

Influência da qualidade da água sobre as comunidades de macrófitas aquáticas em áreas sob alagamento de Laranjal do Jari, Amapá, Brasil



Influence of water quality on aquatic macrophyte communities in floodable areas of Laranjal do Jari, Amapá, Brazil

□ Michelly de Souza Santos
Instituto Federal do Amapá, Brasil
chelly.sv20@gmail.com

id Darley Calderaro Leal Matos
Instituto Federal do Amapá, Brasil
darley.matos@ifap.edu.br

id Salustiano Vilar Costa Neto
Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do
Amapá, Brasil
salucostaneto@gmail.com

id André Bacelar Rodrigues
Instituto Federal do Amapá, Brasil
andre.rodrigues@ifap.edu.br

Revista Presença Geográfica
vol. 10, núm. 3, 2023
Fundação Universidade Federal de Rondônia, Brasil
ISSN-E: 2446-6646
Periodicidade: Frecuencia continua
rpgeo@unir.br

Recepção: 16 Outubro 2023
Aprovação: 29 Novembro 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/274/2744786007/>

Resumo: O município de Laranjal do Jari, Amapá, possui grandes áreas alagáveis sob palafitas com altos índices de poluição devido aos despejos domésticos. Isto provoca mudanças na qualidade da água que podem influenciar na ocorrência de macrófitas aquáticas. Este estudo objetivou avaliar a influência dos parâmetros físicos e químicos da água na composição, riqueza e porcentagem de cobertura de macrófitas aquáticas em áreas alagáveis embaixo de palafitas em Laranjal do Jari. Para isso, foram marcados 10 pontos no sentido beira do rio ao continente, sendo cada ponto estabelecido três parcelas de 1m², na qual foram identificadas as espécies e as parcelas fotografadas para estimar porcentagem de cobertura. Amostras de água foram coletadas em cada ponto para análise da água em laboratório. Foram identificadas 15 espécies de macrófitas, destas *Eichornia crassipes* (57,33%), *Pistia stratiotes* (55%), *Limnocharis flava* (40%) e *Limnolobium laevigatum* (31,2%) apresentaram maior porcentagem de cobertura. Não houve relação entre as variáveis da água e o número de espécies nos pontos amostrados. Os valores de fósforo e condutividade estão acima do esperado, mas o nitrogênio está dentro dos padrões de qualidade. A Análise de Correspondência Canônica (CCA) indicou um gradiente formado pela concentração de fósforo e nitrogênio, com maior porcentagem de cobertura de espécies bioindicadoras (*Eichornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Limnolobium laevigatum*); a presença de fósforo e maior turbidez, pH e condutividade afetou negativamente a porcentagem de cobertura de outras espécies em todos os pontos. Conclui-se que gradiente fósforo-nitrogênio encontrado pode indicar a ação de macrófitas bioindicadoras em absorver as cargas de poluentes do ambiente.

Palavras-chave: Áreas úmidas, Composição de espécies, Macrófitas bioindicadoras, Parâmetros físico-químicos.

Abstract: The municipality of Laranjal do Jari, Amapá, has large stilt housing areas built in floodable zones with high levels of pollution due to domestic waste disposal. This causes changes in water quality that can influence the occurrence of

aquatic macrophytes. This study aimed to analyze the effect of physical and chemical parameters of the water on the composition, richness and percentage of coverage of aquatic macrophytes in flooded areas of Laranjal do Jari. To do this, 10 points were marked from the riverbank to the mainland. Three 1-m² plots were established in each point and the species in these plots were identified and photographed to estimate the percentage of coverage. Water samples were collected at each point for analysis in the laboratory. Fifteen species of macrophytes were identified. Among them, *Eichornia crassipes* (57.33%), *Pistia stratiotes* (55%), *Limnocharis flava* (40%) and *Limnobium laevigatum* (31.2%) presented the highest percentage of coverage. There was no relationship between water variables and the number of species at the sampled points. Phosphorus and conductivity values were above expectations, but nitrogen was within quality standards. A Canonical Correspondence Analysis (CCA) indicated a gradient formed by the concentration of phosphorus and nitrogen, with a higher percentage of coverage of bioindicator species (*E. crassipes*, *P. stratiotes* and *L. laevigatum*); the presence of phosphorus and greater turbidity, pH and conductivity negatively affected the percentage of coverage of other species at all points. It is concluded that the phosphorus-nitrogen gradient found may indicate the action of bioindicator macrophytes in absorbing loads of pollutants from the environment.

Keywords: Bioindicator Macrophytes, Physicochemical parameters, Species composition, Wetlands.

INTRODUÇÃO

As áreas úmidas são definidas como aquelas periodicamente inundadas pelo transbordamento lateral de rios ou lagos e/ou pela precipitação direta ou pelo afloramento do lençol freático (Junk et al. 1989). São encontradas em todos os biomas do Brasil, onde podem abranger centenas de milhares de quilômetros quadrados. As áreas alagadas ao longo de grandes rios com diferenças na qualidade de água podem ser classificadas em águas brancas (várzeas), águas pretas e claras (igapós) (Lopes; Piedade, 2015).

Na região norte, o estado do Amapá, apresenta extensas áreas úmidas conhecidas localmente como áreas de ressaca, que são terrenos quaternários com capacidade de reservar águas naturais sob a influência dos efeitos das marés e do ciclo sazonal das chuvas (Portilho, 2010). A biota nestes ambientes responde aos fatores abióticos destes locais e sofrem adaptações morfológicas, anatômicas, fisiológicas e etológicas, gerando estruturas específicas e características dessas comunidades (Junk et al., 1989).

Nos últimos anos, os ecossistemas aquáticos de áreas úmidas amazônicas sofreram alterações significativas devido a diversos impactos ambientais advindos de atividades humanas e expansão urbana, como o lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento adequado (Goulart; Callisto, 2003).

Na Amazônia, esses impactos ocorrem principalmente em cidades no qual as populações vivem sobre palafitas no leito de rios, e são frequentes em áreas tropicais e equatoriais de alto índice pluviométrico (Portal Amazônia, 2022). Laranjal do Jari, município ao sul do estado do Amapá, é exemplo dessa formação às margens do rio Jari. As habitações foram construídas sob a água do rio em áreas de ressaca, porém como se trata de um tipo de moradia precária, as populações que vivem nelas sofrem com a falta de saneamento básico ocasionado pela ausência de políticas públicas. Isso gera grande nível de poluição na água oriundo dos despejos domésticos, atingindo o ecossistema aquático presente na região.

Essa contaminação direta ao corpo d'água aumenta a poluição química desenvolvendo potencialmente a toxicidade, à presença de sabor e odor desagradável, aumento da turbidez da água devido ao aumento de carga orgânica, liberação de gases como metano, gás sulfídrico, amônia graças à decomposição anaeróbia que ocorre no fundo dos corpos hídricos (Köse, Kivanç, 2011). A concentração dos nutrientes em efluentes provoca ainda variações acentuadas no pH, responsáveis por grande mortalidade de peixes e desequilíbrios ambientais (Beveridge et al., 1991), podendo influenciar, assim, na ocorrência e abundância de macrófitas aquáticas nesses locais.

As macrófitas aquáticas têm diversas funções nos ecossistemas, entre elas a de absorver o excesso de nutrientes e poluentes da água (Hegel; Melo, 2016). “São plantas que apresentam grande capacidade de adaptação e amplitude ecológica, habitando ambientes variados de águas doce, salobra e salgada, ambientes de água estacionária e corrente” (Moura; Franco; Matallo, 2009, p. 77). São fundamentais para o perfeito equilíbrio do ecossistema aquático, mantendo o controle da poluição e da eutrofização artificial, fornecendo alimento e refúgio para espécies de vertebrados e invertebrados, reduzindo a turbulência das águas e, consequentemente, sedimentando os materiais em suspensão (Esteves; Camargo, 1986; Moura; Franco; Matallo, 2009).

No bioma amazônico, as águas dos rios apresentam elevado teor nutricional, o que favorece o crescimento de diversas espécies de macrófitas, como a caranana (*Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc), espécie emergente presente em beiras de rios e lagos; o mururé (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms), espécie que é encontrada em todo o mundo e serve de abrigo e alimento para peixes e aves na Amazônia; a salvinia (*Salvinia auriculata* Aubl.), de tamanho reduzido, capaz de se reproduzir com grande facilidade; e a alface d'água (*Pistia stratiotes* L.), que habita preferencialmente águas paradas e com grande concentração de matéria orgânica, sendo ainda mais beneficiada pela grande quantidade de luz solar (Lopes et. al, 2016).

Outras espécies encontradas são o arroz-de-pato (*Oryza glumaepatula* Steud.), que ocorre com maior frequência em áreas de inundação, e o lodo (*Utricularia foliosa* L.), que é mais comum em águas paradas ou pouco correntes, em rios e em áreas de inundação. A aninga (*Montrichardia linifera* (Arruda) Schott) é uma espécie que ocorre nas margens de rios, lagos e em áreas alagadas durante a maior parte do ano, tanto na várzea quanto no igapó, assim como a vitória-régia (*Victoria amazonica* (Poepp.) J.E.Sowerby), que, apesar de apresentar folhas flutuantes, suas raízes são fixas ao substrato (Lopes et. al, 2015).

As alterações ambientais podem afetar a distribuição, a abundância e a riqueza de espécies de plantas aquáticas, especialmente aquelas que estão relacionadas às características da água e do substrato, incluindo as propriedades físicas e químicas, como a concentração de nutrientes na água e no sedimento, a luminosidade e as flutuações hidrológicas (Leung, 2005). A disponibilidade de nutrientes na água regula a produtividade primária em ambientes de água doce, e isto influencia no crescimento de macrófitas, pois cada espécie apresenta capacidade e necessidades diferentes de converter nutrientes em biomassa (Leung, 2005), e isto pode afetar a composição e abundância de macrófitas (Pompêo, 2017).

Embora seja reconhecida a importância ecológica de macrófitas em ecossistemas aquáticos, compreender os padrões e fatores que influenciam a composição, riqueza e abundância destas plantas em ambientes impactados de áreas urbanas é relevante para gestão de recursos hídricos da cidade.

As áreas formadas sob palafitas em cidades amazônicas necessitam de programas de monitoramento e manejo da biota aquática, e até mesmo de saneamento básico, para subsidiar ações que visem o tratamento, funcionamento, controle e fiscalização da qualidade de água, favorecendo assim as populações envolvidas.

Nesse contexto, o presente trabalho visou analisar o efeito dos parâmetros físicos e químicos da água na composição de espécies, riqueza e abundância de macrófitas aquáticas em áreas sob alagamento em Laranjal do Jari/AP. Para isto foi respondida as seguintes perguntas: (a) quais as espécies de macrófitas ocorrem em áreas úmidas sob palafitas em Laranjal do Jari? (b) os parâmetros físico-químicos da água estão de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357/2005 e CETESB (2019)? (c) a variação dos parâmetros da água influencia no número de espécies, composição e abundância de macrófitas aquáticas em áreas alagadas sob palafitas?

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

Este estudo foi realizado em Laranjal do Jari, município situado no sul do Amapá criado pela Lei Federal No 7.639, de 6 de dezembro de 1987 (Portal Governo Do Amapá, 2015); faz fronteira com o estado do Pará, especificamente com Monte Dourado, distrito do município de Almerim (PA), situado às margens do rio Jari. A sua formação ocorreu de forma desorganizada em 1967, como consequência da chegada à região da Companhia Jari Florestal e Agropecuária Ltda do milionário norte americano Daniel Ludwig, atraindo imigrantes de diversas partes do país em busca de melhores condições de vida (Siqueira et al., 2012).

A cidade está a 320 quilômetros da capital e o acesso é feito pelo eixo sul da BR-156, também sendo possível o acesso fluvial pelo rio Jari. Com uma área de 31.170,3 km², possui uma população estimada em 45.712 habitantes (Portal Governo Do Amapá, 2015). Está compreendida nos intervalos das seguintes coordenadas geográficas, latitude (2°30'00" N a - 00°54'30" S) e longitude (-51°55'00" W a -54°53'00" W) (Sobrinho, 2012), com temperatura típica da região amazônica variando entre 24,4°C a 28,2°C, caracterizando assim a região como tropical, segundo a metodologia de Köppen, (Sobrinho, 2012).

A bacia hidrográfica do rio Jari se situa na região amazônica sendo este um importante contribuinte da margem esquerda do Rio Amazonas (EPE, 2011). Apresenta cerca de 57.000 km² de área e ocupa as áreas dos municípios de Almeirim, no estado do Pará, e Laranjal do Jari, Vitória do Jari e Mazagão, no estado do Amapá, fazendo ainda divisa natural com o estado do Pará (EPE, 2011).

A porção inferior ou baixo curso do rio Jari, como parte da bacia, ocupa a planície amazônica e sofre com alterações geradas pelos diversos usos, incluindo a navegação, poluição de efluente urbano e industrial, conjugando ainda atividades de pesca e abastecimento urbano (EDP Jari, 2009).

A área de estudo possui em seu contorno várias ressacas que constituem sistemas físicos fluviais colmatados, drenados por água doce e ligadas a um curso principal d'água, influenciados fortemente pela pluviosidade e possuindo vegetação herbácea (Takiyama et. al, 2012), com habitações feitas de madeira que “são casas, escolas, igrejas, bares, mercados e até matadouros, que se erguem a partir do rio. [...], que fixam suas bases em terreno que, quase ano todo, é leito do rio” (Fernandes Siqueira et. al, 2012), em períodos chuvosos sofrem com o transbordamento lateral do rio Jari (Figura 1).

O trimestre chuvoso nos meses de março, abril e maio é caracterizado pelo total precipitado alcançar 41,6% do acumulado no ano. Os meses de setembro, outubro e novembro apresentam os menores índices de chuva, correspondendo a 7,4% do total precipitado (Sobrinho, 2012). Com o aumento do nível do rio Jari no trimestre chuvoso, muitas famílias ficam desabrigadas, com o alagamento de residências..

FIGURA 1

Áreas alagadas sob palafitas em Laranjal do Jari/AP



Foto: Roberto de Souza, 2022. Fonte: Santos (2022)

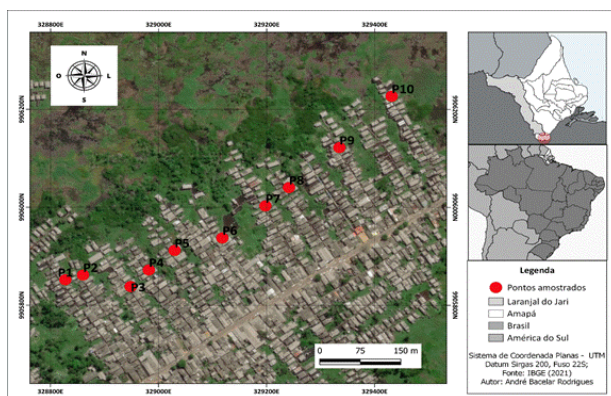
A ausência de políticas públicas efetivas no município de Laranjal de Jari é claramente notada em sua paisagem urbanística, seja pelas palafitas construídas aleatoriamente sem qualquer tipo de segurança na parte baixa da cidade ou pela má organização da parte alta, que não dispõe de infraestrutura adequada (Fernandes Siqueira et al., 2012). Os poluentes que provêm dos produtos de higiene e de limpeza como detergentes, sabão em pó, água sanitária, desinfetantes, xampus, sabonetes dentre outros, e despejo de fezes comprometem a qualidade da água nestas regiões. Outro fator a ser observado é o nível da água, que quando desce, revela as consequências deixadas pelas enchentes, sejam as palafitas ou casas danificadas, o excesso de lixo ou as mudanças nos ecossistemas aquáticos.

Coleta de Dados

A amostragem foi realizada no mês de outubro de 2022, período de baixa precipitação pluviométrica na região. Foram marcados 10 pontos no sentido beira do rio ao continente (Figura 2), em áreas com habitações de palafitas e que sofrem com alagamentos anuais.

FIGURA 2

Distribuição dos pontos de amostragem deste estudo. Fonte: Sistema de coordenadas planas – UTM Datum Sirgas 200



IBGE 2021. André Bacelar, 2022. Fonte: Santos (2022)

Para identificar as macrófitas foram estabelecidas em cada ponto três parcelas de 1m², equidistantes 5 metros cada uma, de acordo com a metodologia de Thomaz et al. (2004). As espécies encontradas na parcela foram fotografadas e identificadas inicialmente com o nome popular e, posteriormente, através da literatura, foi confirmado o nome científico. As espécies que não puderam ser identificadas no momento foram coletadas e enviadas para um taxonomista botânico para que pudessem ser identificadas segundo o sistema de classificação da APG IV.

Para as fotografias, foi utilizada uma câmera fotográfica modelo EOS Rebel T7 EF-S18– 55mm f/3.5–5.6 IS II (Canon), com uma resolução estática efetiva 24MP, 24.1 MP, que foram utilizadas para estimar a porcentagem de cobertura das espécies de macrófitas nas parcelas. Devido à dificuldade para contabilizar o número de indivíduos de macrófitas nas parcelas, pois muitas espécies são clonais, a variável abundância foi contabilizada por meio de estimativa da porcentagem de cobertura (%) das espécies ocorrentes nas parcelas.

Foram coletadas duas amostras de água de cada ponto para análise físico-químicas da água. A coleta foi feita com um auxílio de um aparato (balde comum), esterilizado, amarrado com uma corda e decaído até à água, sendo primeiramente, mergulhados três vezes na água, segundo a metodologia de Kasper et al. (2015), só então a amostra foi retirada e armazenada em recipiente de polietileno de 60 ml, sendo rotulados e preenchidos no momento da coleta (De São, 2011).

Para a preservação, as amostras foram guardadas no escuro e a baixa temperatura. Esse método é amplamente empregado, sendo muito útil como precaução mínima na dúvida sobre a estabilidade da amostra (Derisio, 2017). As amostras de água foram transportadas em caixas térmicas de isopor o que auxiliou na proteção do calor e da luz solar (Kasper et. al, 2015).

As amostras de água foram encaminhadas para o Laboratório de Análises de água, Alimentos e Meio Ambiente situado em Macapá/AP para a obtenção do nitrogênio (N) e fósforo (P) através de espectrofotometria (BRASIL, 2005). A análise dos parâmetros físicos e químicos (pH, turbidez e condutividade elétrica) foram tiradas três medidas para uma média por parcela (Kohatsu et al., 2018) utilizando os equipamentos Phgâmetro, Condutímetro mCA150 e Turbidímetro AP2000 do Laboratório de Química do Instituto Federal do Amapá campus Laranjal do Jari.

Análise de dados

A composição de espécies foi analisada através da listagem das espécies de macrófitas, família botânica, nome popular e científico organizada em uma tabela.

Para avaliar a qualidade da água foi feita a estatística descritiva das variáveis da água coletadas nos pontos de amostragem. Assim, foi possível verificar a distribuição dos dados, o que possibilitou analisar se os valores dos parâmetros físicos e químicos da água estão de acordo com aqueles previstos na Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) e CETESB (2019).

Para verificar a relação entre as variáveis físicas e químicas da água com a riqueza de espécies, foram feitas regressões não lineares, pois os dados não atenderam a uma distribuição normal. Ao contrário da abordagem paramétrica, a estimação não paramétrica é bastante flexível, adaptando-se à amostra de maneira mais efetiva (Cortes, 2010).

Para relacionar a composição de macrófitas e porcentagem (%) de cobertura com as variáveis da água foi feita uma Análise Multivariada de Correspondência Canônica (CCA - Canonical Correspondence) que é comumente aplicada quando se quer comprovar e quantificar duas variáveis, neste caso, relacionar as variáveis de efeito (parâmetros da água) e variáveis respostas (espécies e % cobertura). A técnica é apropriada para variáveis quantitativas e tem sido utilizada principalmente na área ambiental. As regressões e a CCA foram produzidas no Software Past versão 4.13 disponível para download gratuito em <https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/> (Hammer; Harper; Ryan, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição de espécies e qualidade da água

Foram identificadas 15 espécies de macrófitas aquáticas distribuídas em 12 famílias botânicas, sendo as mais representativas: *Araceae* (27,78%), *Hydrocharitaceae* e *Salviniaceae* (14,44%), *Pontederiaceae* (13,33%), *Nymphaeaceae* (12,22%), *Poaceae* (7,78%), *Onagraceae*, *Marantaceae* e *Alismataceae* (2,22%), *Cyperaceae*, *Lentibulariaceae* e *Polygonaceae* (1,11%). As espécies com maior porcentagem de cobertura foram: *Eichhornia crassipes* (57,33%), *Pistia stratiotes* (55%), *Limnocharis flava* (40%), *Limnobium laevigatum* (31,2%), *Nymphaea alba* (27,54%), *Thalia geniculata* (24,5%), *Salvinia auriculata* (22,8%) e *Lemna minor* (16,86%) (Tabela 1).

A maior porcentagem de cobertura de espécies como *Eichhornia crassipes* (57,33%) e *Pistia stratiotes* (55%) se deve ao fato de serem capazes de se multiplicar em diversos tipos de habitats, inclusive os poluídos. Águas poluídas apresentam maior teor de nutrientes como nitrogênio e fósforo, e estas espécies apresentam vantagem competitiva na exploração dos recursos em relação a outras espécies (Esteves, 1988).

Quanto ao modo de vida, as espécies flutuantes foram predominantes (53%), seguido de enraizadas (33%) e emergentes (13%) (Tabela 1). Regiões que sofrem com enchentes e longos períodos de alagamento proporcionam uma grande proliferação das espécies flutuantes e emergentes (Demarchi, 2018).

TABELA 1

Modo de vida, família botânica, nome científico e popular e porcentagem de cobertura das espécies de macrófitas amostradas nesse estudo

Modo de vida	Família botânica	Espécie	Nome popular	Média Cobertura (%)
emergente fixa	Alismataceae	Limnocharis flava (L.) Buchenau	Barata	40
emersa	Polygonaceae	Persicaria lapathifolia (L.) Delarbre	Erva-de-bicho	11
enraizada	Cyperaceae	Cyperus blepharoleptos Steud.	Capim-de-capivara	10
enraizada	Marantaceae	Thalia geniculata L.	Caete	24,5
enraizada com folhas flutuantes	Nymphaeaceae	Nymphaea alba L.	Vitória régia	27,54
enraizada emersa e submersa	Onagraceae	Ludwigia L. sp.	Cruz-de-malta	0,5
enraizada fixa	Poaceae	Brachiaria (Trin.) Griseb. sp.	Capim-da-angola	10,1
flutuante	Pontederiaceae	Eichhornia crassipes (Mart.) Solms	Jacinto d'água (aguapé)	57,33
flutuante fixa	Lentibulariaceae	Utricularia L. sp.	Utricularia	3
flutuante fixa	Onagraceae	Ludwigia helminthorrhiza (Mart.) H. Hara	Ludwigia flutuante	3,9
flutuante livre	Araceae	Lemna minor L.	Lentilha d'água	16,86
flutuante livre	Araceae	Pistia stratiotes L.	Alface d'água	55
flutuante livre	Hydrocharitaceae	Limnobium laevigatum (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Heine	Esponja da Amazônia	31,2
flutuante livre	Salviniaceae	Salvinia auriculata Aubl.	Orelha-de-onça	22,8
flutuantes ou enraizadas	Poaceae	Acroceras zizanioides (Kunth) Dandy	Acroceras zizanioides	1,42

Fonte: Adaptado de Santos (2022)

Não houve relação significativa entre as variáveis físicas e químicas da água analisadas e a riqueza de macrófitas nas parcelas ($P > 0,05$). Este resultado se deve à baixa riqueza de espécies encontradas nas parcelas (de 3 a 6 espécies).

Quanto a análise dos parâmetros da água (Tabela 2), os valores de pH foram próximos de 7,0 em todos os pontos de coleta. Para a turbidez, foram observados valores inferiores a 100 UNT na maioria dos pontos, sendo o ponto 2 o único em desconformidade com a resolução do Conama 357/2005, com concentrações de 54 UNT.

Para os teores de fósforo total (P) o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece os limites de acordo com o ambiente aquático. A concentração para águas Classe 2, por exemplo, é até 0,030 mg/L P em ambiente lântico; até 0,050 mg/L P em ambiente intermediário com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico; e até 0,1 mg/L de fósforo em ambiente lótico (BRASIL, 2005). Nas amostras coletadas os valores se mostraram inconstantes sendo estes acima dos limites considerados pela Resolução 357/2005 do CONAMA para ambos os ambientes mencionados o que sugere uma perturbação ocasionada por fatores externos.

TABELA 2

Valores dos parâmetros físicos e químicos da água por pontos amostragem; os valores para pH, turbidez, nitrogênio (N) e fósforo (P) de acordo com os parâmetros indicados pela resolução 375/05, CONAMA; condutividade e seu respectivo limite dado pela CETESB

Ponto	Parcelas	pH (6,0 a 9,0)	Turbidez (40 NTU)	Condutividade (100 Us/Cma)	N (3,7 Mg/L)	P (0,01 mg/l)
1	1;2;3	7,3	21,5	208,2	2,712	0,05*
2	4;5;6	7,8	54*	468,9	2,826	0,016*
3	7;8;9	7,4	17,4	175,7	0,345	0,045*
4	10;11;12	7,2	11,3	189,7	3,7	0,023*
5	13;14;15	7,32	18,13	159,3	3,7	0,058*
6	16;17;18	7,40	23	285,3	2,826	0,010*
7	19;20;21	6,93	13,03	195,3	2,898	0,068*
8	22;23;24	7,9	4,11	321,9	0,277	0,010*
9	25;26;27	7,28	12,29	176,2	0,01	0,017*
10	28;29;30	7,28	14,36	172,2	0,246	0,010*
Média		7,39	18,62	238,27	1,127	0,031
Mínimo		6,93	4,11	159,3	0,01	0,01
Máximo		7,9	54	468,9	2,898	0,068
Desvio padrão		0,281	13,472	97,63	1453,88	0,022

Fonte: Adaptado de Santos (2022)

* Acima dos padrões estabelecidos

Para as águas continentais o fósforo (P) é o principal fator limitante da produção primária, sendo ainda o principal responsável pela eutrofização por induzir nas espécies vegetais armazenamento de energia e a formação da membrana celular. Nestas águas continentais a faixa de pH mais frequente se situa entre 5 e 8 tornando a concentração de fósforo (P) muito baixa; geralmente abaixo do limite inferior de detecção da maioria dos métodos analíticos atualmente disponíveis (Esteves, 1998), o que para os dados obtidos acima não mostram esse padrão.

Com relação à condutividade, a Resolução do CONAMA 357/2005 não define limites de qualidade para este parâmetro. Contudo, segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2019) os valores de condutividade elétrica deste estudo se mostraram acima dos limites máximos estabelecidos, sugerindo alteração das amostras analisadas associada às descargas de esgotos e à presença de íons dissolvidos na água.

Para o nitrogênio (N), os valores foram em média 1,27mg/LN nos pontos de coleta, o que significa que está dentro dos padrões de qualidade para corpos d'água doces de Classe 2, da Resolução CONAMA 357/05.

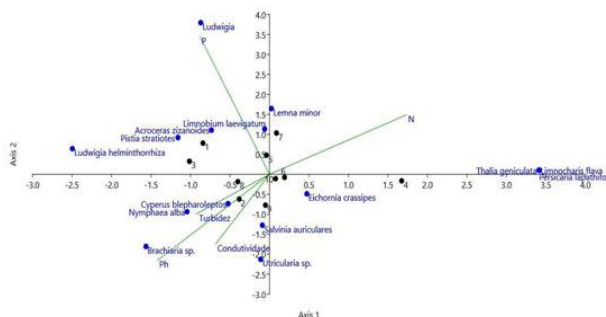
Análise Multivariada

A Análise de Correspondência Canônica CCA (Figura 3) a qual mostrou a relação das variáveis físicas e químicas da água, composição e porcentagem de cobertura de macrófitas, o eixo 1 e eixo 2 totalizou 41,14 % e 36,36% da variação de dados, respectivamente. O lado positivo do eixo 1 mostrou parcelas com maior porcentagem de cobertura das macrófitas (*T. geniculata*, *L. flava*, *P. lapathifolia*, *E. crassipes*, *L. minor*) em água com maior concentração de nitrogênio (N). O lado negativo do eixo 1 apresentou parcelas com maior porcentagem de cobertura das espécies *Ludwigia sp.*, *L. laevigatum*, *A. zizanioides*, *P. stratiotes* e *L. helminthorrhiza* em água com maior concentração de fósforo (P), e espécies com maior porcentagem de cobertura em água com maior turbidez, pH e condutividade (*C. blepharoleptos*, *N. alba*, *Brachiaria sp.*, *Utricularia*, *S. auriculares*).

O eixo 2 da CCA mostrou uma separação clara entre as espécies que apresentam maior porcentagem de cobertura em água com maior concentração de nitrogênio e fósforo (*T. geniculata*, *L. flava*, *P. lapathifolia*, *E. crassipes*, *L. minor*, *Ludwigia sp.*, *L. laevigatum*, *A. zizanioides*, *P. stratiotes* e *L. helminthorrhiza*) (lado positivo do eixo 2), e espécies que apresentam maior porcentagem de cobertura em água com maior turbidez, pH e condutividade (*C. blepharoleptos*, *N. alba*, *Brachiaria sp.*, *Utricularia*, *S. auriculares*, *E. crassipes*).

FIGURA 3

Análise de Correspondência Canônica (CCA), o eixo 1 e 2 abrangeu 41,14% e 36,36% da variação de dados, respectivamente. Em azul, o nome das macrófitas aquáticas; em preto, pontos de coleta; as linhas verdes, os parâmetros físico-químicos da água



Fonte: Santos (2022)

A composição de espécies e porcentagem de cobertura foi determinada no gradiente de disponibilidade de nitrogênio/fósforo e turbidez, condutividade e pH na área estudada.

A composição de macrófitas aquáticas registradas em relação às condições físico-químicas da água revela que cada variável influencia indiretamente sobre as espécies aquáticas, que são capazes de aumentar seu crescimento populacional de acordo com a capacidade adaptativa e de absorção desses nutrientes.

As cinco espécies com maior porcentagem de cobertura em maior concentração de nitrogênio (N) neste estudo são caracteristicamente similares. Parte dos nutrientes absorvidos pelas espécies *Eichhornia crassipes*, *Thalia geniculata* e *Limncharis flava* é acumulado nas raízes (CEMIG, 2021), principalmente em ambientes que sofrem com fluxo hidráulico ocasionado pelas cheias (Esteves, 1998). Em águas eutrofizadas, a decomposição da biomassa vegetal na parte inferior da coluna d'água fixada ao substrato é responsável pelo acúmulo de nitrato, nitrito e, sobretudo nitrogênio amoniacal (Esteves, 1998), as raízes absorvem o nitrogênio e outros nutrientes de partes mais profundas do substrato e torna-o disponível para outras espécies (CEMIG, 2021).

O nitrogênio é elemento básico, sendo a sua participação importante na formação de proteínas (componente básico da biomassa). Quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos (Esteves, 1998). Porém, as concentrações deste elemento em níveis tolerantes nos pontos de coleta podem estar associadas à formação marcante de extensos "tapetes" de macrófitas aquáticas, em especial as espécies *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Limnolobium laevigatum* que apresentaram as maiores porcentagem de cobertura. A redução de nitrogênio nos pontos amostrados se deve principalmente pela assimilação deste elemento pelas macrófitas (Esteves, 1998).

As espécies *Nymphaea alba*, *C. blepharoleptos*, *N. alba*, *Brachiaria sp.*, *Utricularia sp.* foram influenciadas pelas variáveis pH, turbidez e condutividade. O crescimento das espécies do gênero *Nymphaea*, segundo Bornette e Puijalon (2011), está associado à disponibilidade de nutrientes no sedimento. Por serem enraizadas com folhas flutuantes, podem absorver nutrientes tanto da coluna d'água por meio das suas partes aéreas quanto do sedimento através do seu sistema de raiz (Wiersema, 1987; Macedo, 2015). Os fatores abióticos associados a esta espécie como condutividade elétrica, temperatura, clorofila, turbidez, pH e nitrogênio influenciam nos modos de regulação da diversidade e no desenvolvimento das estruturas morfológicas da planta (Juge; Lachavanne, 1992; Macedo, 2015).

A espécie *Brachiaria* sp. mostrou relação próxima a variável pH em ambiente neutro para básico (Ph entre 7,2 a 7,9), apresentando baixa porcentagem de cobertura. Este resultado foi diferente do encontrado por Souza Filho, Veloso e Gama (2000) que afirmam que esta espécie se desenvolve bem onde o pH varia na faixa de 3,5 a 6,5, preferindo ambientes mais ácidos. O fato da espécie se desenvolver em pH neutro a básico pode ter influenciado na baixa porcentagem de cobertura desta espécie no local de estudo.

Outras espécies revelaram tolerância maior com as variáveis de condutividade elétrica, a exemplo de *Utricularia* sp. Os indivíduos desta espécie são confinados a pequenas áreas mais úmidas de uma determinada vegetação e são sensíveis à poluição e mudanças das condições ambientais, agindo como potenciais bioindicadores de saúde ecossistêmica (Jennings; Rohr, 2011).

Entre as espécies melhores competidoras podem-se destacar as espécies *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata*, *Lemna minor*, *Ludwigia helminthorrhiz* e *Pistia stratiotes*. Estas plantas relacionam-se com variáveis distintas na CCA, contudo apresentam similaridades nutricionais. Sob condições ideais de temperatura e intensidade luminosa, adaptam-se com facilidade em ambientes estressantes (Almeida, 2018), incluindo à poluição aquática (Sukumaran, 2013, Das; Goswami; Talukdar, 2014), removendo diversos materiais, dentre eles metais pesados, compostos orgânicos, produtos agrícolas, farmacêuticos e de higiene pessoal, nanomateriais, hidrocarbonetos advindos do petróleo e rejeitos radioativos (Ekperusi; Sikoki; Nwachukwu, 2019), eficientes na remoção do fósforo (Rodrigues et al., 2022) e tolerantes à pH com concentrações iônicas mais elevadas (Esteves, 1998).

A presença marcante da *Pistia stratiotes* nos pontos de amostragem e a tolerância ao fósforo é destacado por Henry-Silva e Camargo (2002) pela espécie ser capaz de absorver altos teores de fósforo. A planta ainda favorece o cultivo no tratamento de efluentes em reservatórios por apresentar potencial para descontaminação de águas contaminadas por componentes orgânicos e inorgânicos.

As áreas alagadas em Laranjal do Jari abrigam ainda um número de espécies menos representativas e com baixa porcentagem de cobertura como a *Cyperus blepharoleptos* sendo consideradas de acordo com Camargo e Ferragut (2014) plantas daninhas. A gramínea foi relacionada à variável turbidez, e alguns estudos mostram que certas espécies com caráter dominante são relacionadas com maior turbidez (Carvalho, 2005).

As variáveis químicas tais como nitrogênio e fósforo são essenciais para a sobrevivência das espécies que regulam as condições do ambiente mantendo-o saudável em muitos aspectos, sendo ainda auxiliados pela dinâmica hidrológica do rio, que também é um fator que indica a retirada de compostos tóxicos das áreas úmidas da cidade e possibilita a sobrevivência de comunidade aquática.

Algumas espécies como *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata* e *Lemna minor* são importantes bioindicadores de qualidade da água. Outras espécies como *Thalia geniculata* são bioacumuladoras, e mantêm em suas estruturas micronutrientes, o que pode proporcionar a sobrevivência de outras espécies menos tolerantes a alguns metais pesados no ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que maior concentração de nitrogênio e fósforo em alguns pontos contribuiu para o aumento de espécies bioindicadoras que aumentaram sua abundância por serem melhores competidoras e tolerantes às diversas variáveis ambientais. Contudo, a concentração de nitrogênio encontrada abaixo dos limites esperados neste estudo pode indicar que espécies de macrófitas tais como *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Limnolobium laevigatum* estão absorvendo com maior eficácia cargas consideradas poluídas.

As variáveis condutividade elétrica, turbidez e pH, aliadas ao aumento do fósforo em todos os pontos influenciaram negativamente a porcentagem de cobertura das espécies *C. blepharoleptos*, *N. alba*, *Brachiaria sp.*, *Utricularia*, já que estas espécies apresentam desvantagem competitiva na obtenção de nutrientes em relação a espécies bioindicadoras.

As espécies com baixa cobertura ou abundância tais como *Ludwigia sp.*, *Brachiaria sp.* e *Utricularia sp.* tem relação com ao fósforo, condutividade elétrica e pH, indicando que estas são influenciadas pelas cargas e não pela abundância das espécies presentes no ambiente.

É necessária a inclusão de outros macronutrientes e micronutrientes na análise para detectar com mais acurácia a organização das comunidades de macrófitas aquáticas ocorrentes sob palafitas em Laranjal do Jari.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DE ALMEIDA, Ana Cristina Roxo. Avaliação do potencial de *Lemna minor* L. como bioindicador de toxicidade em águas residuais. *Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente)* - Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, 2018.
- BEVERIDGE, M. C. M. A quantitative and qualitative assessment from aquatic and animal production. *Aquaculture and water quality*, p. 506-533, 1991.
- BORNETTE G, PUIJALON S. Response of aquatic plants to abiotic factors: a review. *Aquatic Sciences*, v. 73, p. 1-14, 2011.
- BRASIL. *Resolução CONAMA 357*, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. *Manual prático de análise de água*. 2 ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 146 p.
- CARVALHO, Fernando Tadeu et al. Influência da turbidez da água do rio Tietê na ocorrência de plantas aquáticas. *Planta Daninha*, v. 23, p. 359-362, 2005.
- CEMIG. *Macrófitas aquáticas: Caracterização e importância em reservatórios hidrelétricos*. 1 ed. Belo Horizonte, 2021.
- CETESB. Apêndice D. *Índice de Qualidade das Águas*. 2019. <Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Ip%20-%20Significado-Ambiental-e-Sanit%20-%20rio-das-Vari%20-%20veis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf> > Acesso em: 16/01/2023
- CORTES, Renan Xavier. Um estudo comparativo de estimadores de regressões não-paramétricas aditivas: performance em amostras finitas. *Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)* – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso Bacharelado em Estatística, 2010. 71 f.
- CUNHA, Davi Gasparini Fernandes et al. Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005-2009). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, p. 159-168, 2013.
- DEMARCHI, Layon Oreste et al. *Ecologia e Guia de Identificação: Macrófitas Aquáticas do Lago Amazônico*. INPA: Manaus, 2018. 44 p.
- DERISIO, José Carlos. *Introdução ao controle de poluição ambiental*. 5 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2017.
- EDP JARI. ECE Participações Jari. Estudo de Impactos Ambientais - EIA. Santo Antônio do Jari - UHE. *Ecology Brasil*. 2324-00- EIA-RL-0001-01. 2009
- EKPERUSI, Abraham; SIKOKI, Francis D.; NWACHUKWU, Eunice O. Application of common duckweed (*Lemna minor*) in phytoremediation of chemicals in the environment: State and future perspective. *Chemosphere*, v. 223, p. 285-309, 2019.
- ESTEVES, F.A. *Fundamentos de Limnologia*. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1988. 574p.
- EPE. Estudos de Inventário Hidrelétrico: Relatório Final. Bacia Hidrográfica do Rio Jari – PA/AP. *AAI – Avaliação Ambiental Integrada*. Vol 1 / 2. 2011
- FERNANDES SIQUEIRA, Karoline et al. A insistência da população em morar nas palafitas do município de Laranjal do Jari, Amapá. In: *VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*, 2012.
- GOULART, M. D.; CALLISTO, Marcos. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista da FAPAM*, v. 2, n. 1, p. 156-164, 2003.
- HAMMER, Øyvind; HARPER, David AT. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, v. 4, n. 1, p. 1, 2001.

- HEGEL, Carla Grasielle Zanin; MELO, Evanisa Fátima Reginato Quevedo. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água dos arroios da RPPN Maragato. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 9, n. 3, p. 673-693, 2016.
- HENRY-SILVA, Gustavo Gonzaga; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquíicultura. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, v. 24, p. 519-526, 2002.
- JENNINGS, David E.; ROHR, Jason R. A review of the conservation threats to carnivorous plants. *Biological Conservation*, v. 144, n. 5, p. 1356-1363, 2011.
- JUGE, R.; LACHAVANNE, J.B. Patterns and regulation of plant diversity in lacustrine ecotones. Biodiversity in land-inland water ecotones. *Congress of the International Association of Theoretical and Applied Limnology*, Barcelona, Spain. 1992. 308p.
- JUNK, W. J., Bayley, P. B; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences*, v. 106, n. 1, p. 110-127, 1989.
- KASPER, Danielle et al. Metodologia de coleta, preservação e armazenamento de amostras de água para análise de referência - uma revisão. *Química Nova*, v. 38, p. 410-418, 2015.
- KÖSE, T. Ennil; KIVANÇ, Betül. Adsorção de fosfato de soluções aquosas usando casca de ovo calcinada. *Chemical Engineering Journal*, v. 178, p. 34-39, 2011.
- KOHATSU, Marcio Yukihiro et al. Avaliação da fitotoxicidade de águas e sedimentos superficiais da represa Billinigs e de córregos adjacentes por meio de bioensaios com *Sinapis alba*. In: *IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Universidade Federal do ABC*. 2018.
- LEUNG, Roberto. Distribuição de macrófitas aquáticas em relação a variáveis ambientais em ecossistemas lóticos da Bacia do rio Itanhaém. *Tese (Doutorado)* – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2005. 132 f.
- LOPES, Aline; PIEDADE, Maria Teresa Fernandez. *Conhecendo as áreas úmidas amazônicas: uma viagem pelas várzeas e igapós*. Manaus: Editora INPA, 2015.
- MOURA, M. A. M.; FRANCO, D. A. S.; MATALLO, M. B. Manejo integrado de macrófitas aquáticas. *Divulgação Técnica Biológico*, p. 77-82, 2009.
- POMPÊO, Marcelo. *Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros*. São Paulo: Instituto de Biociências da USP. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/9788585658670>.
- PORTAL AMAZÔNIA. *Amazônia de A à Z: Palafitas*. Por Juliana Pinho. 24 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://portalamazonia.com/amazonia-az/palafitas>; Acesso em: 10/10/2022.
- PORTAL GOVERNO DO AMAPÁ. *Conheça o Amapá: Laranjal do Jari*. 2015. Disponível em: <https://www.portal.ap.gov.br/conheca/laranjal-do-jari>; Acesso em 15 de setembro de 2021
- PORTILHO, Ivone dos Santos. Áreas de ressaca e dinâmica urbana em Macapá/AP. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física. II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, 2010.
- SANTOS, Michelly de Souza. Efeito de parâmetros físico-químicos da água na composição e riqueza de espécies de macrófitas aquáticas em áreas sob palafitas em Laranjal do Jari, Amapá, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Laranjal do Jari, Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, 2022. 43 f.
- SOBRINHO, Themístocles Raphael Gomes. Classificação climática conforme a metodologia Köppen do município de Laranjal do Jari/Amapá/Brasil. In: *VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação*. 2012.
- SOUZA FILHO, A. P. S.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. Capacidade de absorção de nutrientes do capim Marandu (*Brachiaria brizantha*) e da planta daninha malva (*Urena lobata*) em função do pH. *Planta daninha*, v. 18, p. 443-450, 2000.

- SUKUMARAN D. Phytoremediation of Heavy Metals from Industrial Effluent Using Constructed Wetland Technology. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, v. 1, n. 5, 92 -97, oct. 2013.
- TAKIYAMA, Luís Roberto, *et. al.* Projeto zoneamento ecológico econômico urbano das áreas de ressacas de Macapá e Santana, estado do Amapá: relatório técnico final. Macapá: IEPA, 2012. ISBN: 978-85-87794-18-5
- THOMAZ, S. M. *et al.* Métodos em Limnologia: Macrófitas Aquáticas. In: BICUDO, C. E. de M.; BICUDO, D. de. C (Orgs.). *Amostragem em Limnologia*. São Carlos: Rima, 2004. 371 p.
- WIERSEMA, John H. A monograph of Nymphaea subgenus Hydrocallis (Nymphaeaceae). *Systematic Botany Monographs*, p. 1-112, 1987.



Disponível em:

[/articulo.oa?id=27447862744786007](#)

Como citar este artigo

Número completo

Mais informações do artigo

Site da revista em [redalyc.org](#)

Sistema de Informação Científica Redalyc
Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe,
Espanha e Portugal
Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no
âmbito da iniciativa acesso aberto

Michelly de Souza Santos, Darley Calderaro Leal Matos,
Salustiano Vilar Costa Neto, André Bacelar Rodrigues

**Influência da qualidade da água sobre as comunidades de
macrófitas aquáticas em áreas sob alagamento de
Laranjal do Jari, Amapá, Brasil**

Influence of water quality on aquatic macrophyte
communities in floodable areas of Laranjal do Jari, Amapá,
Brazil

Revista Presença Geográfica

vol. 10, núm. 3, 2023

Fundação Universidade Federal de Rondônia, Brasil

rpgeo@unir.br

/ ISSN-E: 2446-6646