grandes e espessas em água com maior condutividade tais como *E. azurea* e *P. repens*, ocorreram em frente à cidade devido à capacidade de multiplicação destas plantas em ambientes poluídos; macrófitas com maior área de exibição de massa em água com maior turbidez e temperatura; e macrófitas que apresentam maior quantidade de massa seca nas folhas, estratégia de resistência ou conservação de recursos. Recomenda-se que sejam feitos estudos em longo prazo para monitorar as estratégias ecológicas de macrófitas sob a influência da sazonalidade de precipitação e mudanças climáticas, proporcionando uma base de dados robusta para a tomada de decisões para o manejo e conservação dos ecossistemas aquáticos.

Palavras-chave: Atributos funcionais. Estratégias de aquisição. Estratégias de conservação. *Trade-offs*.

ABSTRACT

The Jari River is characterized by an extensive floodplain with high seasonal hydrological dynamics that suffers from human intervention due to urban expansion and the dumping of sewage directly into the river. These factors can influence the distribution of aquatic macrophytes, plants that have a great capacity for adaptation and ecological breadth. However, there are no studies that consider the distribution of macrophyte species considering the variation in functional attributes (ecological strategies) along the Jari River. In this sense, the present study aims to analyze the functional strategies of the aquatic macrophyte community in a stretch of the lower course of the Jari river, in the south of Amapá, based on the hypothesis that aquatic macrophytes can exhibit the trade-offs of resource acquisition and conservation. to coexist in different physical-chemical conditions of water. Three 1m² plots were established at four points along a stretch of the river, totaling 12 plots. The species were identified, five leaves were collected from individuals in the plots to measure four functional attributes. The physical-chemical parameters of the water in each plot were also analyzed. The emerging way of life was predominant among the species. *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth was common to the four collection points; *Salvinia auriculata* Aubl., *Azolla* sp. and *Cyperus blepharoleptos* Steud. stood out for their greater abundance. There was a trade-off between leaf size/thickness and amount of leaf mass in the macrophyte community analyzed. Three distinct strategies were found upstream of the river: macrophytes with large, thick leaves in water with greater conductivity, such as *E. azurea* and *P. repens*, occurred in front of the city due to the ability of these plants to multiply in polluted environments; macrophytes with greater mass display area in water with greater turbidity and temperature; and macrophytes that have a greater amount of dry mass in the leaves, a strategy of resistance or resource conservation. It is recommended that long-term studies be carried out to monitor the ecological strategies of macrophytes under the influence of precipitation seasonality and climate change, providing a robust database for making decisions for the management and conservation of aquatic ecosystems.

Keywords: Functional attributes. Acquisition strategies. Conservation strategies. Trade-offs.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 Áreas úmidas da Amazônia	13
3.2 Características do rio Jari	14
3.3 Atributos funcionais, estratégias ecológicas e <i>trade-offs</i>	18
3.4 Estratégias funcionais de macrófitas	20
4 METODOLOGIA	23
4.1. Área de estudo e amostragem	23
4.2. Atributos funcionais	26
4.3 Variáveis físico-químicas da água	28
4.4 Análise de dados	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	37

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do rio Jari é um afluente à margem esquerda do rio Amazonas que nasce na serra do Tumucumaque e faz divisa com a Guiana Francesa e corre para o sul, banhando os municípios de Laranjal do Jari e Vitória do Jari, no Amapá, abrangendo uma extensão de 60.000 km² com 694 km de comprimento (PORTAL AMAZONAS, 2022).

O rio Jari apresenta um trecho a montante da cachoeira de Santo Antônio dominado por ambientes característicos de rios montanhosos que representa 94,9% da sua extensão total, e apresenta o trecho a jusante ou em direção à sua foz, denominado baixo curso do rio, que compreende 5,1% de sua extensão total, no qual predominam ambientes com espécies típicas da várzea amazônica (EDP JARI, 2009).

O baixo curso do rio Jari apresenta uma extensa planície de inundação com elevada dinâmica hidrológica sazonal. No período chuvoso, que vai de dezembro a agosto, a calha do rio não comporta a vazão hidrológica, o que causa inundações em locais de relevo mais plano, como na cidade de Laranjal do Jari (AIA, 2011). Além disso, é o trecho que mais sofre intervenção antrópica devido à expansão urbana e o despejo de esgoto diretamente no rio, à influência de empreendimentos agroindustriais (plantação de eucalipto e pinho) e à presença da Usina Hidrelétrica Santo Antônio do Jari (UHSAJ) (ABREU; CUNHA, 2015).

O aumento no nível das águas no período chuvoso, associado à influência dos empreendimentos e ao despejo de esgoto no baixo curso do rio influencia nos parâmetros físico-químicos da água (ABREU; CUNHA, 2015). Estes são considerados os principais fatores ecológicos que influenciam a distribuição de macrófitas aquáticas.

As macrófitas aquáticas são plantas que agregam diferentes grupos taxonômicos e são fundamentais na dinâmica dos ecossistemas inundáveis devido a sua capacidade de alterar padrões de deposição de nutrientes (SCHULZ *et al.*, 2003; NURMINEN; HORPPILA, 2009) e servem de habitat para animais da biota aquática (PIE DADE *et al.*, 2010). Estas incluem plantas cujas partes fotossinteticamente ativa estão permanentes ou por alguns meses a cada ano submersas ou flutuantes na coluna de água, incluindo samambaias, musgos, hepáticas e algumas macroalgas (COOK, 1974).

Essas plantas se localizam em áreas de inundações e podem tolerar as restrições impostas, como a redução do oxigênio disponível, por mais de 230 dias por ano (JUNK, 1989). Conforme Santamaría (2002) a distribuição de macrófitas aquáticas está associada à capacidade de dispersão em larga escala de propágulos sexuais, da mesma forma, possuem ciclos de vidas curtos e respondem mais rapidamente a alterações no ambiente (JUNK; PIE DADE, 1997). As

macrófitas aquáticas desempenham diversas funções nos ecossistemas, pois “são plantas que apresentam grande capacidade de adaptação e amplitude ecológica, habitando ambientes variados de água doce, salobra e salgada, ambientes de água estacionária e corrente” (MOURA; FRANCO; MATALLO, 2009, p. 77-82). Além disso, são organismos bioindicadoras de eutrofização artificial de rios e lagos devido à poluição causada pela atividade humana (THOMAZ e BINI, 2003; DOS SANTOS; DE OLIVEIRA BOINA, 2017), e é um dos fatores que mais interfere na composição e abundância de macrófitas (ROZENENTE *et al.*, 2021).

A distribuição de espécies de macrófitas aquáticas em ambientes lóticos amazônicos é influenciada pela inundação sazonal dos rios que alteram os parâmetros físico-químicos da água devido ao ciclo hidrológico. No período chuvoso os parâmetros tendem a um aumento do pH e turbidez das águas, condutividade e temperatura (KRUPEK *et al.*, 2008). Além disso, o aumento na carga de nutrientes provenientes da poluição das águas pode favorecer espécies boas competidoras por nutrientes tais como: *Eichhornia* sp., *Nymphaea* sp., *Lemna minor* sp. e *Ludwigia helminthorrhiza* (Mart.) H. Hara que possuem vantagens em ambientes estressantes (ALMEIDA, 2004).

Como macrófitas aquáticas são organismos de importância ecológica e ecossistêmica, estudos sobre a distribuição e as estratégias ecológicas das espécies se fazem necessários para compreender as respostas morfológicas e fisiológicas de espécies às condições do ambiente que apresentam relação com seu desempenho biológico (crescimento, sobrevivência e reprodução) e que promovem adaptação dos indivíduos ao ambiente e consequentemente influenciam na ocorrência das espécies.

Uma forma de compreender isto é verificar como atributos funcionais variam entre os indivíduos das espécies ao longo de um gradiente de condições ambientais. Atributos ou características funcionais são características mensuráveis de um organismo que podem ser morfológicas, fisiológicas, anatômicas etc. e estão relacionadas fortemente ao desempenho do organismo no ambiente (PODGAISKI *et al.*, 2011). Atributos respondem às variáveis do ambiente que determinam a ocupação do nicho das espécies e quando combinados podem mostrar uma dimensão da estratégia ecológica de plantas (ADLER *et al.*, 2013).

Por exemplo, plantas podem investir recursos em folhas grandes com alta taxa fotossintética e menor quantidade de massa foliar como estratégia de crescimento em ambientes com maior disponibilidade de nutrientes e luz; em contrapartida, plantas podem investir recursos para aumentar a quantidade de massa foliar e a vida útil da folha, visando uma estratégia de conservação de recursos para sobreviver em ambientes estressantes ou com pouca disponibilidade de recursos (GONÇALVES *et al.*, 2012; MATOS; FERREIRA; CALUCCI,

2018).

A ecologia funcional é a abordagem mais utilizada, atualmente, para se entender as estratégias de plantas, analisando seus atributos funcionais. Além disso, a abordagem é importante para compreender as interações nos ecossistemas, trazendo respostas quanto aos impactos ambientais e os desequilíbrios causados às populações de organismo em decorrência da ação humana (CALAÇA; GRELE, 2016). Isto é relevante para o manejo, conservação e restauração de ecossistemas.

Não existem, atualmente, estudos sobre estratégias ecológicas ou funcionais de macrófitas aquáticas no baixo rio Jari que considerem a distribuição das espécies e a variação de atributos funcionais ao longo gradientes de condições ambientais, tais como variáveis físico-químicas da água.

Diante disso, o objetivo deste estudo é analisar as estratégias funcionais da comunidade de macrófitas aquáticas em um trecho do baixo curso do rio Jari, no sul do Amapá. Nossa hipótese principal é a de que macrófitas aquáticas exibem diferentes estratégias funcionais na aquisição de recursos formando *trade-offs* entre indivíduos da espécie para coexistir em diferentes condições físico-químicas da água.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho objetivou analisar as estratégias funcionais exibidas por macrófitas aquáticas para coexistir em um trecho do baixo curso do rio Jari, localizado no sul do Amapá.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar as estratégias funcionais ou combinação de atributos funcionais da comunidade de macrófitas;
- Verificar se espécies de macrófitas exibem os *trade-offs* de crescimento *versus* conservação de recursos;
- Verificar se atributos funcionais de macrófitas estão relacionados às variáveis físico-químicas da água do rio.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Áreas úmidas da Amazônia

A Bacia Amazônica é a maior bacia hidrográfica do mundo ocupando aproximadamente 7.050.000 km², ou seja, cerca de 34% da área total da América do Sul (PIEIDADE, 2015). As áreas úmidas são divididas em tipologias de acordo com suas características, como o tempo de inundação e os rios as quais estão associadas (MARINHO; PAULA; RÍOS-VILLAMIZAR; SCHONGART, 2015).

Junk *et al.* (2014) definiu áreas úmidas (AUs) como sendo:

[...] ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica (JUNK, p. 8, 2014).

Na concepção de Lopes e Piedade (2015) essas áreas alagáveis são anualmente recobertas por água quando os níveis dos rios sobem, devido ao acúmulo das chuvas em toda a área da bacia. Apresentando características tanto de ecossistema terrestres (fase de água baixa ou fase terrestre) como ecossistemas aquáticos (fase de águas altas ou fase aquática). Em se tratando de áreas alagáveis por rios amazônicos, o principal fator que influencia o ciclo de vida dos organismos, seu crescimento e incorporação de carbono e, conseqüentemente, a estrutura das comunidades é o pulso de inundação regular anual (JUNK *et al.*, 1989).

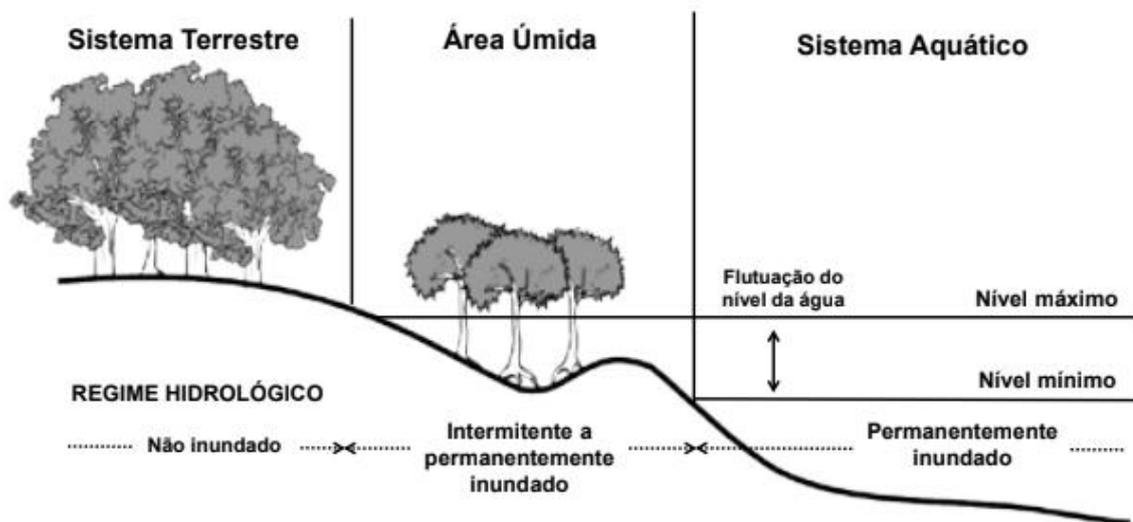
As áreas inundadas pelos rios de água branca possuem elevada disponibilidade de nutrientes e são chamadas de várzeas, enquanto que aquelas associadas aos rios de água preta, pobres em nutrientes, são denominadas de igapós (PRANCE, 1980). As florestas alagáveis ao longo dos grandes rios amazônicos, contêm mais de 1600 espécies, muitas delas endêmicas para a região (WITTMANN *et al.*, 2006, 2010, 2012).

O IBGE (2007) afirma que o transporte de sedimentos pela hidrografia amazônica indica três tipos de rios existentes, denominados rios de água branca, rios de água claras e rios de água preta. Como expõe Cunha (2013), os rios de água branca são mais ricos em nutrientes, enquanto os rios de água preta apresentam menos nutrientes e são mais ácidas.

As áreas úmidas podem permanecer alagadas durante todo o ano ou apenas parte dele, e o nível da inundação pode variar de apenas um filete de água até 15 metros de coluna da água. Outras AUs são pantanosas, com solos que são encharcados devido à sua proximidade com o lençol freático ou por serem mal drenados (Figura 1).

A sazonalidade do pulso de inundação e a diversidade do ambiente possibilita o surgimento de novos habitats (SALO *et al.*, 1986; WITTMANN *et al.*, 2010). O movimento da água e a distribuição de sedimentos influencia a estrutura da comunidade, pois a instabilidade desses processos gera uma dinâmica nos rios (JUNK, 1989; WITTMANN *et al.*, 2002). As variações físico-químicas da água induzem respostas morfológicas, anatômicas, fisiológicas e/ou adaptações etológicas que produzem uma estrutura de comunidade característica (JUNK, 1997). Segundo Parolin *et al.* (2001) essas características conferem aos ambientes inundáveis uma alta dinâmica nos processos e adaptações das espécies presentes para responder aos estresses causados pelos alagamentos cíclicos e para a sobrevivência nesses ecossistemas.

Figura 1 - Ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos.



Fonte: SCHONGART, J. (2005). Vista aérea de florestas alagáveis de igapó do Rio Negro Barcelos, Amazonas.

3.2 Características do rio Jari

O rio Jari se encontra às margens do município de Laranjal do Jari, possui como principais afluentes os rios Curapi, Ipitinga, Iratapuru e igarapé Caracaru (SILVEIRA, 2014). O curso inferior do rio Jari é delimitado pela confluência do igarapé Caracaru, até a sua confluência com o rio Amazonas, essa região se caracteriza como planície e declividade quase nula, onde ocorrem às áreas alagáveis (SANTOS, 2022).

O rio Jari apresenta características de águas pretas à montante e águas claras a jusante sob influência do rio Amazonas. A diferença na coloração das águas dos rios está associada às áreas alagáveis amazônicas e as propriedades físico-químicas do solo e da água (LOPES;

PIEIDADE, 2015). Devido à natureza dos rios com águas predominantemente claras e ácidas, carentes em minerais, as florestas alagáveis mais notáveis na bacia do rio Jari são as de Igapó. Nessas margens florestais, a diversidade de trepadeiras, epífitas e herbáceas é significativa (QUEIROZ, 2008).

Nas proximidades do rio Ipitinga e no trecho inferior do rio Jari, ocorrem florestas justafluviais uniformes, com a predominância de faveiras. Na mesma região, há um intricado mosaico de canais, ilhas, furos e paranás, onde predomina a vegetação pioneira de influência fluvial. Essa vegetação alterna entre formações arbóreas e herbáceas, dependendo do regime sazonal de inundação ao qual está sujeita (FERREIRA, E.; ZUANON, J.; FORSBERG, B.; GOULDING, M.; BRIGLIA-FERREIRA, S. R., 2007).

A região que abrange a bacia hidrográfica do rio Jari está situada na floresta ombrófila densa, com predominância do clima equatorial quente úmido, caracterizado por períodos de 1 a 2 meses de estiagem. As variações nesse tipo de floresta são influenciadas por fatores geomorfológicos, edáficos e atitudinais locais. A presença proeminente de formações altamente influenciadas pela dinâmica dos cursos d'água, como as florestas aluviais e as formações pioneiras, contribui para uma fauna com características distintas.

Numerosos táxons têm preferência por esses ambientes, com um número relativamente limitado de espécies compartilhadas com outras formações, como os presentes em áreas de terra firme. Assim, a região se destaca por um mosaico de diferentes tipos de floresta ombrófila, complementado pela presença de formações pioneiras, intercaladas por extensas áreas reflorestadas e núcleos urbanos (OLIVEIRA, 2016). Essa característica é marcante nesta parte da bacia, onde configura uma notável interrupção na continuidade original, resultando em uma paisagem naturalmente heterogênea sob influência humana, que contrasta significativamente com o restante da bacia.

Nos processos hidrológicos na bacia do rio Jari e a qualidade da água, principalmente no baixo curso, destacam-se os seguintes aspectos que influencia na composição: indústrias de celulose, plantação de eucalipto e pinho, hidrelétrico (UHESAJ) e a expansão urbana. A atividade humana é considerada como principal fator negativo na qualidade da água.

Segundo a Avaliação Ambiental Integrada (AAI), os Índices de Qualidade da Água (IQA) calculados na bacia, incluindo em pontos próximos a áreas de ocupação humana, indicam uma qualidade de água que varia de boa a excelente. Entretanto, certos dados, como nitrato e coliformes fecais, apontam para uma ocupação desordenada e descarga de resíduos em locais específicos no trecho inferior da bacia.

Oliveira e Cunha (2014) destacam que a descarga de esgotos sanitários sem tratamento adequado e a inadequação da infraestrutura ao longo do rio estão associadas à deterioração da condição da água. Dado que a qualidade da água é suscetível a influências multifatoriais, ela pode ser sujeita a perturbações ou variações nos gradientes físicos, químicos e biológicos.

Os conceitos relacionados ao assoreamento (BRITO, 2008; SÁ DE OLIVEIRA, 2012; CUNHA, 2013; SANTOS *et al.*, 2014) não estão restrito apenas com a pureza da água, abrangendo também suas características físicas, químicas e biológicas. Dentre os parâmetros físicos mais comuns, pode ser indicado a temperatura, cor, turbidez, sabor e odor. A temperatura possui uma significância maior, pois atuam de diversas formas na cinética da água, influenciando as reações químicas e também outros parâmetros, como a cor, odor e saturação do oxigênio (KRUPPEK *et al.*, 2008).

O parâmetro de cor da água oferece indícios dos fenômenos relacionados ao que está acontecendo no rio, sendo naturais ou decorrentes de ação humana. A coloração não indica que a água esteja ruim para o consumo, por questões visuais a água potável para consumo deve se apresentar límpida, transparente e incolor (BRITO, 2008). Cunha (2013) destaca que no ecossistema aquático a cor está relacionada com a quantidade de nutrientes dos corpos d'água.

A turbidez está relacionada com potenciais alterações da dinâmica hidrossedimentométrica, como consequência da erosão, com interação ou não de atividade humana (DE ABREU; DA CUNHA, 2015). O acréscimo da turbidez diminui as taxas de fotossíntese e compromete a procura por alimentos de certas espécies, levando a um desequilíbrio na cadeia alimentar.

Os parâmetros químicos, como oxigênio, pH, nitrogênio, nitrato, cálcio, fósforo, sulfato e cloreto, desempenham papel crucial na avaliação da qualidade da água, essa análise periódica é essencial para monitorar as condições ambientais das bacias hidrográficas.

3.3 Macrófitas aquáticas

As macrófitas aquáticas são um grupo de organismos, tendo como referência algas taloides, musgos e hepáticas, filicíneas, coníferas e plantas com flores que crescem em águas salobras, estuários e águas costeiras (TUNDISI; TUNDISI, 2008), habitam áreas alagadas como brejos e áreas completamente inundadas como rios, lagos e reservatórios. As macrófitas aquáticas possuem variadas formas de vida, suas adaptações e distribuições e profundidade da água diferenciam sua estrutura e grupos (PEDRALLI, 1990).

Por habitarem desde ambientes terrestres até ambientes verdadeiramente aquáticos, as macrófitas aquáticas apresentam grande capacidade de se adaptar às mudanças ambientais

através de ajustamentos morfofisiológicos e fenotípicos (ESTEVES, 2011; SCREMIN-DIAS *et al.*, 1999). Para a identificação, essas plantas são classificadas em anfíbias, fixas com caules flutuantes, fixa com folhas flutuantes, emergentes, flutuante livre emersa e flutuante livre submersa. De acordo com Demarchi *et al.* (2018), as macrófitas são classificadas da seguinte forma (Figura 2):

Anfíbias: capaz de viver tanto em área alagada como fora da água, geralmente modificando a morfologia da fase aquática para a terrestre quando o nível da água abaixar;

Emergentes: plantas enraizadas no solo que acompanham seu crescimento a subida da água por vários metros;

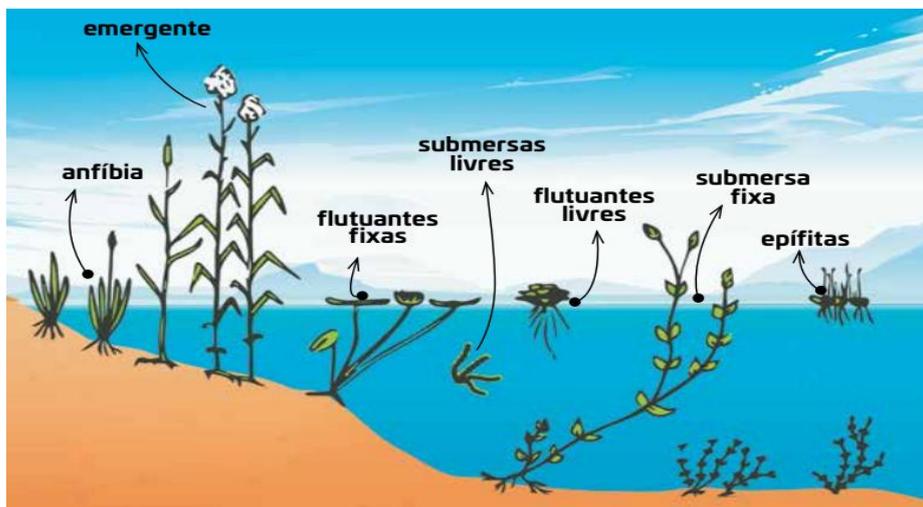
Fixas com caules flutuantes: enraizadas no solo com caules flutuando na superfície da água e folhas e inflorescências emersas;

Fixa com folhas flutuantes: enraizadas no solo com folhas flutuando na superfície da água, apresentando flores emersas;

Flutuantes livres emersas: plantas emersas, flutuando na superfície da água, apenas com as raízes e estolões submersos;

Flutuantes livres submersas: plantas flutuando livremente submersas próximas a superfícies da água, em certos casos com inflorescências emersas.

Figura 2 - Diversidade de formas de vida das macrófitas aquáticas.



Fonte: ESTEVES (1998); PEDRALLI, (1990).

As macrófitas aquáticas respondem às modificações periódicas do ambiente dependendo de sua forma de vida (PIEIDADE, 2018). A forma como respondem ao ciclo hidrológico, assim como também respondem sobre as associações com outros indivíduos da

mesma ou de outras espécies é a ocorrência da influência do ambiente sobre as plantas. As macrófitas têm sido amplamente utilizadas como indicadores de saúde e integridade ecossistêmica, estudos destacam a importância na melhora do funcionamento do ecossistema e regulando o ambiente abiótico.

As macrófitas colonizam em diferentes graus a maioria dos ecossistemas aquáticos, tanto lóticos quanto lênticos. A relevância ecológica dessas plantas tem sido destacada por diversos pesquisadores, principalmente devido ao aumento da heterogeneidade espacial que proporcionam. Esse fenômeno favorece a criação de habitats propícios para macroinvertebrados (ESTEVEZ; CAMARGO, 1986), aves (VOLTZ, 1995; WALLSTEN, 1998), e peixes (DELARIVA *et al.*, 1994; NAKATANI *et al.*, 1997; WEAVER *et al.*, 1997). Além disso, contribuem para a estabilidade da região litorânea e oferecem proteção às margens (SAND-JENSEN, 1998).

Em circunstâncias específicas, as macrófitas desempenham um papel crucial na retenção de nutrientes e poluentes (GOPAL, 1987; CARPENTER; LODGE, 1986; ENGELHARDT; RITCHIE, 2001). Adicionalmente, a biomassa gerada por essas plantas pode representar a base de teias alimentares, desempenhando um papel fundamental em processos de herbivoria e detritivoria em determinados ecossistemas (DUARTE *et al.*, 1994; ESTEVES, 1998).

As macrófitas contribuem para a caracterização de ambientes (MOURA JÚNIOR *et al.*, 2011) e são usadas como bioindicadoras da qualidade da água, controle da erosão hídrica, produção de biogás, melhoramento físico do solo, redução da turbulência e ciclagem de nutrientes (POMPÊO, 2008).

3.3 Atributos funcionais, estratégias ecológicas e *trade-offs*

A ecologia funcional utiliza atributos mensuráveis que são características morfológicas e/ou ecofisiológicas, destacada em campo, sendo estes atributos um produto de sua relação com o ambiente (SALA; PARTON; LAUENROTH, 1988; VIOLLE *et al.*, 2007).

Segundo Chapin *et al.* (2000) as mudanças ambientais traduzem modificações na composição de espécies através da representação de atributos morfológicos. Diante disso, considera-se que o funcionamento do ecossistema é determinado por atributos dominantes, chamados de atributos funcionais (GRIME, 1998).

Os estudos sobre atributos funcionais podem ser realizados com o olhar voltado para a ecologia da conservação, tendo por objetivo compreender o comportamento morfofuncional e

adaptativo das espécies em relação a um gradiente ambiental. Entre as principais temáticas da ecologia funcional, as avaliações têm em vista, entender como e porque os atributos variam entre as espécies em um ambiente comum e/ou investigar como essas variações respondem a diferentes gradientes ambientais (WESTOBY; WRIGHT, 2006).

Segundo Pérez-Harguindeguy *et al.* (2013) a abordagem funcional se refere às características que estão relacionadas com o desempenho ecológico da planta, ou seja, seus atributos funcionais. Entende-se que diferentes adaptações morfofisiológicas garantem respostas a heterogeneidade ambiental, determinando a variabilidade das estratégias e do desempenho ecológico dos indivíduos no ecossistema, portanto, representam a eficiência adaptativa do comportamento em resposta às condições do ambiente (CORNELISSEN *et al.*, 2003; WRIGHT *et al.*, 2004; ROSADO; MATTOS, 2007; VIOLLE *et al.*, 2007; DONOVAN *et al.*, 2011; REICH, 2014).

As respostas de um indivíduo frente aos fatores ambientais demanda um gasto de energia, para as plantas, esse custo pode ser nutricional ou energético e só é favorável se o benefício igualar ou sobrepuser o gasto, o que é chamado de *trade-offs* (LAMBERS *et al.*, 2008; PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013). Um *trade-offs* é a correlação negativa entre atributos que uma planta não pode desenvolver simultaneamente, por isso, a planta está investindo mais em um determinado atributo em comparação a outro (WESTOBY, 1998).

Os *trade-offs* representam escolhas estratégicas que as espécies fazem para otimizar seu sucesso ecológico em um determinado ambiente. Essas escolhas envolvem compromissos entre diferentes características ou comportamentos, uma vez que a alocação de recursos limitados pode impedir que uma espécie otimize todas as suas funções simultaneamente. Por exemplo, uma espécie pode enfrentar um *trade-off* entre alocar energia para o crescimento rápido e a reprodução antecipada *versus* investir em mecanismos de defesa mais elaborados. (MACARTHUR, 1965; GILLISON, 2013).

Em um nicho específico, as condições ambientais podem favorecer uma estratégia sobre a outra. Este é um exemplo claro de como a teoria do nicho influencia a tomada de decisões adaptativas de uma espécie, envolvendo *trade-offs* e seus atributos funcionais (TILMAN, 2006).

Os atributos funcionais definem respostas que solucionam os diferentes problemas quanto à aquisição de recursos, objetivando a garantia de sobrevivência, crescimento e reprodução dos indivíduos (VIOLLE *et al.*, 2007; PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013). Poorter e Bongers (2006) ressaltam que os atributos funcionais de uma planta abordam

fortemente *trade-offs* entre a capacidade de adquirir recursos e crescer rapidamente, ou seja, estratégias mais aquisitivas que produzem folhas de baixo custo, e estratégias mais conservativas para conservar recursos em tecidos bem protegidos e folhas duráveis que crescem lentamente e tem alto custo, mas que são mais resistentes a danos físicos.

Grime (1998) formulou três estratégias que espécies de plantas poderiam adotar para ocupar diferentes ambientes: competição (C), tolerância ao estresse (S) ou ruderal (R). Essas estratégias foram concebidas a partir da observação de duas categorias de fatores que limitam a biomassa das plantas: o estresse, que consiste em condições restritivas ao crescimento, tais como restrições de luz, água e nutrientes; e distúrbios, associados à destruição parcial ou total da biomassa vegetal provocada por fatores como atividade de herbívoros, patógenos, ações humanas, ventos, geadas, dessecação, erosão do solo e incêndios.

Diferentes estratégias entre espécies de plantas são fundamentais para preservar a diversidade e o funcionamento dos ecossistemas (KRAFT *et al.*, 2008). Medir características funcionais relacionadas entre si possibilita a quantificação das estratégias das plantas, revelando uma dimensão ecológica combinada com *trade-offs* de investimentos (WESTOBY *et al.*, 2002).

3.4 Estratégias funcionais de macrófitas

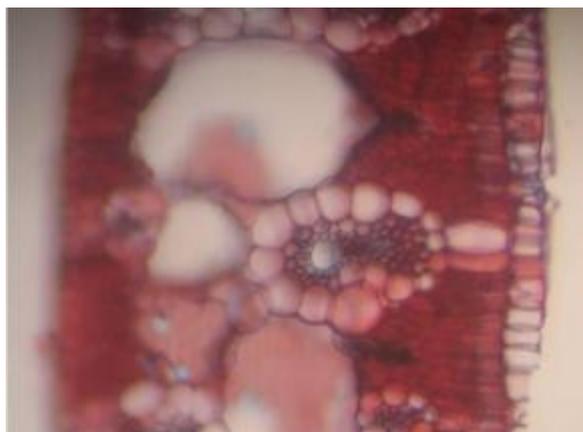
As macrófitas aquáticas estão entre os organismos que podem ser afetados pela mudança do nível da água (WETZEL, 2001). A vegetação aquática expressa um importante papel ecológico, pois, participam da produção de matéria orgânica, além de ser substrato para o perifíton (comunidade de microrganismos adaptados à vida sésil que se adere a substratos submersos) e lugar de nidificação para outros organismos aquáticos (PÔMPEO; MOSCHINI CARLOS, 2003; THOMAZ; CUNHA, 2010).

Devido à sua residência em pântanos e ambientes aquáticos, as macrófitas aquáticas demonstram habilidade de adaptação às alterações ambientais por meio de ajustes morfofisiológicos e fenotípicos (ESTEVES, 2011). Essas perturbações hidrológicas da cheia e/ou seca permite que essas plantas resistam mais (PEDRO; MALTCHIK; BIANCHINI JUNIOR, 2006), ressaltando as espécies capazes de viver tanto em ambientes alagados como fora da água, no qual, são denominadas “macrófitas anfíbias” (ALMEIDA, 2012).

Dentre os fatores que favorecem o crescimento das plantas aquáticas, a alta densidade da água proporciona sustentação mecânica às plantas. Os nutrientes presentes na água entram em contato com os órgãos acima do solo das plantas, tornando-se potencialmente disponíveis para o seu crescimento. As plantas aquáticas exibem um conjunto comum de características adaptativas a esses ambientes (RASCIO, 2002). Entre essas características, a presença de

aerênquima aumenta o fluxo de oxigênio da parte aérea para as raízes. A espécie *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth é um exemplo de planta que apresenta na estrutura das folhas pseudobulbos ricos em aerênquima (OLIVEIRA *et al.*, 2001), providas de pecíolos esponjosos permitindo a flutuação da planta. (Figura 3).

Figura 3 – Secção transversal da folha de *E. azurea* aumento de 100X.



Fonte: Pereira, 2010.

A presença de múltiplos aerênquimas, que constituem uma especialização do tecido parenquimático, caracteriza-se pelo desenvolvimento de amplos espaços intercelulares preenchidos por gases. Esses espaços geralmente estão interconectados, formando uma fase gasosa contínua que se estende por todo o tecido da *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth. Suas células parenquimáticas são modificadas para acúmulo de ar, o que confere a planta uma adaptação em ambiente de baixa disponibilidade de oxigênio.

Uma maior superfície foliar, especialmente quando a mesma espécie é capaz de produzir folhas emersas e submersas, resulta em uma superfície foliar significativamente maior para as folhas submersas em comparação com as folhas emergidas. Isso, juntamente com uma cutícula fina, intensifica os contatos com a água e a absorção de carbono. As plantas aquáticas geralmente apresentam baixa lignificação, uma vez que a água protege as plantas do estresse gravitacional, e as células do xilema são substituídas por lacunas do xilema, resultando em uma condutância hidráulica muito maior (BORNETTE *et al.*, 2009).

A presença de uma faixa caspariana composta por lignina e/ou suberina na endoderme do caule e das folhas é considerada um isolante hidráulico nesse contexto, preservando a difusão passiva de soluções nutritivas em direção ao aerênquima. Isso sugere que a pressão radicular é a principal força motriz para o transporte de água e nutrientes das raízes aos meristemas apicais. A evolução de grandes aerênquimas em toda a planta ocorreu em resposta à baixa

disponibilidade de oxigênio subaquático, melhorando o fluxo fotossintético de oxigênio dos brotos até as raízes enterradas em sedimentos anóxicos e para a rizosfera adjacente (BOEDELTE *et al.*, 2004).

Os processos de competição são observados nas comunidades de macrófitas. Em ambientes terrestres, a principal variável que influencia a competição pela luz é o tamanho das plantas, ou qual está intimamente relacionado com a biomassa vegetal (TILMAN, 1982). Em habitats aquáticos, a capacidade de acesso à luz não está diretamente vinculada ao tamanho das plantas, mas sim à sua habilidade de produção de folhas flutuantes ou emergentes. Assim como, o tamanho das plantas não está propriamente associado à sua biomassa, uma vez que órgãos submersos (por exemplo, folhas) apresentam custos de construção inferiores em comparação com os órgãos flutuantes (TITUS; SULLIVAN, 2001). Como resultado, espécies com formas de crescimento muito distintas são consideradas dominantes em termos de competição, como espécies flutuantes e espécies altas com folhas flutuantes (BORNETTE *et al.*, 1994).

Os níveis de nutrientes desempenham um papel crucial na incidência, composição e diversidade das comunidades de plantas aquáticas. À medida que a concentração de fósforo, por exemplo, aumenta, observa-se a predominância de espécies flutuantes, incluindo diversas invasoras como *Eichhornia crassipes* (Mart.) e micrófitas, superando as espécies submersas. Entretanto, em lagos eutróficos rasos com a mesma concentração de fósforo, a dominância pode variar entre o fitoplâncton, resultando em alta turbidez, ou com macrófitas, proporcionando águas relativamente claras (SCHEFFER *et al.*, 1993).

4 METODOLOGIA

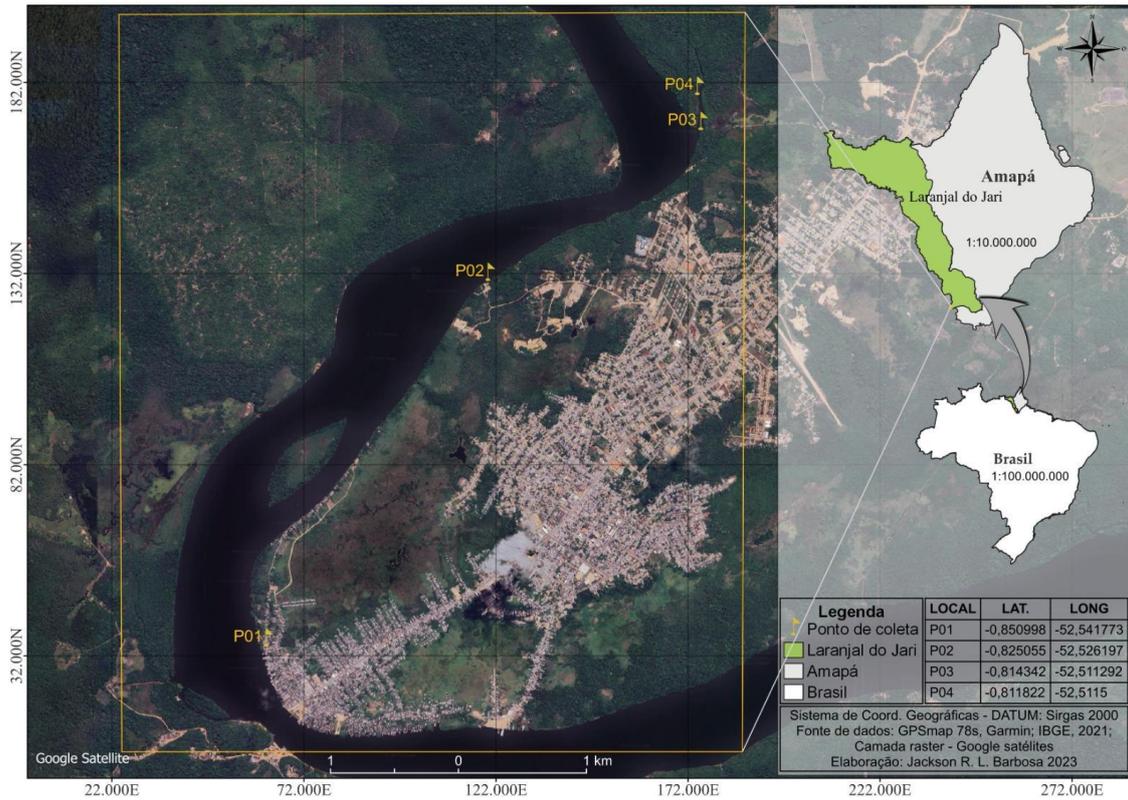
4.1. Área de estudo e amostragem

O presente estudo foi realizado em um trecho do baixo curso do Rio Jari, localizado na área do município de Laranjal do Jari, sul do Amapá, o qual foi criado pela Lei Federal N° 7.639, de 6 de dezembro de 1987 (PORTAL GOVERNO DO AMAPÁ, 2015). A cidade de Laranjal do Jari está situada a 320 quilômetros da capital Macapá e o acesso é pelo chamado eixo sul da BR-156, também sendo possível o acesso fluvial pelo baixo Rio Jari. Com uma área de 31.170,3 km² população estimada em 45.712 habitantes (PORTAL GOVERNO DO AMAPÁ, 2015).

O relevo na parte sul do município, caracteriza-se por uma faixa de planície amazônica, sujeita a inundações periódicas, predominando o clima tropical chuvoso, com temperatura que varia de 32° a 23° C, apresentando duas estações distintas, uma estação seca (setembro a novembro) e a outra chuvosa (março a maio) (SOUZA; CUNHA, 2010; ZEE, 2008).

A coleta de dados foi realizada em um trecho de aproximadamente 6,5km no baixo curso do rio Jari no mês de abril de 2023, período chuvoso na região. Para amostragem de macrófitas, foram selecionados quatro pontos ao longo do trecho rio (Figura 4). O ponto 1 se situa em uma área do rio em frente à cidade, onde recebe diretamente o esgoto urbano, exercendo influência na vegetação circundante. O ponto 2 está localizado em frente a um balneário, em uma entrada de rio mais rasa. Já os pontos 3 e 4 estão situados no Joari, local desprovido de populações humanas, embora apresente impactos relacionados à pesca e desmatamento, influenciando a dinâmica local (Figura 5).

Figura 4 – Mapa de localização dos pontos de amostragem em relação à cidade de Laranjal do Jari.



Fonte: Jackson R. L. Barbosa (2023).

Figura 5 - Em (A) o primeiro ponto (P1) localizado em frente à cidade; em (B) o segundo ponto (P2) localizado em frente ao balneário; em (C) e (D) o terceiro (P3) e quarto ponto (P4) localizado em uma abertura do rio Jari.





Fonte: Chaves e Matos, 2023.

Em cada ponto, foram estabelecidas três parcelas de 1m², distantes entre si no mínimo 3 metros, segundo a metodologia de Thomaz *et al.* (2004), totalizando 12 parcelas. A delimitação das parcelas foi feita com o auxílio de um quadrado medindo 1m x 1m feito de canos PVC (Figura 6).

Figura 6 - As parcelas foram delimitadas em quadrados de 1m² feitos de cano PVC.



Foto: Darley Matos, 2023.

As espécies ocorrentes nas parcelas foram identificadas inicialmente através do nome popular e para confirmação da identificação foram feitas exsicatas de ramos férteis ou não férteis coletados dos indivíduos e, posteriormente, foram enviados para o Herbário Amapaense (HAMAB) localizado em Macapá. As espécies foram identificadas segundo o sistema de classificação APG IV.

Foi contabilizada a abundância ou número de indivíduos por espécie em cada parcela. Para isto, foi considerado como sendo “indivíduo”, o indivíduo genético para espécies unitárias, e foram contabilizados os clones para espécies modulares, caso fosse possível. As espécies também foram fotografadas para acervo.

4.2. Atributos funcionais

Foram coletadas cinco folhas de cada indivíduo das parcelas, sem sinais de doenças ou danos, as quais foram reservadas em sacolas plásticas e guardadas em um recipiente térmico para preservar a umidade.

No mesmo dia, no laboratório de Florestas do Instituto Federal do Amapá (Ifap), foi medida primeiramente a espessura foliar (cm) com auxílio de um paquímetro digital. Em seguida, as folhas foram fotografadas no celular através de um *App* de escaneamento. As fotografias foram utilizadas para calcular a área foliar (cm²) no *software* Image J 1.46 livre para download em <https://imagej.net/ij/download.html>. Logo após fotografadas, as folhas ainda túrgidas foram pesadas (g) numa balança de precisão digital para obter o peso úmido. As amostras foliares de cada indivíduo foram enviadas para secagem durante três dias a 70° C em estufa. Após secas, as folhas foram pesadas em balança de precisão para obter o peso seco foliar (Figura 7).

Seguindo o protocolo de Pérez-Harguindeguy *et al.* (2013), os atributos foliares mensurados para este estudo foram: espessura foliar (cm), área foliar (cm²), área foliar específica (cm²/g) e conteúdo de matéria seca foliar (g/g) (Tabela 1).

Figura 7 - Medição de atributos funcionais foliares das macrófitas aquáticas coletas. **6.A:** Amostras foliares sendo medida com o uso de um paquímetro digital. **6.B:** Amostras sendo fotografadas e digitalizadas em scanner do *software* Imaje J. **6.C:** Amostra foliares úmidas sendo pesadas na balança de precisão mínima (0,001 g). **6.D:** Amostras sendo secadas a 70° C em estufa; e **6.E:** Amostras sendo pesadas para adquirir peso seco (g).





Fonte: Darley Matos, 2023.

Tabela 1 - Lista de atributos funcionais medidos seguindo o protocolo de Pérez-Harguindeguy *et al.* (2013).

Atributos	Abrev.	Definição e unidade	Processo ecológico
Área foliar	LA	Área do limbo foliar (cm ²)	Relacionado ao equilíbrio hídrico, captação de luz e trocas gasosas.
Espessura folia	LT	Espessura da lâmina foliar entre nervuras (cm)	Relacionado a resistência à danos físicos, déficit hídricos e eficiências na aquisição e uso de recursos.
Área foliar específica	SLA	Área foliar/ massa seca foliar (g/cm ²)	Taxa de crescimento relativo, fotossintética e capacidade de fixação de nitrogênio.
Conteúdo de matéria seca	LDMC	Massa seca/massa úmida (g/g)	Vida útil foliar, resistência a danos, vida útil foliar e produtividade.

Fonte: Adaptado de Matos, 2018.

4.3 Variáveis físico-químicas da água

Para análise físico-química da água foi coletada uma amostra de água do rio em cada parcela, utilizando um balde, retirado e armazenado em recipiente de 500 ml, esterilizado e rotulado. As amostras de água foram guardadas em baixa luminosidade e temperatura (KASPER, 2015) para análise dos parâmetros físico-químicos (pH, turbidez, temperatura e condutividade) no laboratório de química do Instituto Federal do Amapá - Campus Laranjal do Jari, utilizando os equipamentos Turbidímetro, Phmetro e Condutivímetro.

4.4 Análise de dados

Para analisar as estratégias funcionais ou combinação de atributos funcionais de espécies de macrófitas nas parcelas foi feita uma Análise de Componentes Principais (PCA), que é uma técnica de redução de dimensionalidade que auxilia a simplificar conjuntos de dados complexos, preservando a variabilidade mais importante. É uma análise multivariada que verifica inter-relações de um grande número de variantes com o intuito de sintetizar suas informações, identificar e remover correlações entre variáveis, criando novas variáveis chamadas de componentes principais.

Foram feitas correlações de Pearson para verificar a existência de *trade-offs* ou o grau de associação positiva ou negativa entre atributos funcionais. A correlação de Pearson é uma medida estatística que quantifica a relação linear entre duas variáveis contínuas.

Para verificar se a composição e abundância de espécies de macrófitas estão relacionadas aos atributos funcionais e variáveis físico-químicas da água foi feita uma análise multivariada de ordenação NMDS (*Nonmetric Multidimensional Scaling*) – Escalonamento Multidimensional Não-métrico, usando como medida de distância o índice de correlação. O objetivo do NMDS é apenas ordenar as observações apenas nas suas similaridades, ou seja, observações mais similares são mais próximas entre si um gráfico bidimensional produzido. A proximidade não é diretamente proporcional à distância das observações, por isso se trata de um método não métrico.

Para adequabilidade da ordenação foi considerado valores de *STRESS* (*Standard Residuals Sum of Squares*) entre 0% (ajuste perfeito) a 20% (ajuste razoável) (FÁVERO *et al.* 2009). Todos os dados das análises obtidas foram feitos no *Software* - Paleontological Statistics (PAST 4.13) (HAMMER *et al.*, 2001).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas 15 espécies de macrófitas aquáticas, distribuídas em 11 famílias botânicas, sendo as mais representativas Poaceae e Fabaceae. Não foi possível identificar três espécies (sendo duas gramíneas e uma herbácea). O modo de vida predominante entre as espécies foi a emergente, seguido de flutuantes (Tabela 2).

Tabela 2 - Modo de vida, família botânica, nome científico, nome popular e parcela encontrada das macrófitas aquáticas amostradas nesse estudo.

Modo de vida	Família botânica	Espécie	Nome popular	P1	P2	P3	P4
Emergente	Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i> L.	Dormideira		1		
Anfíbia	Lamiaceae	<i>Hyptis</i> sp.	Flor girassol			1	
Emergente	Lythraceae	<i>Cuphea melvilla</i> Lindl.	Cuphea				5
Emergente	Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i> sp.	Caruru		1		
Emergente	Fabaceae	<i>Machaerium lunatum</i> (L.f.) Ducke	Cortiça				1
Emergente	Poaceae	<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees	Capim-rabo-de-gato			1	
Emergente	Poaceae	<i>Louisiana elephantipes</i> (Nees ex Trin.) Zuloaga	Canarana		3		1
Emergente	Poaceae	<i>Paspalum repens</i> R.G. Bergius	Gramma mato-grosso	3			2
Emergente	Poaceae	<i>Steinchisma laxum</i> (Sw.) Zuloaga	Não registrado		2	1	
Enraizada	Cyperaceae	<i>Cyperus blepharoleptos</i> Steud.	Capim-de-capivara		1		61
Enraizada	Araceae	<i>Montrichardia arborescens</i> (Arruda) Schott	Aninga		1		
Flutuante livre	Azollaceae	<i>Azolla</i> sp.	Árvore de natal				65
Flutuante livre	Salviniaceae	<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	Orelha-de-onça			12	160
Flutuante livre	Pontederiaceae	<i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth	Aguapé	3	4	4	2

Subarbusto terrícola	Acanthaceae	<i>Ruellia brevifolia</i>	Pingo de sangue	3
Total				6 29 19 298

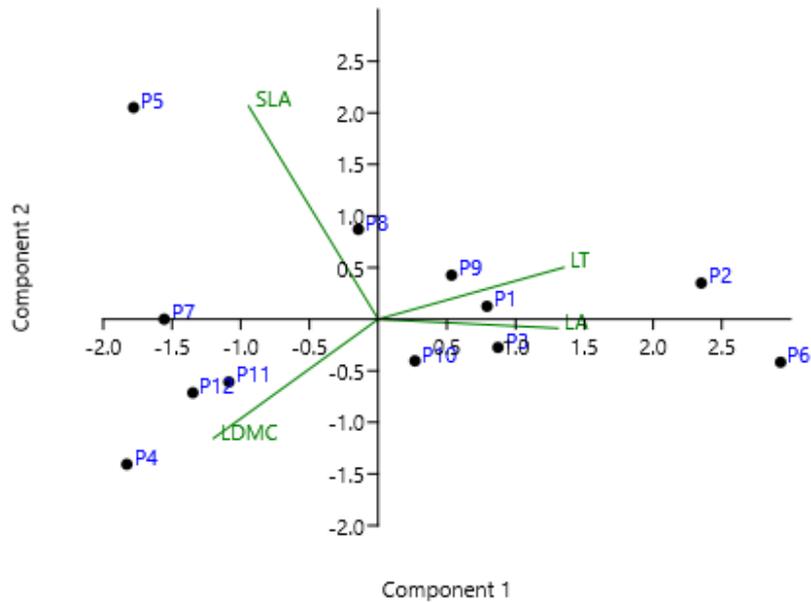
A espécie generalista *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth foi comum aos quatro pontos de coleta e, por ser uma espécie clonal, apresentou alta cobertura de biomassa nas parcelas (Figura 5 ac), e ocorre frequentemente em ambientes ricos em nutrientes, devido sua vantagem competitiva em relação a outras espécies (BEYRUTH, 1992; POTT; POTT, 2000).

A espécie *Salvinia auriculata* Aubl., *Azolla* sp. e *Cyperus blepharoleptos* Steud. se destacaram pela maior abundância principalmente no ponto 4. *S. auriculata* é uma espécie de pteridófita que em condições favoráveis se dissemina muito rápido por propagação vegetativa, possui alta taxa de crescimento e é considerada uma bioindicadora de poluição em ecossistemas (ESTEVES, 1988); *Azolla* sp. é uma espécie de pteridófita encontrada em águas calmas, que apresenta simbiose com uma alga fixadora de nitrogênio, sendo também sensível a adição de fósforo no ambiente; *C. blepharoleptos* é uma espécie caracterizada por sua preferência por habitats úmidos, como margens de rios e áreas pantanosas, encontrada, frequentemente com *Eichhornia azurea* (Sw.) Kurth.

O modo de vida emergente foi predominante entre as macrófitas identificadas no trecho do rio Jari, o que geralmente é observado nos levantamentos de estudos em áreas de grande riqueza e diversidade de espécies, provavelmente porque as emergentes conseguem se adaptar em ambientes aquáticos e terrestres (IRGANG; GASTAL JR, 1996).

A componente 1 e 2 da Análise de Componentes Principais (PCA) produzida com a média de atributos de indivíduos por parcela capturou 63,43% e 19,44% da variação total, respectivamente. As parcelas do lado negativo da componente 1 se destacaram por apresentar maior área foliar específica (SLA) e conteúdo de matéria seca foliar (LDMC), enquanto que aquelas do lado positivo apresentaram maior espessura foliar (LT) e área foliar (LA). Já na componente 2, o lado positivo do eixo teve parcelas com indivíduos de maior área foliar específica (SLA) e espessura foliar (LT), enquanto o lado negativo se destacou por parcelas com maior média de conteúdo de matéria seca (LDMC) e área foliar (LA).

Figura 8 - Análise de Componentes Principais (PCA) mostrando as correlações entre as parcelas e os atributos funcionais.



Fonte: Autor, 2023.

Houve uma forte correlação negativa entre a espessura foliar (LT) e conteúdo de matéria seca foliar (LDMC) ($r = -0.657$; $p \leq 0,05$), ou seja, folhas mais espessas tendem a possuir menos massa seca. Além disso, espessura foliar foi correlacionada positivamente à área foliar (LA), indicando que à medida que a área foliar das macrófitas aumenta, há uma tendência de aumento na espessura foliar ($r = 0,69$, $p \leq 0,05$) (Tabela 3). Este resultado mostrou que existe um *trade-off* entre tamanho/espessura foliar e quantidade de massa foliar na comunidade de macrófitas analisadas neste estudo, isto confirmado também pelo padrão mostrado na PCA (Figura 8).

Tabela 3 - Valores dos coeficientes de correlação de Pearson (r) resultantes das associações entre as médias de atributos funcionais em parcelas. Correlações significativas $P(\alpha) \leq 0,05$ estão marcados com asterisco e negrito (*).

	LT	LA	SLA	LDMC
Espessura foliar (LT)				
Área foliar (LA)	0.69023*			
Área foliar específica (SLA)	-0.39257	-0.45456		
Conteúdo de matéria seca foliar (LDMC)	-0.65768*	-0.5298	0.26166	

Fonte: Autor (2023)

Indivíduos de macrófitas que investem em folhas grandes apresentam maior espessura

devido ao mesofilo foliar apresentar grande quantidade de parênquima aerífero ou lacunas de ar, isto justifica a alta correlação positiva entre espessura e área foliar. Essa característica é típica de plantas com adaptações para fluabilidade em ambientes aquáticos (BITTENCOURT, 2018). Neste caso, a espessura não é resultado de um maior empilhamento de células no mesofilo que faria aumentar a quantidade de massa da folha, mas é consequência da presença de parênquima aerífero (COSTA; LIMA, 2007; HARTHMAN, 2019).

Por outro lado, macrófitas de folhas menores podem apresentar maior ou menor quantidade de massa, exibindo estratégias de resistência (maior LDMC) e crescimento (maior SLA), respectivamente (Figura 8). Nesse sentido, folhas pequenas com maior densidade de massa foliar (LDMC) indicam uma estratégia de resistência e conservação de recursos para aumentar a tolerância a estresses ambientais (COSTA *et al.*, 2019). Em contraste, folhas menores com menor densidade de massa (SLA) favorecem uma estratégia de crescimento rápido, aproveitando eficientemente a luz disponível para a fotossíntese, apesar de sua menor área de exposição (ARAÚJO *et al.*, 2021). Essas adaptações são cruciais para a sobrevivência e o sucesso ecológico das macrófitas em ambientes aquáticos variáveis.

O eixo 1 e 2 da NMDS (Figura 9), que mostra a relação existente entre a composição e abundância de macrófitas com as variáveis físico-químicas da água e atributos funcionais, capturou 50,8% e 23,6% da variação de dados, respectivamente ($STRESS = 17,42\%$).

O eixo 1 negativo mostrou as parcelas 1 a 6 (Ponto 1 e 2) representadas por espécies (*E. azurea*, *M. arborescens*, *P. repens* e *L. elephantipes*) que ocorreram em locais com maior condutividade e apresentaram em média maior limbo foliar (LA) e maior espessura foliar (LT). A maior condutividade da água, geralmente é indicativa de maior concentração de sais dissolvidos e pode favorecer a ocorrência e abundância das espécies citadas, pois estas plantas podem ter desenvolvido mecanismos adaptativos para lidar com ambientes mais salinos ou ricos em nutrientes. Essas condições podem ser particularmente favoráveis para essas espécies, oferecendo uma vantagem competitiva sobre outras que não toleram bem altas condutividades (DE SOUZA, 2020).

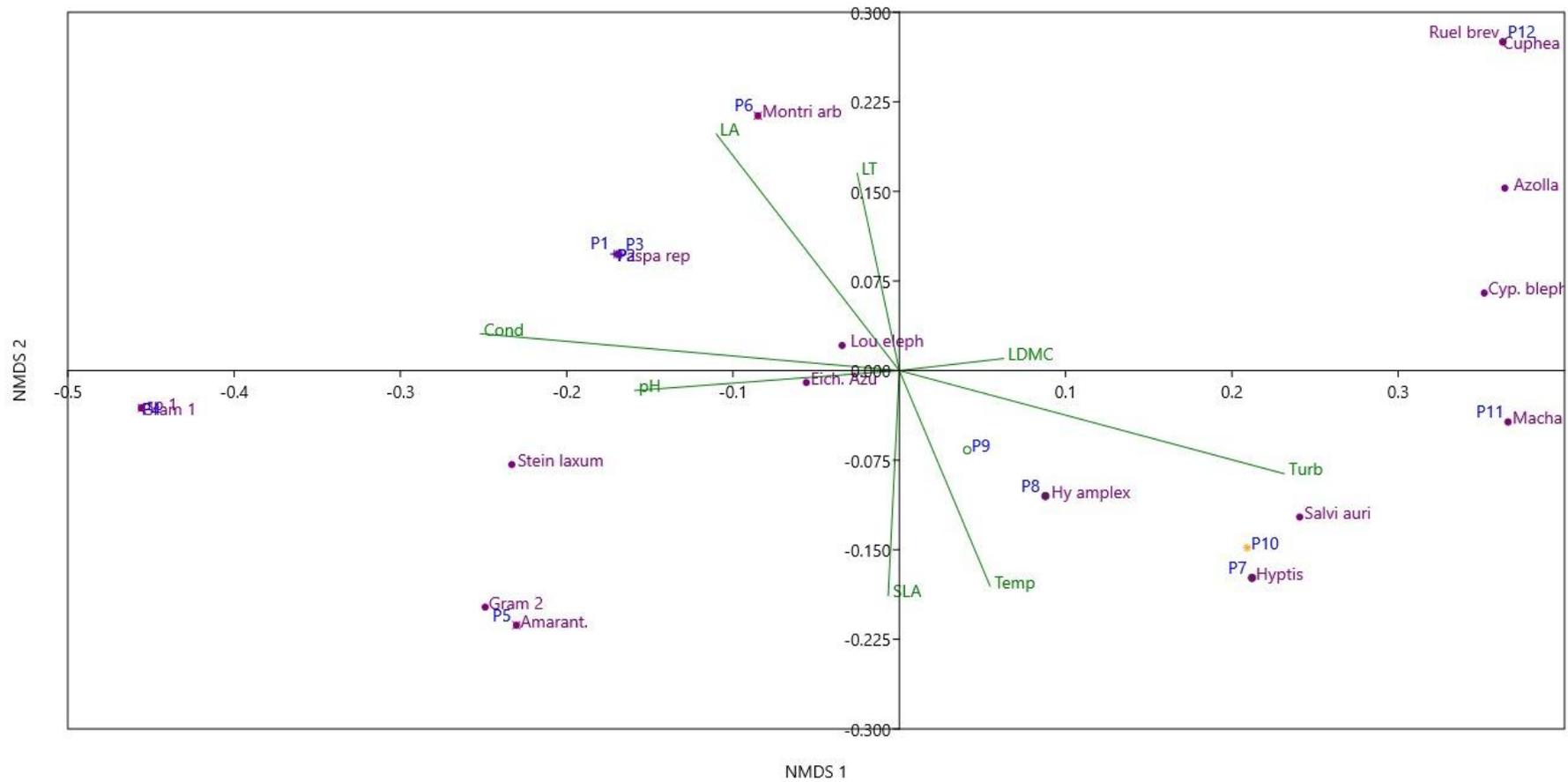
Em se tratando da relação entre maior espessura e área foliar com a condutividade, folhas com maior limbo (LA) e maior espessura (LT) podem ser adaptações para maximizar a eficiência da fotossíntese e a gestão de recursos hídricos em ambientes com alta condutividade. Uma maior área foliar aumenta a superfície para a absorção de luz, enquanto uma maior espessura pode ajudar na retenção de água, proteção contra o estresse salino e melhorar a eficiência no uso da água (DE SOUZA, 2020). Além disso, as características específicas dessas espécies, como a capacidade de regular o equilíbrio osmótico em ambientes com concentrações

maiores de sais, podem confirmar esses resultados. Tais adaptações permitem que essas plantas mantenham suas funções fisiológicas em condições que seriam desfavoráveis para outras espécies, explicando sua prevalência em locais com maior condutividade (MORAES; ALMEIDA, 2002).

O eixo 2 positivo da PCA agrupou as parcelas de 7 a 12 (Ponto 3 e 4) representadas por espécies como *Machaerium*, *Cuphea*, *Azolla*, *C. blepharoleptos* e *Ruelia* caracterizadas por apresentarem alta abundância e maior quantidade de massa foliar (LDMC) e *Hyptis*, *Salvinia* e *H. amplexicaules* em águas apresentando maior turbidez e temperatura (PINZÓN-TORRES; SCHIAVINATO, 2008; GUIMARÃES; STONE, 2008). O eixo em questão mostrou uma variação na quantidade de massa entre as espécies, lado superior positivo apresentou espécies com maior quantidade de massa seca (LDMC), espessura (LT) e área foliar (LA) e o lado inferior negativo mostrou espécies com maior área de exibição de massa (área foliar específica - SLA) (*H. amplexicaules*, *Hyptis*, *Salvinia*, *Amaranthus* e *S. laxum*) (PINZÓN-TORRES; SCHIAVINATO, 2008; GUIMARÃES; STONE, 2008).

Nesse sentido, as espécies encontradas em águas com alta turbidez e temperatura, como evidenciada por Pinzón-Torres e Schiavinato (2008) e Guimarães e Stone (2008), exibem uma notável adaptação ao ambiente através de uma maior área foliar específica (SLA). Locais com grande turbidez aumenta o crescimento de certas plantas, aí vem à competitividade de sobrevivência por mais captura de luminosidade, o que faz com que as espécies que vivem nessas áreas aumentem a área foliar (GUIMARÃES; STONE, 2008). Além disso, a elevada temperatura da água favorece o metabolismo destas plantas, acelerando a fotossíntese e o crescimento. A combinação destes fatores ambientais com a estratégia de maior área foliar específica (SLA) facilita um crescimento mais rápido, permitindo que estas espécies não só sobrevivam, mas também prosperem em ambientes aquáticos desafiadores.

Figura 9 - Ordenação produzida com o índice de Correlação com dados de ocorrência das espécies, atributos funcionais e variáveis físico-químicas da água. Parcelas mais próximas são mais semelhantes quanto à composição e abundância das espécies.



Fonte: Autor, 2023.

A análise de ordenação NMDS confirmou o *trade-off* entre tamanho/espessura foliar e quantidade de massa foliar na comunidade de macrófitas analisada, porém apresentando o padrão de acordo com a abundância e as variáveis físico-químicas da água. A hipótese deste estudo encontrou suporte nos resultados obtidos, pois foram observadas duas estratégias distintas de crescimento (macrófitas de folhas grandes e espessas em água com maior condutividade, e aquelas com maior área de exibição de massa (SLA) em água com maior turbidez e temperatura) e de resistência ou conservação de recursos (macrófitas que apresentam maior quantidade de massa seca nas folhas).

Este estudo realizado no baixo curso do rio Jari revela aspectos significativos sobre a ecologia das macrófitas aquáticas, destacando-se a sua resposta às variações físico-químicas e a influência humana no ambiente. A predominância de espécies como *Eichhornia azurea* e *Paspalum repens* (planta infestante), particularmente em áreas próximas à urbanização (em frente à cidade) confirma as observações de Esteves (1988) sobre a capacidade de crescimento destas plantas a ambientes alterados pela ação humana, incluindo aqueles ricos em nutrientes devido à poluição.

Já a presença em abundância de *Salvinia auriculata* observada principalmente no Joari (ponto 3 e 4) local onde há intervenção humana, devido à pesca e desmatamento, está relacionado a maior turbidez na água, que pode ser reflexo de um maior crescimento de microalgas e macrófitas, pois nestes pontos foi encontrada maior riqueza de espécies de macrófitas formando verdadeiros amontoados à beira do rio (Figura 5 cd).

A distribuição e abundância das macrófitas, como indicado por Pérez-Harguindeguy *et al.* (2013), podem ser fortemente influenciadas por fatores ambientais, o que se alinha com os achados deste estudo. As macrófitas emergentes e flutuantes, por exemplo, demonstram uma capacidade de adaptação notável às condições variáveis do rio Jari, particularmente durante o período chuvoso. Esta adaptação pode ser atribuída às suas características morfofisiológicas, que lhes permitem sobreviver e prosperar em condições de inundação e alterações na qualidade da água.

A relação observada entre as variáveis físico-químicas da água e a presença de macrófitas específicas sugere uma ligação direta entre a saúde do ecossistema do rio e a qualidade da água. Este vínculo é crucial, pois as macrófitas desempenham um papel significativo no equilíbrio ecológico, servindo como bioindicadoras da qualidade da água, conforme destacado por Thomaz e Bini (2003) e Santos e Boina (2017). A capacidade dessas plantas de refletir as condições ambientais é fundamental para entender a dinâmica ecológica do rio Jari, especialmente diante dos crescentes impactos humanos.

Este fenômeno, mencionado por Lambers *et al.* (2008) e Pérez-Harguindeguy *et al.* (2013), evidencia a complexidade e a adaptabilidade das macrófitas em resposta a um ambiente em constante mudança. As plantas, ao adaptarem suas estratégias de crescimento e conservação de recursos, demonstram um equilíbrio entre a aquisição e a conservação de recursos, o que é fundamental para a sobrevivência em ambientes variáveis.

A compreensão das respostas e adaptações das macrófitas aquáticas em um cenário de mudanças ambientais rápidas e intensas é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão e conservação dos ecossistemas aquáticos. Estes esforços são importantes para garantir a sustentabilidade desses ambientes vitais, tanto para a biodiversidade quanto para as comunidades aquáticas que deles dependem.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo confirmam a hipótese de que a comunidade de macrófitas aquáticas do trecho do rio Jari analisado, exibem diferentes estratégias funcionais na aquisição de recursos, formando *trade-offs* de crescimento *versus* conservação de recursos entre indivíduos para coexistir em ambiente com variação nas condições físico-químicas da água. A adaptação de estratégias de crescimento e conservação de recursos em macrófitas é fundamental para a sobrevivência em ambientes variáveis.

Neste estudo, a comunidade de macrófitas analisada apresentou mais estratégias de crescimento do que estratégias de conservação de recursos. A presença predominante de espécies como *Eichhornia azurea* e *Paspalum repens* especialmente em frente à cidade, confirma a capacidade de multiplicação destas plantas em ambientes poluídos e modificados pela atividade humana.

A associação direta entre as características físico-químicas da água e a presença específica de macrófitas destaca a importância dessas plantas como bioindicadores da qualidade da água. A capacidade das macrófitas em refletir as condições ambientais é fundamental para compreender a dinâmica ecológica do rio Jari diante dos crescentes impactos humanos.

Estes resultados também são importantes para o manejo e conservação dos ecossistemas aquáticos, o que auxilia na restauração ou manutenção da biodiversidade no ecossistema. Outro aspecto elementar é a realização de estudos em longo prazo para monitorar as estratégias ecológicas de macrófitas sob a influência da sazonalidade de precipitação e mudanças climáticas. Isso permitiria avaliar os efeitos das intervenções de gestão e das alterações ambientais sobre essas comunidades, proporcionando uma base de dados robusta para a tomada de decisões informadas e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ADLER, P.B.; FAJARDO, A.; KLEINHESSELINK, A.; KRAFT, N.J.B. **Trait-based tests of coexistence mechanisms**. *Ecology Letters*, v. 16, p. 1294–1306, 2013.
- ALMEIDA, S. S.; AMARAL, D. D.; SILVA, A. S. L. **Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico**. *Acta amazônica*, v. 34, p. 513-524, 2004.
- ARAÚJO, A. M.; COELHO, C. A.; GIACOMIN, L. L. I Simpósio De Biodiversidade, **Conservação e Uso Sustentável De Plantas, Algas e Fungos Amazônicos**. 2021.
- BEIRUTE, Zuleika. **Macrófitas aquáticas de um lago marginal ao rio Embu-mirim, São Paulo, Brasil**. *Revista de saúde pública*, v. 26, p. 272-282, 1992.
- BITTENCOURT, Valmir Luiz. **Potencial ornamental de macrófitas aquáticas do Rio Grande do Sul**. 2018.
- BOEDELTE, GER *et al.* **Fenologia de dispersão de plantas hidrocórias em relação à descarga, tempo de liberação de sementes e flutuabilidade das sementes: o conceito de pulso de inundação apoiado**. *Revista de Ecologia*, v. 92, n. 5, pág. 786-796, 2004.
- BORNETTE, G. *et al.* **Efeito de processos halogênicos nas taxas sucessionais em antigos canais de rios**. *Jornal de Ciência da Vegetação* 5: p. 237–246, 1994.
- BRITO, D. C. B. **Aplicação do sistema de modelagem da qualidade da água qual 2KW em grandes rios: o caso do alto e médio rio Araguari-AP**. 2008. 152 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Amapá/UNIFAP, Macapá, 2008.
- BUZELLI, Giovanna Moreti; CUNHA-SANTINO, Marcela Bianchessi da. **Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP**. *Revista Ambiente & Água*, v. 8, p. 186-205, 2013.
- CALAÇA, Analice Maria; GRELLE, Carlos Eduardo Viveiros. **Diversidade funcional de comunidades: discussões conceituais e importantes avanços metodológicos**. *Oecologia Australis*, v. 20, n. 4, p. 401-416, 2016.
- CARPENTER, S. R.; LODGE, D. M. **Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes**. *Aquatic. Bot.*, v. 26, p. 341-370, 1986.
- CHAPIN, F. S. *et al.* **Consequences of changing biodiversity**. *Nature*, v. 405, p. 234-242, 2000.
- COELHO NETO GOMES, Miguel. **Estudo da composição das comunidades de macrófitas aquáticas em dois lagos amazônicos**. 2019.
- COOK, C.D. *et al.* **Plantas aquáticas do mundo: um manual para identificação dos gêneros de macrófitas de água doce**. Springer Science & Business Media, 1974.

- CORNELISSEN, J.H.C. *et al.* **Handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide.** Australian Journal of Botany, v. 51, p. 335-380, 2003.
- COSTA, Elaine Aparecida Dias da. *et al.* **Análise ecofisiológica da macrófita aquática *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. no reservatório do Iraí-Pinhais, PR.** 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- COSTA, Lana Cristina Oliveira da; LINS, Alba Lúcia Ferreira. **Aspectos morfo-anatômicos de *Marsilea deflexa* A. Braun, uma contribuição taxonômica.** 2007.
- ABREU, C. H. M.; DA CUNHA, A. L. **Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari-AP: Revisão descritiva.** Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota), v. 5, n. 2, p. 119-131, 2015.
- OLIVEIRA, Cristina Silva de. **Estrutura e distribuição espacial dos geoambientes na paisagem entre a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Serra Negra e o Parque Estadual do Ibitipoca.** Boletim Goiano de Geografia, v. 36, n. 3, p. 521-538, 2016.
- SOUZA, Danilo Diego de. **Adaptações de plantas da Caatinga.** Oficina de Textos, 2020.
- DELARIVA, R. L. *et al.* **Ichthyofauna associated to aquatic macrophytes in the Upper Paraná River floodplain.** R. UNIMAR, supl.3, p. 41-60, 1994.
- DONOVAN, L. A.; MAHERALI, H.; CARUSO, C. M.; HUBER, H.; KROON, H. **The evolution off worldwide leaf economics spectrum.** Trends in Ecology & Evolution 26: 88-95. 2011.
- SANTOS, Francine Manrique Canhizares dos; DE OLIVEIRA BOINA, Welliton Leandro. **Bioindicadores: utilização de macrófitas aquáticas para avaliação de ambientes lacustres.** In: Colloquium Vitae. ISSN: 1984-6436, p. 23-27, 2017.
- DUARTE, C. M.; PLANAS, D.; PEÑUELAS, J. **Macrophytes, taking control of an ancestral home.** In: MARGALEF, R. Limnology now: a paradigm of planetary problems. Amsterdam: Elsevier. p. 59-79, 1994.
- EDP JARI. ECE **Participações Jari. Estudo de Impactos Ambientais - EIA.** Santo Antônio do Jari - UHE. Ecology Brasil. 2324-00- EIA-RL-0001-01. 2009.
- ENGELHARDT, K.A.M. & RITCHIE, M.E. **Effects of macrophyte species richness on wetland ecosystem functioning and services.** Nature 411: p. 687-689, 2001.
- EPE. **Estudos de Inventário Hidrelétrico: Relatório Final.** Bacia Hidrográfica do Rio Jari – PA/AP. AAI – Avaliação Ambiental Integrada. Vol. 1 / 2. 2011.
- ESTEVES, F. A. (Org.). **Fundamentos de limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência. p. 790, 2011.

- ESTEVEES, F.A. & CAMARGO, A.F.M. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e clivagem de nutrientes. *Acta Limnol. Bras.* 1(1):273-298. 1986.
- ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª Edição, Interciência, Rio de Janeiro, p.602, 1988.
- ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência,
- FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; DE SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de Dados: Modelagem Multivariada para Tomada de Decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- FERREIRA, E.; ZUANON, J.; FORSBERG, B.; GOULDING, M.; BRIGLIA-FERREIRA, S. R. **Rio Branco: Peixes, Ecologia e Conservação de Roraima**. Biblos, 2007. p. 201.
- GILLISON, A. N. 2013. Plant functional types and traits at the community, ecosystem and world level. In: VAN der MAAREL, E.; FRANKLIN, J. **Vegetation Ecology**. 2nd ed. Wiley BlackWell. p. 347-386.
- GONÇALVES, M. A. *et al.* **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. 2012.
- GOPAL, B. **Water hyacinth**. Amsterdam: Elsevier, 471 p, 1987.
- GOPAL, B. **Water Hyacinth Netherlands, Elsevier Science Publishers B.V.** 1987.
- GRIME, J. P. **Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects**. *Journal of Ecology*, v.86, p. 902–910, dec. 1998.
- GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. **Métodos de avaliação das condições hídricas das plantas**. 2008.
- HALLER, W. T.; SUTTON, D.L. **Efeito do pH e alta concentração de fósforo no crescimento do aguapé**. 1973.
- HAMMER, O.; HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. PAST: **Paleontological Statistics software package for education and data analysis**. *Palaeontol. Electronica* v. 4, p. 1-9, 2001.
- HARTHMAN, Vanessa Carvalho *et al.* Morfoanatomia da raiz, caule e folha de *pistia stratiotes* L. *SaBios-Revista de Saúde e Biologia*, v. 14, n. 2, p. 42-47, 2019.
- IBGE (2007): **Contagem da população**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 29 de julho de 2023.
- IRGANG, Bruno Edgar; JÚNIOR, Gastal; DE SENNA GASTAL JR, Cláudio Vinícius. **Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS**. UFRGS, 1996.
- JUNK, W.J. 1989. **Flood tolerance and tree distribution in central Amazonian floodplains**. In: HOLM-NIELSEN, L.B.; NIELSEN, I.C. & BALSLEV, H. (eds.). *Tropical Forests: botanical dynamics, speciation and diversity*. New York, pp. 47-64.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. **Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants.** In: JUNK, W. J. (Ed.). *The Central Amazon floodplain* The Central Amazon floodplain The Central Amazon floodplain The Central Amazon floodplain The Central Amazon floodplain: Ecological Studies. Berlin: Springer, 1997. p. 147-185.

JUNK, Wolfgang J. **Aspectos gerais da ecologia de várzea com especial referência às várzeas amazônicas.** In: *A várzea da Amazônia Central: ecologia de um sistema pulsante.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1997. p. 3-20.

JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; CANDOTTI, E. **Água no Brasil: excesso, escassez e problemas crescentes.** *Ciência Hoje*, p. 53:52-53, 2014.

JUNK, Wolfgang J. *et al.* **Definição e classificação das Áreas Úmidas (AUs) brasileiras: base científica para uma nova política de proteção e manejo sustentável.** Classificação e delineamento das Áreas Úmidas Brasileiras e de seus macrohabitats. Cuiabá: INCT-INAU-EdUFMT, p. 13-76, 2014.

JUNK, Wolfgang Johannes; FURCH, Karin. **Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes.** Parte I: Trecho Cuiabá-Porto Velho-Manaus. *Acta amazônica*, v. 10, p. 611-633, 1980.

KASPER, N. **Biomonitoramento para avaliação do potencial genotóxico das águas do Arroio Clarimundo do município de Cerro Largo, RS, Brasil.** 2015. 26 pp. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Cerro Largo, Curso de Graduação em Ciências Biológicas - Licenciatura, Cerro Largo, 2015.

KRAFT, N.J.B.; VALENCIA, R.; ACKERLY, D. Functional traits and niche-based tree community assembly in an Amazonian forest. *Science*, v. 322, p. 580-582, 2008.

KRUPEK, Rogério Antônio; BRANCO, Ciro Cesar Zanini; PERES, Cleto Kaveski. **Variação sazonal de alguns parâmetros físicos e químicos em três rios pertencentes a uma bacia de drenagem na região centro-sul do Estado do Paraná, Sul do Brasil.** *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 30, n. 4, p. 431-438, 2008.

LOPES, Aline; PIEDADE, Maria Teresa Fernandez. **Conhecendo as áreas úmidas amazônicas: uma viagem pelas várzeas e igapós.** Editora INPA, 2015.

MACEDO, C. C. L. **Heterogeneidade espacial e temporal das águas superficial e das macrófitas aquáticas do Reservatório Paiva Castro (Mairiporã – SP- Brasil).** 2011. p. 124. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Sorocaba, 2011.

MACARTHUR, Robert H. **Padrões de diversidade de espécies.** *Revisões biológicas*, v. 40, n. 4, pág. 510-533, 1965.

MATOS, D. C. L. **Diversidade funcional da comunidade de árvores em florestas inundadas na Amazônia oriental.** 2018. p. 20. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

MATOS, Darley Calderaro Leal; FERREIRA, Leandro Valle; CARLUCCI, Marcos Bergmann. Estratégias funcionais de *Macrolobium angustifolium* (Benth.) RS Cowan para coexistir em florestas inundadas na Amazônia oriental. **Revista Espacios**, v. 39, p. 1-16, 2018.

MARINHO, Tatiana Andreza da Silva; PAULA, Joana D'Arc de; RÍOS-VILLAMIZAR, Eduardo Antonio; SCHÖNGART, Jochen. **Tipos de Áreas Úmidas Amazônicas**. In: Conhecendo as áreas úmidas amazônicas: uma viagem pelas várzeas e igapós. Manaus: Editora INPA, p.33-40, 2015.

MORAES, Cristiano Pedroso de; ALMEIDA, Marcílio de. **Fenologia e anatomia dos órgãos reprodutivos de *Catsetum fimbriatum* lindley cultivados sob diferentes intensidades luminosas**. Mestrado na área de concentração fisiológica e bioquímica das plantas. Piracicaba, 2002

MOURA JÚNIOR, E. G. **O grande rio-barragem do reservatório de Sobradinho afeta a composição florística, riqueza e formas biológicas das macrófitas aquáticas?** Rodrigues, v. 62, n.4, p. 731-742, 2011.

MOURA, M. A. M; FRANCO, D. A. S; MATALLO, M. B. **Manejo integrado de macrófitas aquáticas**. Divulgação Técnica Biológica. p. 77-82, 2009.

NAKATANI, K.; BAUMGARTNER, G.; CAVICCHIOLI, M. **Ecologia de ovos e larvas de peixes**. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: EDUEM/Nupélia, p. 281-306, 2007.

NURMINEN, Leena; HORPPILA, Jukka. Life form dependent impacts of macrophyte vegetation on the ratio of resuspended nutrients. **Water Research**, v. 43, n. 13, p. 3217-3226, 2009.

OLIVEIRA, Wittmann, A., Piedade, M.T.F., Wittmann, F. & Parolin, P. **Germination in four low-várzea tree species of Central Amazonia**. Aquatic Botany 86(3): 197-203, 2007.

PAROLIN, P. *et al.* **Seed germination and early establishment in 12 tree species from nutrient-rich and nutrient-poor Central Amazonian floodplains**. Aquatic Botany 70: p. 89-103, 2001b.

PEDRALLI, G. Macrófitas aquáticos: técnicas e métodos de estudos. **Estudos de Biologia**, v. 26, n. 1, p. 5-24, 1990.

PEDRO, F.; MALTCHIK, L.; BIANCHINI JR, I. **Hydrologic cycle and dynamics of aquatic macrophytes in two intermittent rivers of the semi-arid region of Brazil**. Brazilian Journal of Biology, v. 66, p. 575-585, 2006.

PEREIRA, M. S.; SOUZA, F. O.; SILVA, A. M.; OLIVEIRA, J. A. (2010). **Composição florística e fenológica de espécies arbóreas de floresta de Igapó na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Rio Negro, Amapá, Brasil**. In Congresso Nacional de

Pesquisa e Ensino em Engenharia (CONNEPI), 14., Macapá, AP. Anais do CONNEPI. Macapá: IF-AP.

PÉREZ-HARGUINDEGUY N.; DÍAZ, S.; *et al.* New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 61, n. 3, p. 167-234, 2013.

PIEIDADE, M. T. F.; LOPES, A.; DEMARCHI, L. O.; JUNK, W.; WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J. & CRUZ, J. D. **Guia de campo de herbáceas aquáticas: várzea Amazônica**. 2018.

PIEIDADE, MTF, *El al.*, 2010, **Aquatic herbaceous plants of the Amazon floodplains: state of the art and research needed**, Acta Limnologica Brasiliensia, 2: 165-17.

PINZÓN-TORRES, Javier Alberto; SCHIAVINATO, Marlene Aparecida. **Crescimento, eficiência fotossintética e eficiência do uso da água em quatro espécies de leguminosas arbóreas tropicais**. Hoehnea, v. 35, p. 395-404, 2008.

PODGAISKI, Luciana Regina; DE SOUZA MENDONÇA JR, Milton; DE PATTA PILLAR, Valério. **O uso de atributos funcionais de invertebrados terrestres na ecologia: o que, como e por quê?** Oecologia Australis, v. 15, n. 4, p. 835-853, 2011.

POMPÊO, M. **Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas**. Oecol. Bras., v. 12, n. 3, p. 406-424, 2008.

POORTER, L., BONGERS, F. **Leaf functional traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species**. Ecology, p. 1733-1743, 2006.

PORTAL GOVERNO DO AMAPÁ. Disponível em: <https://www.portal.ap.gov.br/conheca/la-ranjal-do-jari>. Acesso em 26/03/2023.

PORTAL AMAZONAS DO AMAPÁ. Disponível em: <https://portaldoamazonas.com/>. Acesso em: 07/06/2023.

POTT, Vali Joana; POTT, Arnaldo. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Corumbá: Embrapa-CPAP, 2000.

PRANCE, Ghilleen T. **A terminologia dos tipos de florestas amazônicas sujeitas a inundação**. Acta amazônica, v. 10, p. 499-504, 1980.

QUEIROZ, José Antônio Leite de. **Estrutura e dinâmica em uma floresta de várzea do Rio Amazonas no Estado do Amapá**. 2008.

RASCIO, Nicoletta. **The underwater life of secondarily aquatic plants: some problems and solutions**. Critical Reviews in Plant Sciences, v. 21, n. 4, p. 401-427, 2002.

REICH, P.B. **The world-wide 'fast-slow' plant economics spectrum: a traits manifesto**. Journal of Ecology, 102, 275-301, 2014.

- ROSADO, B.H.P; MATTOS, E.A. **Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil.** Acta botânica brasílica, v. 21, p. 741-752, 2007.
- ROZENENTE, Caroline *et al.* **Macrófitas aquáticas do parque municipal do Iguazu, Paraná, Brasil.** Revista UNIANDRADE, v. 22, n. 1, p. 38-47, 2021.
- SÁ DE OLIVERA, J. C. **Ecologia da ictiofauna e análise ecossistêmica das áreas de influência direta da HUE Coaracy Nunes, Ferreira Gomes - AP.** Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará-UFPA, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ecologia Aquática e Pesca. 234 p. 2012.
- SALA, O. E., W, J. PARTON, L. LAUENROTH. **Primary production of the Central Grassland Region of the United States.** Ecology 69(1): p. 40-45, 1988.
- SALO, J. *et al.*: **River dynamics and the diversity of Amazon lowland forest.** Nature 322: p. 254-258, 1986.
- SAND-JENSEN, K. **Influence of submerged macrophytes on sediment composition and near-bed flow in lowland streams.** Fresh. Biol., v. 39, n. 4, p. 663-679, 1998.
- SANTAMARÍA, L. 2002. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-heterogeneity in a stressful environment. **Acta Oecologia.** 23: 137-154.
- SANTOS, Michelle *et al.* **Efeito de parâmetros físico-químicos da água na composição e riqueza de espécies de macrófitas aquáticas em áreas com palafitas em Laranjal do Jari, Amapá, Brasil.** 2022.
- SCHEFFER, M.; HOSPER, S. H.; MEIJER, M. L.; MOSS, B; JEPPESEN, E. **Equilíbrios alternativos em lagos rasos.** Tendências em Ecologia e Evolução 8: p. 175–279, 1993.
- SCHÖNGART, Jochen *et al.* **Padrões de crescimento da madeira de *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth. (Fabaceae) em florestas amazônicas de águas negras e de águas brancas.** Oecologia, v. 454-461, 2005.
- SCHULZ, M.; KOZERSKI, H.; PLUNTKE, T.; RINKE, K. **The influence of macrophytes on sedimentation and nutrient retention in the lower river Spree.** Water Research, v. 37, p. 569-578, 2003.
- SCREMIN-DIAS, E.; POTT, V. J.; DA HORA, R. C.; SOUZA, P. R. **Nos jardins submersos da Bodoquena.** Campo Grande: Editora da UFMS, 1999. p. 160.
- SILVEIRA, J. S. **Aspectos hidro climatológicos da Bacia do Rio Jari no período de 168 a 2012.** Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Fundação Universidade Federal do Amapá, Curso de Ciências Ambientais. Macapá, p. 59, 2014.
- THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; (2003) **Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil.** In: Thomaz SM & Bini LM. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Ed. da Universidade Estadual de Maringá, Maringá. p. 341, 2003.

TILMAN, D. **Competição de Recursos e Estrutura Comunitária**. Princeton: Princeton University Press, 1982.

TILMAN, D. **The Ecology of Communities: Conceptual Foundations and Empirical Progress**. Princeton: University Press, v.2, 2006.

TITUS, J. E; SULLIVAN, P. G. **Heterofilia no nenúfar amarelo, *Nuphar variegata* (*Nymphaeaceae*): efeitos de CO₂, tipo de sedimento natural e profundidade da água**. American Journal of Botany 88: p. 1469-1478, 2001.

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, JEM. **Reservatórios e bem-estar humano: novos desafios para avaliar impactos e benefícios na região neotropical**. Revista Brasileira de Biologia. v. 68, p. 1133-1135, 2008.

VIOLLE, C. *et al.* **Let the concept of trait be functional**. Oikos, v. 116, p. 882-892, 2007.

VOLTZ, J. **Reservoirs and nature a contradiction**. J. Water Suppl. Res. Technol., v. 44, p. 30-34, 1995.

WESTOBY, M.; WRIGHT, I. J. **Land-plant ecology on the basis of functional traits**. Trends in Ecology and Evolution. Sydney, v. 21, n. 5, p. 261-263, 2006.

WESTOBY, Mark. **A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme**. Plant and soil, v. 199, p. 213-227, 1998.

WITTMANN, F. & OLIVEIRA WITTMANN, A.: **Use of Amazonian floodplain trees**. In: JUNK, W.J., PIEDADE, M.T.F., WITTMANN, F., SCHÖNGART, J. & PAROLIN, P. (eds.): Central Amazonian floodplain forests: Ecophysiology, biodiversity and sustainable management. Ecological Studies, Vol. 210, Springer Verlag, Dordrecht, Heidelberg, London, New York: p. 389-418, 2010.

WITTMANN, F. *et al.* **Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote-sensing techniques**. Journal of Tropical Ecology 18: p. 805-820, 2002.

WITTMANN, F., SCHÖNGART, J., MONTERO, J.C., MOTZER, M., JUNK, W.J., PIEDADE, M.T.F., QUEIROZ, H.L. & WORBES, M.: **Tree species composition and diversity gradients in white-water forests across the Amazon Basin**. Journal of Biogeography 33: p. 1334-1347, 2006.

WITTMANN, F.: **Tree species composition and diversity in Brazilian freshwater floodplains**. In: PAGANO, M. (ed.): Mycorrhiza: Occurrence and role in aquatic and riparian environments. Nova Science, New York: p. 223-263, 2012.