

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PROGRAMA
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA
JOANA D'ARC LÚCIA DA CONCEIÇÃO DE ALCÂNTARA**

**INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NA ESTRUTURAÇÃO DA
COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM UM SISTEMA DE
RESERVATÓRIOS EM REGIÃO TROPICAL**

**RECIFE
2016**

JOANA D'ARC LÚCIA DA CONCEIÇÃO DE ALCÂNTARA

**INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NA ESTRUTURAÇÃO DA
COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM UM SISTEMA DE
RESERVATÓRIOS EM REGIÃO TROPICAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica – PPGB da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Botânica.

Orientador: Dr. **Ênio Wocyli Dantas**

Coorientador (a): Dra. **Karine Matos Magalhães**

**RECIFE
2016**

A347i Alcântara, Joana D'Arc Lúcia da Conceição de
Influência de fatores ambientais na estruturação da
comunidade de macrófitas aquáticas em um sistema de
reservatório em região tropical / Joana D'Arc Lúcia da Conceição
de Alcântara. – Recife, 2016.
66 f.: il.

Orientador(a): Ênio Wocyli Dantas.
Dissertação (Programa de Pós-graduação em Botânica) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Biologia, Recife, 2016.

Inclui apêndice(s), anexo(s) e referências.

1. Cobertura vegetal 2. Eutrofização 3. Reservatórios
urbanos 4. Botânica I. Dantas, Ênio Wocyli, orientador II. Título

CDD 574

**INFLUÊNCIA DE FATORES AMBIENTAIS NA ESTRUTURAÇÃO DA
COMUNIDADE DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM UM SISTEMA DE
RESERVATÓRIOS EM REGIÃO TROPICAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Botânica.

Dissertação aprovada ____/____/____

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Ênio Wocylí Dantas - UEPB

EXAMINADORES:

Prof. Dra. Ariadne do Nascimento Moura - UFRPE

Prof. Dra. Nísia Karine Cavalcanti Aragão Tavares - UFRPE

Prof. Dr. Thiago Gonçalves Souza - UFRPE

SUPLENTE:

Prof. Dra. Carmen Sílvia Zickel - UFRPE

Dedicatória

À minha família, especialmente às minhas mães Maria Lúcia e Josefa Maria (D. Deca) pelo apoio, e por acreditarem em mim.

Ofereço

Ao meu amado esposo Almy Alcântara, companheiro de todas as horas e meu grande incentivador, por sua força e capacidade de me animar, sempre me encorajando a prosseguir e velando a Deus por minha vida.

"Não tenho palavras pra agradecer tua bondade dia após dia me cercas com fidelidade nunca me deixes esquecer que tudo o que tenho tudo o que sou o que vier a ser vem de ti senhor. Dependo de Ti, preciso de Ti Sozinho nada posso fazer. Nunca me deixes esquecer que tudo o que tenho tudo o que sou o que vier a ser vem de ti senhor."

Ana Paula Valadão

AGRADECIMENTOS

A Deus meu criador e senhor da minha vida, por ter me fortalecido e guiado meus passos nessa jornada.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco por me acolher e me instruir capacitando-me a exercer com dignidade minha profissão.

A FUNESO primeira instituição superior que ingressei, iniciando minha vida acadêmica.

Ao Programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo apoio à realização dessa pesquisa na pessoa de seus coordenadores e a Secretária Kênia Muniz.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa, sem esse apoio financeiro não seria possível a realização dessa pesquisa.

Ao Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio) da Rede Mata Atlântica Eixo Nordeste, Sítio Pernambuco, pelo apoio financeiro e suporte técnico, especialmente a coordenadora Prof^a Dr^a Ana Carolina Borges Lins e Silva.

Ao Herbário Dárdano de Andrade Lima, do Instituto Agrônomo de Pernambuco, em nome de sua curadora Rita de Cássia Pereira e da Eng. Agrônoma Maria Olívia Cano, pelo auxílio na confirmação e identificação das Poaceae e Cyperaceae e tombamento das macrófitas aquáticas.

Ao laboratório de Ficologia taxonomia e ecologia de microalgas sob a coordenação da Professora Dra. Ariadne Moura, pelas análises de clorofila *a*, que foi realizado com o auxílio da Pós-doutoranda Nísia Aragão e da doutoranda Juliana Severiano, muito obrigada.

Ao laboratório de Limnologia da UFRPE sob a coordenação do professor Willian Severi, pelas análises da água, realizada pela técnica Tereza Cristina.

A professora Jozélia Correia, por nos emprestar o barco para a realização das coletas, muito obrigada pela confiança.

Aos queridos professores que fizeram parte de minha vida em algum momento, me ensinando não apenas com palavras, mas principalmente com o exemplo.

Ao Laboratório de Ecossistemas Aquáticos (LEAqua), por me acolherem, e pela oportunidade de aprender que somos mais fortes quando trabalhamos juntos.

Ao meu orientador Ênio Woclyli Dantas, por suas preciosas considerações com contribuições na pesquisa, pelas palavras de incentivo, pela confiança, enfim por todo apoio.

A co-orientadora Prof^a Karine Matos Magalhães por todo apoio desde a época da graduação, por acreditar em meu potencial e me dar a oportunidade de conviver e aprender muito ao seu lado, pela paciência e compreensão.

Ao professor Thiago Gonçalves pela ajuda com as análises estatísticas e o incentivo à leitura.

A equipe de coleta que sempre se revezaram para me apoiar nas incursões à campo, sem vocês esse trabalho não existiria, pois como escrever sobre algo que não foi vivenciado? Meus sinceros agradecimentos a Prof^a Karine que sempre se disponibilizou nas coletas, nos dando todo o apoio necessário, à Ana Paula, Alisson, Silmare Nogueira, Victor Dias, Matheus Felipe, Pedro Coelho, Carlos Alexandre, Márcio Êrico, Ingrid, Lucas, Débora, Gleice, Silmar, Rair, Andrine, à querida amiga Asenate que não foi a campo, mas ficava responsável por providenciar a comida. A Cecília Lima, por sua ajuda com a formatação.

A todas as pessoas que ao longo de minha jornada me ajudaram de alguma forma, seja me acolhendo em suas casas quando não podia voltar para minha residência, por causa da violência, seja me ajudando com os trabalhos escolares, emprestando computador (Edjane) quando ainda não possuía, ou com palavras de incentivo, me deram forças para continuar.

Aos amigos que me acolheram em suas casas para que eu pudesse continuar meus estudos durante o ensino médio, Nena e Iracema, a Dona Maria das Mercês (*in memorian*), nessa época devido à violência do local onde morava, a partir das 17 horas não podíamos sair de casa para não ser assaltados, mas Deus preservou minha vida e colocou pessoas queridas para me ajudar durante a jornada.

A amiga Josiane e seu esposo Elenilton, vocês são muito importantes para mim, pois não chegaria até aqui se não tivesse me indicado o caminho e me recebido em sua casa como uma filha, no meu primeiro período na FUNESO.

Aos amigos de perto e de longe, pelo privilégio de conhecê-los e por serem um verdadeiro presente em minha vida.

A minha amada família, por tudo, pois são minha base, em especial mãe Deca e mãe Maria Lúcia, e ao meu pai (José) *in memorian* por me ensinar desde cedo o valor do trabalho.

Ao meu amado esposo Almy Alcântara, por todo apoio, compreensão, pela parceria e amizade, você é meu grande incentivador, sempre me fortalecendo nos momentos difíceis, intercedendo a Deus por minha vida.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Alcântara, J.D.L.C. Mestrado em Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Fevereiro, 2016. Estruturação da comunidade de macrófitas aquáticas: influência de fatores ambientais em reservatórios em cascata na região tropical. Orientadores: Dr. Ênio Woclyli Dantas, Dra. Karine Matos Magalhães.

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo analisar quais os fatores ambientais são mais significativos para estruturação da comunidade de macrófitas aquáticas, em um sistema de reservatórios localizado em área urbana. Para isto foram levantadas as hipóteses que: Em reservatórios em cascata a estrutura das plantas aquáticas é afetada pela sazonalidade, competição com fitoplâncton, medida pela clorofila *a*, e os nutrientes. A composição de diversos tipos biológicos na comunidade de macrófitas aquáticas está condicionada a diferentes graus de trofia. O estudo foi desenvolvido, em uma área de remanescente florestal, entre outubro de 2014 a julho de 2015, em coletas trimestrais, em quatro reservatórios urbanos inseridos no Parque Estadual de Dois Irmãos, Pernambuco - Brasil. Em cada reservatório foram demarcadas duas parcelas, uma na embocadura e outro na desembocadura, com largura de 5 metros e comprimento igual ao do ecossistema (entre 108 e 350 m). Para a análise visual da cobertura foram empregados os métodos de Braun-Blanquet e Volume de Infestação de Plantas (PVI). No centro de cada transecto foram coletadas amostras de água, para análise de clorofila *a*, amônia, nitrito, nitrato e fósforo total, além de medições da transparência da água com o disco de Secchi, e profundidade com a trena adaptada. As hipóteses foram testadas através de Análise de similaridade de Bray-Curtis, PERMANOVA e Análise de Correspondência Canônica (CCA) . Todos os testes foram rodados no Programa R. Foram inventariadas 56 espécies, onde 90% dos taxa estiveram presentes no reservatório Dois Irmãos (49), Dentro, Meio e Prata apresentaram 34, 19 e 17 taxa, respectivamente. Os ecossistemas apresentaram uma composição distinta, conforme visto na análise de similaridade; Nossos resultados rejeitaram parcialmente uma das hipóteses iniciais, que a estrutura das plantas aquáticas é afetada pela sazonalidade e pelo fitoplâncton sendo, portanto, a estrutura da macroflora mais fortemente influenciada pelos nutrientes. A segunda hipótese foi confirmada, pela existência de tipos biológicos distintos de acordo com a trofia. Portanto, nossos resultados reforçam a teoria de reservatórios em cascata, o fator nutriente foi um dos principais fatores que influenciaram o padrão de cobertura vegetal com submersas em ambientes oligotróficos (montante) e flutuantes em ambientes eutrofizados à jusante.

Palavras-chave: cobertura vegetal, plantas aquáticas, reservatórios urbanos, trofia.

Alcântara, J.D.L.C. Mestrado em Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Fevereiro, 2016. Estruturação da comunidade de macrófitas aquáticas: influência de fatores ambientais em reservatórios em cascata na região tropical. Orientadores: Dr. Ênio Woclyli Dantas, Dra. Karine Matos Magalhães

ABSTRACT

This study aimed to analyze which environmental factors are more significant for the structuring of the macrophytes community, in a system of reservoirs located in urban areas. For this the hypotheses were that: In reservoirs cascade structure of aquatic plants is affected by seasonality, competition with phytoplankton, measured by chlorophyll a and nutrients. The composition of various biological types in the community of aquatic weeds is subject to varying degrees of trophic. The study was developed in an area of remaining forest, from October 2014 to July 2015, in quarterly collections in four urban reservoirs inserted in the State Park of Dois Irmãos, Pernambuco - Brazil. In each reservoir were demarcated two installments, one in the mouth and another in the mouth, with a width of 5 meters and length equal to the ecosystem (between 108 and 350 m). For visual analysis of coverage were employed methods Braun Blanquet and Volume Plants Infestation (PVI). In the center of each transect water samples were collected for analysis of chlorophyll a, ammonia, nitrite, nitrate and total phosphorus, and water transparency measurements with the Secchi disk depth and with the adapted measuring tape. The hypotheses were tested by Bray-Curtis similarity analysis, PERMANOVA and Canonical Correspondence Analysis (CCA). All tests were run in the program R. were inventoried 56 species, where 90% of the taxa were present in the reservoir Dois Irmãos (49) Dentro, Meio and Prata had 34, 19:17 ratio, respectively. Ecosystems showed a different composition, as seen in the analysis of similarity; Our results rejected part of the initial hypothesis, that the structure of the aquatic plants is affected by the seasonality and the phytoplankton and hence the structure of macroflora more strongly influenced by the nutrients. The second hypothesis was confirmed by the existence of different biological types according to trophic. Therefore, our results reinforce the reservoir cascade theory, the nutrient factor was one of the main factors that influenced the pattern of vegetation cover with submerged in oligotrophic environments (upstream) and floating in eutrophic downstream environments.

KEY-WORDS: vegetation cover, water plants, urban reservoirs, trophy.

LISTAS DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa com a localização dos reservatórios do Parque Estadual de Dois Irmãos.
Fonte do mapa: Dantas, 2016 40
- Figura 2.** Dendograma apresentando a similaridade florística entre os quatro reservatórios do Parque Estadual de Dois Irmãos, PE, entre outubro de 2014 e julho de 2015. 46
- Figura 3.** Diagrama gerado pela Análise de Correspondência Canônica entre os quatro reservatórios do Parque Estadual de Dois Irmãos, PE, entre outubro de 2014 e julho de 2015. Onde: a=agrupamento dos reservatórios em torno das variáveis abióticas, b= agrupamento das principais espécies que apresentaram acima de 1% de cobertura. Espécies: *Salvinia auriculata* (Sau), *Cabomba aquatica*,(Caq) *Eichhornia crassipes* (Ecr), *Eleocharis interstincta* (Ein), *E. mutata* (Emu), *Ipomea cárnea* (Ica), *Limnobium laevigatus* (Lla), *Websteria confervoides* (Wco), *Ludwigia helminthoriza* (Lhe), *Nymphaea alba* (Nya), *N. caerulea* (Nyc), *N. rubra* (Nyr), *Oxycarium cubense* (Ocu), *Panicum parvifolium* (Ppa), *Rynchosphora tricii* (Rtr), *Utricularia foliosa* (Ufo) e *U. myriocysta* (Umy). 51

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Características dos reservatórios no Parque Estadual de Dois Irmãos PE, entre outubro de 2014 e julho de 2015. 41
- Tabela 2.** Variáveis ambientais com desvio padrão analisadas entre outubro de 2014 a julho de 2015 nos reservatórios do Parque Estadual de Dois Irmãos, PE, entre outubro de 2014 e julho de 2015. Legenda: U= Ultraoligotrófico, O= Oligotrófico, M= Mesotrófico, E= Eutrófico, H= hipereutrófico. Valores em negrito= apresentam valores significativos de F. ... 45
- Tabela 3.** Cobertura (%), forma biológica (FB) e frequência de ocorrência (FO) de plantas aquáticas nos quatro reservatórios localizados no Parque Estadual de Dois Irmãos, PE, entre outubro de 2014 e julho de 2015. Legenda: Anf = planta anfíbia, Eme = planta emergente, Flu = planta flutuante, Sub = planta submersa, Out = outubro/2014, Jan = janeiro/2015, Abr = abril/2015, Jul = julho/2015, E = esporádica, PF = pouco frequente, F = frequente, MF = muito frequente, + = cobertura < 0,1%. Valores em negrito = táxon estruturador..... 47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2.1 Macrófitas aquáticas	18
2.2 Principais fatores associados à estruturação da comunidade de macrófitas aquáticas	21
3. REFERÊNCIAS	27
MANUSCRITO A SER SUBMETIDO À REVISTA CIENTÍFICA	36
Estruturação da comunidade de macrófitas aquáticas: influência de fatores ambientais em reservatórios em cascata na região tropical	37
Introdução	38
Metodologia	39
Amostragem e coleta de dados	41
Análise de dados	43
Resultados	44
Caracterização ambiental	44
Composição e estrutura das macrófitas aquáticas	44
Discussão	52
Agradecimentos	54
Referências Bibliográficas	55
ANEXO	60

1. INTRODUÇÃO

Macrófitas aquáticas são consideradas as espécies mais produtivas do planeta (ODUM, 2007), apresentam ciclo de vida curto e estratégia de reprodução diversificada, incluindo sexuada e assexuada, além de algumas adaptações morfológicas, permitindo assim o êxito em seu crescimento e propagação (POTT e POTT, 2000; SANTAMARIA, 2002). As mesmas auxiliam na estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos, são importantes fonte de carbono e energia na base da cadeia alimentar, atuam na ciclagem de nutrientes, retenção de poluentes e conservação da biodiversidade, servindo de local de abrigo e reprodução para animais e fornecem substrato para a colonização e crescimento do perífiton; no tratamento de efluentes advindos da carcinicultura, ainda podem ser utilizadas com bioindicadoras da qualidade da água (ALBERTONI et al., 2014; ESTEVES, 2011; HENRY-SILVA, 2008; MARTINS e PITELLI, 2005; THOMAZ e BINI, 1998).

A comunidade de macrófitas aquáticas é formada por espécies com diferentes tipos biológicos, e sua distribuição no ambiente é ampla e diversificada (POTT et al., 1989). Os fatores que explicam a distribuição das espécies podem estar agrupados, e a importância pode se modificar de acordo com a escala (LACOUL e FREEDMAN, 2006). Em escala espacial ampla, os fatores mais relevantes são biogeografia, geomorfologia e clima. Em escala regional, destacam-se variáveis físico-químicas, hidrologia, temperatura. Em escala de bacia de drenagem, a área do ambiente, a poluição, os nutrientes, os distúrbios, profundidade, interações bióticas, como por exemplo: herbivoria e competição, podem explicar a estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas (ESTEVES, 2011; GOPAL e GOEL, 1993).

A sazonalidade atua sobre a composição de plantas aquáticas, conforme demonstrado por pesquisas realizadas por Pedro et al. (2006), na região semiárida do Brasil, em dois rios intermitentes, os autores afirmam que sazonalidade influencia a estrutura das macrófitas aquáticas. Resultados similares foram encontrados por Maltchik et al. (2005). Eventos de cheia e seca contribuem para o aumento da variabilidade, pois facilita a coexistência de várias espécies evitando a dominância de invasoras.

Um dos fatores que alteram a estrutura da comunidade é o represamento, muito comum pela necessidade de abastecimento público e geração de energia (BOYD, 1971). Com a escassez da água foram criados reservatórios artificiais, no entanto, a criação desses ambientes lênticos pode promover alterações nas comunidades aquáticas. Entre elas, a presença exacerbada de macrófitas aquáticas, devido ao aporte nutricional particulado que esse recebe a partir da bacia de drenagem, a redução da velocidade da água, aumento da penetração da luz, redução das flutuações no nível da água, interferência antrópica, como por exemplo, a eutrofização artificial, ocasionando desta forma, problemas operacionais para geração de energia e comprometendo os múltiplos usos da água (THOMAZ e BINI, 1998; THOMAZ, 2002).

Em um sistema de reservatório, seu posicionamento e o estado trófico interagem na determinação do número de espécies, bem como nos tipos ecológicos (THOMAZ e BINI, 1998). A distância entre os reservatórios é relevante, tendo efeito mais significativos quando eles estão próximos (TUNDISI e TUNDISI, 2008). De forma geral, em um sistema não poluído, espera-se que os primeiros, localizados a montante, apresentem baixa riqueza de macrófitas, pois não há fontes de dispersão, já os localizados à jusante, apresentariam uma dominância de espécies submersas; por que os reservatórios da montante funcionariam como grandes bacias de decantação, o que acarreta no aumento da transparência da água. Já em reservatórios poluídos, os de maior ordem, tendem a apresentar a dominância de espécies flutuantes (THOMAZ e BINI, 1998).

A trofia está estreitamente relacionada ao crescimento vegetal de espécies flutuantes (BIUDES e CAMARGO, 2008). O nível de nutrientes no ambiente pode favorecer o estabelecimento de plantas flutuantes, e conseqüentemente, diminuir as plantas submersas, uma vez que, as flutuantes retiram os nutrientes da coluna da água e dificultam a passagem da luz (CHMARA et al., 2014; KISSON, et al., 2013). Quando o ecossistema apresenta características estáveis de águas claras, o mesmo tende a favorecer o estabelecimento de plantas submersas. No entanto algum desequilíbrio, *e.g.* enxurrada, eventos catastróficos, elevadas concentrações de nutrientes, pode desencadear drásticas alterações e ocasionar um estado alternativo de equilíbrio, outrora dominado por vegetação submersa, substituído por plantas flutuantes e fitoplâncton (SCHEFFER et al., 2002, 2003; SCHEFFER, EGBERT e NES, 2007).

Por isso, esta pesquisa teve por objetivo analisar quais os fatores ambientais são mais significativos para estruturação da comunidade de macrófitas aquáticas, em um sistema de reservatório no Parque Estadual de Dois Irmãos em Recife- PE, Brasil. Para isso foram levantadas as seguintes hipóteses: Em reservatórios em cascata a estrutura das plantas aquáticas é afetada pela sazonalidade, competição com fitoplâncton, medida pela clorofila *a*, e os nutrientes. A composição de diversos tipos biológicos na comunidade de macrófitas aquáticas está condicionada a diferentes graus de trofia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Os estudos com macrófitas aquáticas tiveram seu início em regiões temperadas, destacando-se os trabalhos realizados por Arens (1933,1936,1938,1939,1946) cujo tema principal eram aspectos fisiológicos das macrófitas aquáticas. A obra de 1946 foi publicada no Brasil sobre o conhecimento das incrustações calcárias de *Nitella* (TUNDISI e TUNDISI 2008).

Na década de 1940, professor F. C. Hoehne, publicou o livro "Plantas Aquáticas",. Este livro aborda todos os grupos de vegetais aquáticos, incluindo as microalgas, mas seu foco principal são as angiospermas. O mesmo continua sendo referência sobre sistemática, distribuição e aspectos ecológicos básicos da vegetação aquática brasileira (THOMAZ e BINI 2003).

A maioria das pesquisas desenvolvidas com plantas aquáticas na década de 1960 foi de caráter taxonômico. Durante este período, as plantas aquáticas receberam as mais diversas classificações, tais como: traqueófitos aquáticos, hidrófitas, limnófitos, hidrófitas vasculares, helófitas. No entanto, no Brasil, o termo mais utilizado para descrever esses vegetais, o qual é consagrado pelo International Biological Program (IBP), é macrófitas aquáticas, que foi mencionado pela primeira vez por Weaner e Clements em 1938, designando de forma ampla, vegetais capazes de viver em solos cobertos ou saturados por água (ESTEVES, 2011).

A partir da década de 1990 os estudos com macrófitas aquáticas avançaram no Brasil do ponto de vista ecológico. Seja motivado pela necessidade de controle de algumas espécies, quando se proliferam nas bacias impactadas por poluição orgânica construção de

reservatórios (THOMAZ e BINI 1998), quanto pela possibilidade de utilizá-las como bioindicadoras da qualidade da água ou pelas diversas funções ecológicas que as mesmas desempenham no ecossistema (CAMARGO et al., 2003; HENRY-SILVA et al., 2010; MARTINS et al., 2008; THOMAZ, 2002; THOMAZ e BINI, 2003).

As macrófitas aquáticas são capazes de colonizar diferentes ambientes devido à plasticidade de seus tecidos, e por inúmeras adaptações anatômicas e fisiológicas (ESTEVES, 2011; MARTINS et al., 2003; POTT e POTT, 2000). Esses vegetais são classificados por grupos ecológicos de acordo com seu biotipo, considerando a adaptação da planta ao meio aquático (IRGANG et al., 1984; ESTEVES 1998). Irgang et al. (1984), apresentam uma classificação composta por sete grupos ecológicos baseado na forma de vida: flutuantes livres, flutuante fixa, emergente, submersa fixa, submersa livre, epífita e anfíbia.

Esteves (1998) apresenta 5 classificações: Emersas - Plantas enraizadas no sedimento e com folhas fora da água (Ex.: *Typha*, *Pontederia*); Plantas aquáticas com folhas flutuantes - Plantas enraizadas no sedimento e com folhas flutuando na superfície da água (Ex.: *Nymphaea*, *Nymphoides*); Macrófitas aquáticas submersas enraizadas - Plantas enraizadas no sedimento, que crescem totalmente submersa na água (Ex.: *Myriophyllum*, *Egeria*); Macrófitas aquáticas submersas livres - Plantas que têm rizóides pouco desenvolvidos e que permanecem flutuando submergidas na água em locais de pouca turbulência (Ex.: *Utricularia* e *Ceratophyllum*); Macrófitas aquáticas flutuantes – Plantas que flutuam na superfície da água (Ex.: *Eichhornia crassipes*, *Salvinia*).

2.1 Macrófitas aquáticas

Pesquisas com macrófitas aquáticas no mundo abordam, principalmente, a diversidade, ocorrência, formas de controle, quando se tornam daninhas, bem como crescimento e capacidade de assimilar nutrientes (CHAMBERS et al., 2008; MITCHEL, 1996, REDDY e D'ANGELO, 1990). Uma análise crítica de Thomaz e Bini (2003), sobre estudos desenvolvidos no Brasil, verificaram que os temas mais abordados até aquele ano eram: levantamentos florísticos, decomposição, composição química da biomassa, interação com outras populações ou assembleias de macrófitas, havendo predomínio de levantamento florístico, que segundo os autores, contribuem para a quantificação da biodiversidade.

Pesquisas com enfoque florístico ainda prevalecem no Brasil, e revelam que até em áreas como a caatinga, que outrora acreditava-se ser pobre em diversidade, há uma flora rica e diversificada (Araújo et al. 2012; Henry-Silva et al. 2010) .

Sabe-se que esses vegetais podem colonizar rapidamente o ambiente e, para tomar medidas mitigadoras e/ou de controle se faz necessário conhecer seu comportamento e estrutura. Para esse fim, são desenvolvidas formas de mensurar seu desenvolvimento e monitoramento através de vários meios, tais como: medidas de biomassa, riqueza, cobertura vegetal, densidade, estudo sobre o crescimento, entre outros (BEYRUTH, 1992; KUFNER, et al., 2011; MARTINS e PITELLI, 2005).

Estudos com a quantificação da biomassa visam analisar a produtividade primária desses vegetais, bem como período de crescimento, estoque nutricional, ciclagem de nutrientes e fluxo energético (ESTEVES e SUZUKI, 2010; HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008; NASCIMENTO et al., 2008). Especialmente em reservatórios tropicais e subtropicais, a biomassa das macrófitas normalmente é abundante devido à baixa velocidade da água, estabilidade do sedimento, altas temperaturas e disponibilidade de nutrientes (BINI et al., 2005). Rubim e Camargo (2001), em análise realizada no rio Preto em São Paulo, sobre a taxa de crescimento e biomassa de *Salvinia molesta* D.S. Mitch, concluíram que esta espécie possui alta taxa de crescimento durante todo o ano, estando relacionada com a pequena densidade das plantas e com altas temperaturas.

Bottino et al. (2013), em estudos realizados no reservatório de Ituparanga em São Paulo, sobre a variação temporal e espacial de variáveis limnológicas e da biomassa de diferentes espécies de macrófitas, concluíram que a biomassa está diretamente relacionada a heterogeneidade de habitats, sendo influenciada por variáveis da água e sedimento.

Kufner et al. (2011), ao analisarem a composição florística e a influência do pulso de inundação sobre a biomassa de quatro espécies de macrófitas aquáticas, *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth, *E. crassipes* (Mart.) Solms, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia auriculata* Aubl, ao longo de um ciclo hidrológico, em uma lagoa de meandro no Pantanal Mato Grosso, concluíram que o nível da água pode regular a frequência de ocorrência de algumas espécies e que estas não são excluídas, mas beneficiadas em determinados períodos sazonais.

Ao analisar a riqueza e distribuição de macrófitas no semiárido brasileiro,

Henry-Silva, et al. (2010) observaram que a riqueza de espécies de macrófitas aquáticas, em ambientes aquáticos associados ao bioma caatinga é semelhante à riqueza observada em outras bacias hidrográficas do Brasil. Isso se deve a grande quantidade de açudes e reservatórios existentes.

O desenvolvimento de métodos amostrais para avaliar a diversidade local, tem se mostrado importante, pois nas últimas três décadas houve aumento nos impactos antrópicos, ocasionando a extinção de várias espécies (FERREIRA et al., 2010). Estudos realizados por Maltchik et al. (2010) sobre a diversidade e riqueza de macrófitas aquáticas no rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, mostraram que as 56 espécies identificadas estiveram relacionadas ao tamanho da área, no entanto o critério área não deveria ser o primordial, para seleção de locais de manejo visando a preservação.

Por meio de pesquisas com cobertura vegetal é possível contabilizar o percentual de infestação e quais espécies estruturadoras formam bancos monoespecíficos e o indicativo do estado trófico do ambiente, já que as macrófitas podem ser utilizadas como bioindicadoras da qualidade da água (BRAUN-BLANQUET 1954; FERREIRA et al., 2010; THOMAZ e CUNHA, 2010; PEREIRA et al., 2012).

Ferreira et al. (2010), ao estudar a estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce em Minas Gerais, concluíram que o gradiente de profundidade foi o principal fator que atuou na estruturação da comunidade, onde cada lagoa apresentou flora distinta, sendo consideradas verdadeiras ilhas em termos de diversidade. Resultados semelhantes, foram encontrados por Alves et al. (2011), em estudo realizado na Área de Proteção Ambiental (APA) em Santa Catarina.

Sayer et al. (2010), estudaram a dinâmica sazonal de macrófitas e fitoplâncton em 39 lagos rasos, os resultados obtidos mostraram uma relação positiva entre nutrientes e biomassa de fitoplâncton, e por sua vez, uma relação negativa entre a clorofila *a* e PVI (Volume de infestação de plantas), contrastando com estudos que mostram relação positiva entre riqueza de macrófitas e nutrientes (JEPPENSEN et al., 2000).

Em estudos desenvolvidos por Kosten et al. (2009), sobre a influência do clima nas macrófitas submersas em 782 lagos rasos, na América do Sul e Europa. Nesta pesquisa foram utilizados diferentes meios para estimar a cobertura vegetal, entre eles, o protocolo estabelecido por Canfield et al. (1990), observações de presença e ausência em 20 pontos aleatórios distribuídos nos transectos, além de dados de frequência de ocorrência, (em

alguns casos as observações foram feitas a partir de um barco, quando a transparência da água era favorável). Os autores utilizaram duas abordagens, a classificação dicotômica de lagos cobertos por macrófitas, e a estimação do percentual de cobertura por lago. Os autores concluíram o aumento de Fósforo total ocasiona o decréscimo da cobertura de macrófitas aquáticas submersas, no entanto para regiões quentes os modelos com base em nutriente e média da profundidade não foram suficientes para determinar a cobertura de macrófitas aquáticas.

Alguns estudos foram utilizados sensoriamento remoto para monitoramento ambiental e da cobertura vegetal (ZANH et al., 2009). Analisando as imagens de satélite e dados meteorológicos, Qin Nie et al. (2012), estudaram a dinâmica da vegetação e os fatores climáticos, na bacia do Rio Amarelo na China e concluíram que a precipitação e a temperatura influenciaram a cobertura vegetal.

Outros pesquisadores, para explicar a ocorrência de espécies preferem adotar uma abordagem mais abrangente envolvendo fatores bióticos e abióticos, desta forma podem prever com mais precisão a ocorrência de espécies, gerando modelos e uma melhor compreensão sobre os nichos de um táxon específico (GONZÁLEZ-SALAZAR et al., 2013; HOFA et al., 2012).

2.2 Principais fatores associados à estruturação da comunidade de macrófitas aquáticas

Em condições favoráveis, as plantas aquáticas possuem elevada produtividade primária, no entanto, as mesmas são afetadas por vários fatores abióticos, tais como: nível de água, precipitação pluviométrica, velocidade da corrente, temperatura da água, radiação subaquática, nutrientes na água e no sedimento, pH, etc. (MEYER e FRANCESCHINELLI, 2011; SAYER et al., 2010). Segundo Thomaz e Bini, (1998), além destas variáveis abióticas, a comunidade de macrófitas aquáticas é afetada por variáveis bióticas, tais como: competição intra e interespecífica, herbivoria e facilitação (THOMAZ e BINI, 1998).

Meyer e Franceschinelli (2011) estudaram a influência de variáveis limnológicas (temperatura da água, transparência da coluna de água, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, fósforo reativo solúvel e fosfato total) nas plantas aquáticas e

verificaram que características físico-químicas da água e as influências de aspectos físicos dos ambientes foram determinantes para a composição florística.

A dinâmica de crescimento vegetal, está diretamente ligada aos nutrientes e as condições em que essa flora está submetida (CAMARGO et al., 2003). Esse fato, tem sido notório em alguns trabalhos, tendo destaque para Camargo (1991), que verificou a dinâmica do nitrogênio em uma lagoa marginal do Rio Mogi-Guaçu, o qual observou variação anual na biomassa de *Eichhornia azurea* (Sw.) Kunth devido a mudanças sazonais das variáveis físicas e químicas do rio Embu-Mirim, no estado de São Paulo, e correlacionou as características físicas, químicas e biológicas do ambiente. O autor concluiu que o processo de eutrofização possibilitou a ocorrência e predominância das espécies *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms e *Salvinia auriculata* Aubl. e que as macrófitas flutuantes, principalmente *E. crassipes* exerceram um importante papel na dinâmica trófica do lago, através de sua atuação nos ciclos de nutrientes, no de nitritos e penetração da luz na água. Corroborando com estes resultados, Biudes e Camargo (2008) afirmam que, o N e P favorecem o desenvolvimento das macrófitas aquáticas.

Bini et al. (1999), realizaram estudos correlacionando a distribuição de macrófitas aquáticas com condições de água e do sedimento do reservatório de Itaipu, Brasil. Ficou evidenciado que o surgimento de macrófitas aquáticas flutuantes, estava relacionada com a concentração de nutrientes na água e sedimento, enquanto as espécies submersas eram influenciadas pela penetração de luz.

Pedro et al. (2006), ao estudar o ciclo hidrológico e dinâmica de macrófitas aquáticas em dois rios intermitentes da região semiárida do Brasil, concluíram que os períodos de cheia e seca determinaram a ocorrência e estrutura dos bancos de macrófitas. A riqueza florística foi menor nas poças do rio e riacho, sujeitos a eventos de cheia, quando comparada com a área de retenção de água. A intensidade das cheias foi o principal fator na determinação do início da recolonização, na produtividade e na biomassa das espécies de macrófitas aquáticas. Maltchik et al. (2005), após analisarem a diversidade e estabilidade da comunidade macrófitas aquáticas, em três lagoas rasas associadas a planície de inundação no sul do Brasil, concluíram que aumento da variabilidade espacial, após as inundações, facilita a coexistência das espécies e evita o estabelecimento de espécies dominantes em ecossistemas aquáticos intermitentes.

A radiação fotossintética ativa (RFA) é um fator primordial que controla a

fotossíntese em ecossistemas aquáticos, a mesma influencia a composição de espécies e na adaptação morfológica e fisiológica das plantas exposta à luz em diferentes intensidades, pois as taxas fotossintéticas das macrófitas aumentam com o aumento da (RFA) até o nível da saturação (COSBY et al., 1984).

Normalmente o enfoque dos estudos com radiação luminosa é com plantas submersas já que as mesmas são mais afetadas pela turbidez da água. Alguns autores elaboraram modelos de estimativa da taxa de crescimento dessa vegetação, e concluíram que as taxas fotossintéticas, aumentam linearmente com a luz a um nível de saturação, ou seja, as plantas precisam de condições ótimas de luz para se desenvolverem (ALBERTONI, et al., 2014; COSBY et al., 1984). Algumas espécies submersas desenvolvem melhor em altas temperaturas (ZHU et al., 2008), já as flutuantes livre (*Salvinia auriculata* Aubl. e *Salvinia molesta* D.S. Mitch.), quando são expostas a radiações mais elevadas, a taxa de crescimento diminui (RUBIM e CAMARGO, 2001).

Estudos indicam que os fatores climáticos também afetam a distribuição desses vegetais, pois as mesmas possuem vantagens, proporcionadas pelas altas taxas de dispersão, reprodução clonal, e grande tolerância ecológica (SANTAMARIA, 2002). No entanto a ação antrópica, a manipulação dos níveis hidrométricos assim como a eutrofização artificial, são os processos que prejudicam em grande escala a estrutura dos bancos de macrófitas aquáticas (BUNN, 2002; THOMAZ, 2002).

Em ambientes lênticos, essa alteração pode ser observada, como demonstrado por De Filippo (2003), em seu estudo sobre a colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa, em Goiás. O autor afirma que a disponibilidade de nutrientes durante o enchimento e nos primeiros meses de operação dos reservatórios é um dos principais fatores que influenciam o crescimento de plantas aquáticas e a morfologia do espelho d'água que também auxilia para a expansão das assembleias, quanto para a restrição de sua ocupação.

Entre as atividades antrópicas, destacam-se a construção de ecossistemas artificiais, como os reservatórios, que causam alterações ambientais complexas por modificar, inclusive, o ambiente de lótico para lêntico. O desenvolvimento de macrófitas aquáticas nesses locais está estreitamente relacionado a fatores morfométricos, índice de desenvolvimento de margem, o tempo de exposição ao vento, declividade das margens a

quantidade de nutrientes, além das flutuações nos níveis de água (THOMAS e BINI, 1998; SANTOS e TOMAZ, 2005).

Por serem capazes de se adaptar as condições do ambiente em que estão inseridos, esses vegetais tem sido utilizado com sucesso para biomonitoramento e também no tratamento de efluentes enriquecido por nutrientes (BIUDES e CAMARGO, 2008; HENRY-SILVA e CAMARGO, 2008; ESTEVES e SUZUKI, 2010, PEREIRA et al., 2012).

Pereira et al. (2012), ao analisarem o potencial bioindicador da comunidade de macrófitas aquáticas no período de um ano, em lagos rasos no Brasil, observaram que as mesmas podem ser utilizadas como bioindicadoras, onde as espécies flutuantes são encontradas com frequência em ambientes com concentrações intermediária de nutrientes, e as espécies submersas predominam em águas claras com poucos nutrientes. Os autores afirmam ainda, que o ambiente em processo avançado de eutrofização favorece o desenvolvimento de espécies emergentes e anfíbias.

2.3 Teoria dos Estados alternativos

A teoria dos estados alternativos estáveis está associada à transparência da água (turbidez) e aos níveis tróficos (JEPPENSEN et al., 1997). A turbidez da água impede o desenvolvimento de plantas submersas, impossibilitando a passagem da luz para camadas mais profundas. Enquanto que águas claras favorecem o estabelecimento de plantas submersas (BLINDOW et al., 2006; VAN DER BERG et al., 1998).

Eventos catastróficos em lagos e reservatórios podem desencadear mudanças profundas nos ecossistemas, ocasionando a perda da resiliência, o que implica numa alteração para um estado alternativo (SCHEFFER et al., 2001). Em baixas concentrações de nutrientes e sem perturbação o estado estável é estabelecido pela dominância de submersas, já com o aumento da carga trófica, as flutuantes surgem como equilíbrio alternativo em regiões tropicais e fitoplâncton em regiões temperadas (SCHEFFER et al., 2002, 2003; SCHEFFER, EGBERT e NES, 2007).

Quando o sistema atinge o equilíbrio, ele tende a permanecer neste estado até atingir um ponto de bifurcação em que o equilíbrio desaparece e o sistema se move para outro estado estável. A transição é abrupta e pode ser iniciada por uma mudança na variável controladora, e mesmo que esta variável retorne à condição imediatamente anterior a essa brusca alteração,

o sistema resiste a voltar a este estado, mantendo-se estável na nova condição (SCHEFFER et al., 2002). Os fatores que controlam o mecanismo de mudança de estados estáveis alternativos podem ser externos e de larga escala, como o clima regional e fatores internos, a exemplo de herbivoria de aves aquáticas, flutuação no nível de água e a eutrofização. No estado de água transparente e com vegetação submersa, as plantas impedem a suspensão de sedimentos e nutrientes e liberam substâncias que inibem o crescimento do fitoplâncton, em contrapartida, no estado turvo e sem vegetação submersa, a turbidez sombreia a coluna d'água, impossibilitando o retorno de plantas submersas (ALBERTONI, et al. 2014; SCHEFFER et al., 1993; 2003).

De acordo com Folke et al. (2004), se o ambiente não possuir elevados níveis de nutrientes, uma drástica retirada de plantas flutuantes, pode induzir uma mudança permanente para o estado alternativo dominado por plantas submersas. A mudança de regime de estados alternativos pode ser provocada pelo homem, mediante eventos externos, que induz a perda da resiliência do ecossistema.

Mudanças no estado alternativo, também podem ser observadas em ecossistemas marinhos rasos, causado pela eutrofização (SMITH e SCHINDLER, 2009). Os autores consideram imprescindível estudar as causas que induzem a mudança da estabilidade, sendo este deveras importante, para basear ações de manejo e conservação.

2.3 Conceito de reservatório em cascata

Os ecossistemas, quando conectados, possuem a capacidade de influenciar outros reservatórios posteriores a ele, seja através de variáveis abióticas (características limnológicas) ou bióticas (flora), no entanto a intensidade dessa influência dependerá da profundidade do ecossistema, níveis tróficos e distância (TUNDISI e TUNDISI, 2008). Barbosa et al. (1999) propuseram o conceito de Contínuo de Reservatórios em Cascata (CRCC), referindo-se a processos ecológicos que ocorrem de forma interligada por um sistema de reservatórios, de modo que a série exibe comunidades que se organizam de várias formas, mas interagem unidirecionalmente da montante para a jusante.

Estudos em reservatórios em cascata tem sido desenvolvido por vários pesquisadores com enfoque em aspectos com a qualidade da água, nutrientes, (BARBOSA et al. 1999; ABE et al 2003; RODGHER et al. 2005), além das consequências sobre invertebrados (SAMPAIO et al 2002;. CALLISTO et al., 2005), peixes (CHICK et al., 2006) e fitoplâncton (MOURA et al. 2013) .

Segundo Miranda et al. (2008), em estudo realizado com peixes, algumas características dos reservatórios, como profundidade média, o tamanho relativo da zona limnética, o tempo de retenção de água, a estratificação de oxigênio, estratificação térmica, o tamanho do substrato, e as flutuações do nível da água aumentam em reservatórios a montante. Por outro lado, a área do reservatório, medida de ribeirinhos e zonas litorais, o acesso a várzeas e pântanos associados, diversidade de habitats e das descargas de nutrientes e de sedimentos aumentam em reservatórios a jusante.

Em relação as macrófitas aquáticas no sistema em cascata, o comportamento das espécies em relação aos tipos ecológicos e ao número de espécies, dependerão de sua posição na série e do estado trófico, ou seja, se os reservatórios a montante não pertencerem a um sistema poluído, eles apresentarão baixa se riqueza, e os localizadas á jusante seriam dominados por espécies submersas. Por outro lado, se a cascata comportar-se como rio poluído, irão apresentar dominância de espécies flutuantes á jusante (STRASKRABA, 1990; THOMAZ e BINI, 1998).

3. REFERÊNCIAS

- ABE, Donato S. et al. Denitrification and bacterial community structure in the cascade of six reservoirs on a tropical river in Brazil. **Hydrobiologia**, v. 504, n. 1-3, p. 67-76, 2003.
- ALBERTONI, E.F. et al. Field evidence of the influence of aquatic macrophytes on water quality in a shallow eutrophic lake over a 13-year period. **Acta Limnologica Brasiliensia**. vol. 26, no. 2, p. 176-18. 2014
- ALVES, J.A.A. et al. Composição e distribuição de macrófitas aquáticas na lagoa da Restinga do Massambu, Área de Proteção Ambiental Entorno Costeiro, SC. **Rodriguésia**, 2011.
- ARAÚJO, E.S. et al. Riqueza e diversidade de macrófitas aquáticas em mananciais da Caatinga. **Diálogos & Ciência**. nº 32. 2012
- ARENS, K. Contribuição para o conhecimento das incrustações calcáreas de *Nitella*. **Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro**. Série Botânica, Rio de Janeiro, v. 5, p. 1-16, 1946.
- ARENS, K. Physiologisch polarisierter massenaustausch und photosynthese bei submersen wasserpflanzen. **Planta** Bd. 20. 1933.
- ARENS, K. Lokaler nachweis von kalzium in den membrane des elodea-blattes mittels natriumoleat. **Planta**. 1938.
- BARBOSA, F. A. R. et al. The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tietê-basin, São Paulo State, Brazil. 1999.
- BEYRUTH, Z. Macrófitas aquáticas de um lago marginal ao rio Embu-Mirim, São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**. v.26, n.4,p.272-282, 1992.
- BINI, M. et al. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. **Hydrobiologia** 415: 147–154, 1999.

BIUDES, J.F.V., CAMARGO, A.F.M., Estudo dos fatores limitantes á produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil. **Oecologia Brasiliensis**. 12(1): 7-9. 2008.

BORNETT, G.; PUIJALON, S. Response of aquatic plants to abiotic factors: a review **Aquatic Sciences**. v. 73. p.1–14. 2011.

BLINDOW, I. et al. Primary production in two shallow lakes with contrasting plant form dominance: A paradox of enrichment?. **Limnology and Oceanography**, v. 51, n. 6, p. 2711-2721, 2006.

BOTTINO, F. et al. Temporal and spatial variation of limnological variables and biomass of different macrophyte species in a Neotropical reservoir (São Paulo –Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**. vol. V.25, no. 4, p. 387-397, 2013.

BRAUN-BLANQUET, J. Fitosociología, bases para el estudio de las comunidades vegetales. H. Blume, Madrid. 1954.

BUNN, S.E.; ARTHINGTON, A.H. Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. **Environmental Management** V. 30, N. 4, pp. 492–507, 2002.

CALLISTO, M. et al. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates along a reservoir cascade in the lower São Francisco river (northeastern Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 2, p. 229-240, 2005.

CAMARGO, A. F. M. et al. Fatores limitantes á produção primária de macrófitas aquáticas. 2003. PP. 85-126. *In*: THOMAZ e BINI (eds). Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Eduem, Maringá. 341 p.

CAMARGO, A. F. M. et al. Primary production of *Utricularia foliosa* L., *Egeria densa* Planchon and *Cabomba furcata* Schult & Schult.f from rivers of the coastal plain of the State of São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia** 570:35–39. 2006.

CANFIELD, R. et al. Prediction of Chlorophyll a Concentrations in Florida Lakes:

Importance of Aquatic macrophytes. Caar. J. **Fish. Aquat. Sci.**, Vol. 41, 1984.

CANFIELD D.E, HOYER MV, DUARTE, C.M. An empirical-method for characterizing standing crops of aquatic vegetation. **Journal of Aquatic Plant Management**, 28, 64–69. 1990

CHAMBERS, P.A. et al. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. **Hydrobiologia** 595:9–26. 2008.

CHMARA, R., SZMEJA, J., BANAS, K. Factors controlling the frequency and biomass of submerged vegetation in outwash lakes supplied with surface water or groundwater. **Boreal environment research**. 19: 168–180. 2014.

CHICK, John H.; PEGG, Mark A.; KOEL, Todd M. Spatial patterns of fish communities in the Upper Mississippi River System: assessing fragmentation by low-head dams. **River Research and Applications**, v. 22, n. 4, p. 413-427, 2006.

COSBY, B.J. et al. Identification of photosynthesis-light models for aquatic systems ii. application to a macrophyte dominated stream. **Ecological Modelling**, 23, 25 51. 1984.

DE FILIPPO, R. Colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa – Goiás. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (Eds). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. EDUEM, Maringá. pp. 281-297. 341 p. 2003.

DURÁN-SUÁREZ et al. Composición y estructura de un ensamble de plantas acuáticas vasculares de una represa Alto Andina (Santander), Colombia. **Actual Biol**. 2011.

ESTEVES, B. S., SUZUKI, M. Limnological variables and nutritional content of submerged aquatic macrophytes in a tropical lagoon. **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol. 22, no. 2, p. 187-198. 2010.

ESTEVES, Francisco de Assis (org.). **Fundamentos de Limnologia**. 3a Ed. Rio de Janeiro: Interciência. 826 p.2011.

ESTEVEES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. 2a Ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602 p.1998.

FERREIRA, F.A. et al. Estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em três lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. **Hoehnea**, 2010.

FOLKE, Carl et al. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, p. 557-581, 2004.

GONZÁLEZ-SALAZAR, C. et al. Comparing the relative contributions of biotic and abiotic factors as mediators of species distributions. **Ecological Modelling**, 2013.

HENRY-SILVA, G. G.; CAMARGO, A. F. M. Composição química de quatro espécies de macrófitas aquáticas e possibilidade de uso de suas biomassas. **Naturalia**, Rio Claro, v. 25, p. 111-125, 2000.

HENRY-SILVA, G.G.,et al. Richness and distribution of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol. 22, no. 2, p. 147-156. 2010.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Tratamento de efluentes de carcinicultura por macrófitas aquáticas flutuantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.181-188, 2008.

HOFA, A.R. et al. The usefulness of elevation as a predictor variable in species distribution modeling. **Ecological Modelling**, 2012.

IRGANG, B.E.; GASTAL JR., C.V.S. **Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS**. UFRGS, Porto Alegre. 290p. 1996.

JEPPESSEN, Erik et al. Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. In: **Shallow Lakes' 95**. Springer Netherlands, 1997. p. 151-164.

KOSTEN, S. et al. Climate-related differences in the dominance of submerged macrophytes

in shallow lakes. **Global Change Biology** 15, 2503–2517, 2009.

KUFNER, D.C.L. et al. Composição florística e variação sazonal da biomassa de macrófitas aquáticas em lagoa de meandro do Pantanal. **Rodriguésia**. V. 62(4), p. 803-812. 2011.

MALTCHIK, L. et al. Aquatic macrophyte and macroinvertebrate diversity and conservation in wetlands of the Sinos River basin. **Brazilian Journal of Biology**. vol.70 no.4 supl.0 São Carlos Dec. 2010.

MARTINS, D. et al. Caracterização química das plantas aquáticas coletadas no reservatório de Salto Grande (Americana - SP). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.21, p.21-25, 2003.

MARTINS, A.T., PITELLI, R.A. Efeitos do manejo de *Eichhornia crassipes* sobre a qualidade da água em condições de mesocosmos. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 233-242, 2005.

MARTINS, D. et al. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco bacias hidrográficas do estado de São Paulo. **Planta Daninha**, vol. 26, no. 1, p. 17-32. 2008.

MEYER, S. T.; FRANCESCHINELLI, E.V. Influência de variáveis limnológicas sobre a comunidade das macrófitas aquáticas em rios e lagoas da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia** 62(4): 743-758. 2011.

MIRANDA, L. E.; HABRAT, M. D.; MIYAZONO, S. Longitudinal gradients along a reservoir cascade. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 137, n. 6, p. 1851-1865, 2008.

MITCHEL, D. S., Interactions between national and local strategies for the aquatic weeds. **Hydrobiologia**, v.340, p.153–156, 1996.

MOURA, A. N. et al. The role of a cascade of reservoirs and seasonal variation in the phytoplankton structure in a tropical river. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 2, p. 291-298, 2013.

ODUM, E.; BARRETT, G.W. **Fundamentos da Ecologia**. São Paulo, p. 612, 2007

PEREIRA, S.A. et al. Aquatic macrophytes as indicators of water quality in subtropical shallow lakes, Southern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**. vol. 24, no. 1, p. 52-63. 2012.

POMPÊO, M.L.M.; MOSCHINI-CARLOS, V. Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos. São Carlos: RiMa Editora. 134p. 2003.

POTT, J.V.; POTT, A. **Plantas Aquáticas do Pantanal**. Embrapa. Corumbá 404 p. . 2000

QIN NIE, et al. The vegetation coverage dynamic coupling with climatic factors in Northeast China transect. **Enviromental Manegement**. 2012.

REDDY, K.R.; D'ANGELO, E.M. Biomass Yield and Nutrient Removal by Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as Influenced by Harvesting Frequency. **Biomass** 21, 27-42. 1990.

RODGHER, S. et al. Limnological and ecotoxicological studies in the cascade of reservoirs in the Tietê river (São Paulo, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 4, p. 697-710, 2005.

RUBIM, M.A L.; CAMARGO, A.F.M. Taxa de crescimento específico da macrófita *Salvinia molesta* Mitchell em um braço do rio Preto, Itanhaém, São Paulo. **Acta limnologica brasiliensia**. 2001.

SAMPAIO, E. V. et al. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, n. 3, p. 525-545, 2002.

SANTAMARIA, Luiz. Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment. **Acta Oecologica**, v.23, p. 137–154, 2002.

SANTOS, A.M., THOMAZ, S.M. Diversidade de espécies de macrófitas aquáticas em lagoas de uma planície de inundação tropical: o papel de conectividade e do nível da água. **Cadernos da biodiversidade**. v. 5, n.1, jul. 2005.

SAYER, C.D. et al. Seasonal dynamics of macrophytes and phytoplankton in shallow lakes: a eutrophication-driven pathway from plants to plankton? **Freshwater Biology**, 2010.

SCHEFFER, Marten et al. Alternative equilibria in shallow lakes. **Trends in ecology & evolution**, v. 8, n. 8, p. 275-279, 1993.

SCHEFFER, Marten et al. Catastrophic shifts in ecosystems. **Nature**, v. 413, n. 6856, p. 591-596, 2001.

SCHEFFER, Marten; CARPENTER, Stephen R. Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. **Trends in ecology & evolution**, v. 18, n. 12, p. 648-656, 2003.

SCHEFFER, M. et al. Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. **Hydrobiologia**, 2007.

SMITH, Val H.; SCHINDLER, David W. Eutrophication science: where do we go from here?. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 24, n. 4, p. 201-207, 2009.

THOMAZ, S. M. et al. Limnology of the Upper Paraná Floodplain habitats: patterns of spatio-temporal variations and influence of the water levels. **Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain: LTER-Site**, v. 6, p. 37-42, 2004.

THOMAZ, S. M. et al. Macrófitas aquáticas em Itaipu: ecologia e perspectivas para o manejo. In THOMAZ, S.M. & BINI, L.M. (Eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá: Eduem, p. 319-341. 2003.

THOMAZ, S.M. Fatores Ecológicos Associados à Colonização e ao Desenvolvimento de Macrófitas Aquáticas e Desafios de Manejo. **Planta Daninha**, Viçosa, v.20, p. 21-23, 2002 (Edição Especial).

THOMAZ, S.M.; BINI, L. M. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatório. **Acta Limnologica Brasiliensia**. Vol.10 (1), 1998.

THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidas no Brasil. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. (eds). Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Eduem, Maringá. pp. 20- 39. 341 p. 2003.

THOMAZ, S.M.; CUNHA, E.R. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia*, vol. 22, no. 2, p. 218-236. 2010.

TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M. 2008. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de textos.

VAN DER HEIDE, T. et al. A simple equation for describing the temperature dependent growth of free-floating macrophytes. **Aquatic Botany** 84 (2006)(171-175).

ZHAN, J. et al. Changing landscape in the Three Gorges Reservoir Area of Yangtze River from 1977 to 2005: Land use/land cover, vegetation cover changes estimated using multi-source satellite data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation** 11, 403–412. 2009.

ZHU, Y. P.; ZHANG, H. P.; ZHAO, J. P. Influence of the South-North water Diversion Project and the mitigation projects on the water quality of Han River. **Science of the Total Environment**. v.406, n.1-2. p.57-68, 2008.

2.4 HIPÓTESES

- Em reservatórios em cascata a estrutura das plantas aquáticas é afetada pela sazonalidade, competição com fitoplâncton medida pelo fitoplâncton e os nutrientes.
- A composição de tipos biológicos da comunidade de macrófitas aquáticas está condicionada a diferentes graus de trofia.

2.5 OBJETIVO GERAL

Determinar os fatores ambientais responsáveis pela estrutura das comunidades de macrófitas aquáticas em reservatórios em cascata.

2.5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a estrutura das comunidades de macrófitas aquáticas nos quatro reservatórios do Parque Estadual Dois Irmãos;
- Analisar os fatores hidrológicos e suas relações com a comunidade de macrófitas aquáticas;
- Analisar a qualidade da água relacionando com a ocorrência de espécies de macrófitas aquáticas.

Capítulo 1

MANUSCRITO A SER SUBMETIDO À REVISTA CIENTÍFICA
AQUATIC BOTANY



Estruturação da comunidade de macrófitas aquáticas: influência de fatores ambientais em reservatórios em cascata na região tropical

Joana D' Arc Lúcia da Conceição de Alcântara ^{a*}, Karine Matos Magalhães ^a, Ênio Wocyli Dantas ^b

^aLaboratório de Ecossistemas aquáticos, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manoel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, Recife/PE.

^bLaboratório de Botânica, Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Estadual da Paraíba. R. Horácio Trajano de Oliveira, s/n, Cristo - João Pessoa-PB, CEP 58070-450

Resumo

O estudo objetivou, analisar quais os fatores ambientais são mais significativos para estruturação da comunidade de macrófitas aquáticas, em um sistema de reservatório em cascata, testando as hipóteses que: Em reservatórios em cascata a estrutura das plantas aquáticas é afetada pela sazonalidade, competição com fitoplâncton, medida pela clorofila *a*, e os nutrientes. A composição de diversos tipos biológicos na comunidade de macrófitas aquáticas está condicionada a diferentes graus de trofia. O estudo foi desenvolvido, em uma área de remanescente florestal, entre outubro de 2014 a julho de 2015, em coletas trimestrais, em quatro reservatórios urbanos inseridos no Parque Estadual de Dois Irmãos. Para estimativa da cobertura vegetal foi empregado o método de Braun-Blanquet e PVI. Foram realizadas coletas para florística em transectos e nas margens. A Análise de similaridade de Bray-Curtis, PERMANOVA e Análise de Correspondência Canônica foram utilizadas para testar as hipóteses levantadas. Foram inventariadas um total de 56 espécies, onde 90% das taxa estiveram presentes em Dois Irmãos (49). Os ecossistemas Dentro, Meio e Prata reuniram 34, 19 e 17 taxa, respectivamente. Nossos resultados rejeitaram parcialmente uma das hipóteses iniciais, que a estrutura das plantas aquáticas é afetada pela sazonalidade e pelo fitoplâncton sendo, portanto, a estrutura da macroflora mais fortemente influenciada pelos nutrientes. A segunda hipótese foi confirmada, pela existência de tipos biológicos distintos de acordo com a trofia. Os resultados deste estudo reforçam a teoria de reservatórios em cascata, o fator nutriente foi um dos principais fatores que influenciaram o padrão de cobertura vegetal.

Palavra-chave: Eutrofização, cobertura vegetal, reservatórios urbanos.

Introdução

A estrutura da comunidade de plantas aquáticas é influenciada pelo tipo de ambiente, conexões existentes, além de estado trófico do corpo d'água e fatores ambientais (Thomaz e Bini, 1998; Bini et al., 1999; Thomaz, 2002; Folke et al., 2004; Heisler et al., 2008 ; Chmara et al., 2014). Alguns fatores ambientais podem influenciar a mudança na estrutura do ecossistema: temperatura, radiação subaquática, disponibilidade de carbono inorgânico, estratificação térmica relacionada a sazonalidade, concentração de nutrientes (Scheffer, 1993; 2003; Folke et al., 2004; Sayer et al., 2010; Albertoni et al., 2014).

Quando os ecossistemas são conectados, existe um consenso teórico quanto o comportamento em relação à trofia e composição florística. Segundo Miranda et al. (2008), os reservatórios em cascata, apresentam características distintas segundo sua localização na série. A profundidade média, o tempo de retenção de água, o tamanho do substrato e as flutuações do nível da água aumentam em reservatórios a montante. Por outro lado, a área do reservatório, a diversidade de habitats e as descargas de nutrientes e sedimentos aumentam em reservatórios a jusante (Tundisi e Straskraba, 1999). Barbosa et al. (1999), reportam a redução da penetração de luz nos ecossistemas em cascata, principalmente por *blooms* de algas com o aumento do P inorgânico, que aumentam nos ecossistemas finais.

A mudança na condição trófica de um reservatório, pode ocasionar uma inversão drástica na estabilidade do ecossistema (Scheffer et al., 2001, 2003). Os fatores que controlam o mecanismo de mudança de estados estáveis alternativos, podem ser externos e de larga escala, como o clima regional e fatores internos, a exemplo de herbivoria de aves aquáticas, flutuação no nível de água e a eutrofização (Straskraba e Budejovice, 1990). Tais fatores, atuando em conjunto ou separadamente, podem alterar o estado de águas claras dominadas por plantas submersas, para águas turbidas em que prevalece o fitoplâncton em regiões temperadas e plantas flutuantes em regiões tropicais (Blindow et al., 2006; Van Nes, et al., 2002, 2003). O estado de estabilidade de corpos d'água fechados, está diretamente ligado à qualidade da água relacionada à turbidez ou transparência e as interações tróficas de ecossistemas conectados.

No presente estudo, iremos testar o comportamento das plantas aquáticas, em ecossistemas

urbanos em cascata tentando entender se a variação nas características limnológicas esperadas para ecossistemas em cascata traria reflexo na estruturação das plantas aquáticas. Por isso esta pesquisa teve por objetivo analisar quais fatores ambientais são mais significativos para estruturação da comunidade de macrófitas aquáticas, em um sistema de reservatório em cascata. Para isso, foram levantadas as seguintes hipóteses: Em reservatórios em cascata a estrutura das plantas aquáticas é afetada pela sazonalidade, competição com fitoplâncton medida pela clorofila *a*, e os nutrientes. A composição de tipos biológicos na comunidade de macrófitas aquáticas está condicionada a diferentes graus de trofia.

Metodologia

Área de estudo

O Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI) está localizado na Região Noroeste do Recife, com latitude 8° 04' 03" S e longitude 34° 55' 00" W, o clima é As' Tropical com verão seco, segundo a classificação de Köppen (Alvares et al., 2014). Estando incluso o fragmento florestal, denominado Mata de Dois Irmãos, com 384,7 ha, está inserido o zoológico e o fragmento da antiga Fazenda Brejo dos Macacos, com 773,020 ha (Fig.1). O PEDI é considerado um dos maiores fragmentos urbanos de Floresta Atlântica nesta região (Ramos, et al, 2006). Atualmente, a área está em processo de ampliação, a partir da anexação de 774 ha, o que amplia sua área total para 1161 ha. A nova área, porém, contrasta com a área original, por ser vegetação secundária, de formação mais recente, com cobertura mais baixa e aberta. Abrangendo as duas áreas, no ano de 2014 começou a instalação do eixo Nordeste da Rede de Pesquisa PPBio Mata Atlântica, Sítio Pernambuco. Os corpos de água estudados até o momento foram dois reservatórios artificiais.

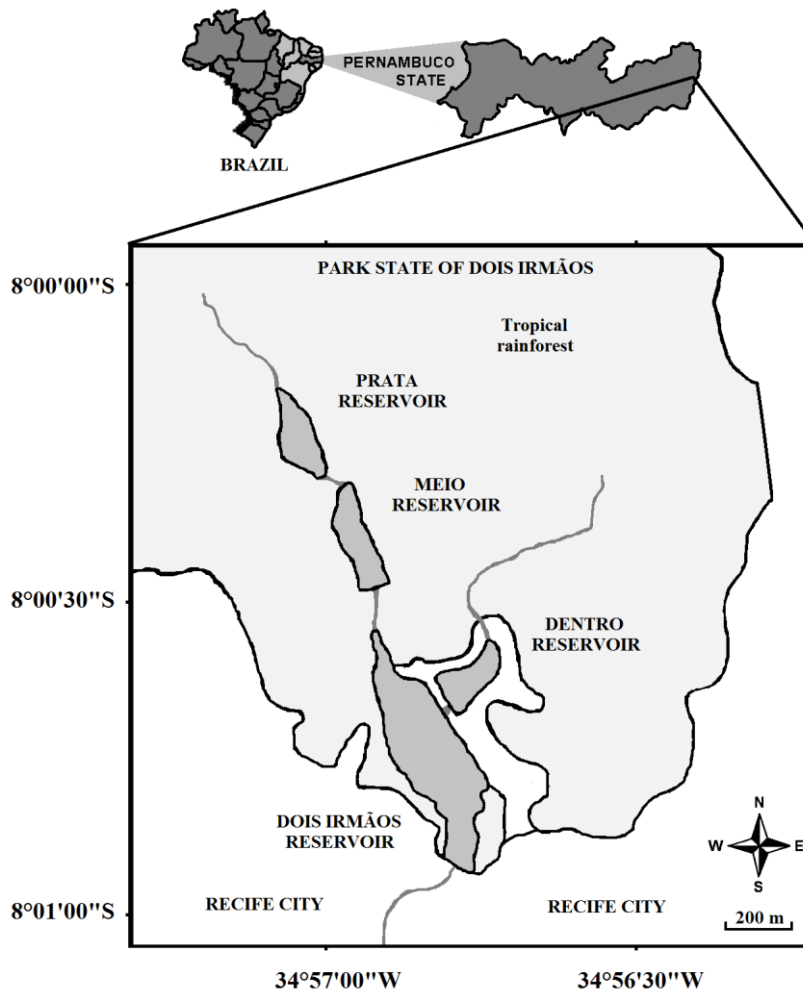


Fig 1. Mapa com a localização dos reservatórios do Parque Estadual de Dois Irmãos. Fonte: Dantas, 2016.

O regime de chuvas abrange o período de outono e inverno, a média anual de precipitação é de aproximadamente 2460 mm e temperaturas médias mensais de 23°C (Silvestre e Carvalho 1998). A estação seca está compreendida entre os meses de setembro a fevereiro, enquanto a chuvosa de março a agosto (Coutinho et al., 1998). O estudo foi desenvolvido em quatro reservatórios em cascata inseridos no referido parque: Prata, Meio, Dentro e Dois Irmãos (Silvestre e Carvalho, 1998). Dois dos reservatórios em estudo (Prata e Dois Irmãos), estão inseridos no eixo Nordeste da Rede de Pesquisa PPBio Mata Atlântica, Sítio Pernambuco. As características gerais dos reservatórios encontram-se na Tabela 1.

Tabela1. Características dos reservatórios no Parque Estadual de Dois Irmãos PE, entre outubro de 2014 e julho de 2015.

Reservatórios	Prata	Meio	Dentro	Dois Irmãos
Coordenadas	8°00'16.2"S 34°57'00.8"W	8°00'25.1"S 34°56'56.9"W	8°00'38.4"S 34°56'47.3"W	8°00'42.6"S 34°56'48.2"W
Comprimento	165 m	308 m	100 m	526 m
Largura	129 m	108 m	130 m	350 m
Área	1,75351 há	2,5219 há	1,55213 há	12,2607 há
Perímetro	625,932 m	787,726 m	619,872 m	2032,59 m
Profundidade (min-max)	0,20 e 5,59 m	0,15 e 6 m	0,17 e 3,25 m	0,35 e 3,76 m
Características do entorno ^a	Mata Atlântica conservada	Mata Atlântica conservada	Zoológico/ Empreendimentos comerciais	Zoológico/ Empreendimentos comerciais/ Universidade/ Pavimentação
Uso do corpo d'água ^a	Abastecimento urbano	Abastecimento urbano	Dessedentação de animais silvestres em cativeiro	tanques de piscicultura da UFRPE
Impactos visuais ou ambientais	Banhistas esporádicos, resíduos sólidos de banhistas	Resíduos sólidos dos visitantes do Parque	Assoreamento, excretas de animais silvestres criados na área	Entrada de esgoto clandestino

Fonte: a) Silvestre e Carvalho, 1998.

Os reservatórios estudados, que compõem a microbacia do Prata, foram construídos na primeira metade do século XIX para auxiliar no abastecimento da cidade do Recife (Silvestre e Carvalho, 1998). Estes reservatórios estão muito próximos, com distâncias menores que 200 metros e são conectados através de um sistema de cascata onde, Prata deságua diretamente no do Meio, e este deságua no de Dois Irmãos, que também recebe água do reservatório de Dentro (Silvestre e Carvalho, 1998).

Amostragem e coleta de dados

A periodicidade de coleta foi de acordo com a sazonalidade, abrangendo duas amostragens no período seco (outubro/2014 e janeiro/2015) e duas no chuvoso (abril e julho/2015). Em cada reservatório foram demarcadas duas parcelas, uma na embocadura e outro na desembocadura, com largura de 5 metros e comprimento igual ao do ecossistema (de 108 a 350 m). Dentro desta parcela,

foram coletados amostras de indivíduos para análise florística, bem como foram lançados quadrados de 0,50m X 0,50 m para a estimativa da cobertura das plantas aquáticas. A distância entre os lançamentos dos quadrados foi de 5 metros, sendo iniciada a partir de no mínimo um metro da margem, e tendo o número total de quadrados relativo à largura de cada reservatório. Para a análise visual da cobertura, foram empregados os métodos de Braun-Blanquet (1954) e Volume de Infestação de Plantas (PVI) (Canfield et al., 1984). O primeiro se baseia na premissa de que a composição florística total de uma porção da vegetação se define claramente por meio das relações entre os tipos de vegetação e o ambiente (Laranja et al., 2006). Já o PVI, foi utilizado como um ajuste para quantificar a cobertura das plantas submersas. Para a determinação de espécies estruturadoras, foi utilizado o ponto de corte, onde foram consideradas as espécies que apresentaram cobertura com mais de 10%.

As plantas, quando férteis, foram coletadas manualmente e/ou com a utilização de tesoura de poda e, para as macrófitas submersas, foi utilizado um gancho. Todas as plantas foram encaminhadas ao Laboratório de Ecossistemas aquáticos (LEAqua) da UFRPE, onde foram triadas, separadas por espécie, prensadas e levadas à secagem em estufa, para posterior herborização. Para identificação das espécies coletadas utilizamos: bibliografia específica (Pott e Pott, 2000), chaves dicotômicas, consulta a sites de herbários online (Flora do Brasil e Trópicos) e consultas a especialistas. As espécies coletadas foram incorporadas (número do tombo 90669 a 90796) ao herbário Dárdamo de Andrade Lima da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA).

A profundidade foi medida a cada 5 metros nos pontos de lançamento dos quadrados, com uso de fita métrica, a mesma distância foi utilizada para a transparência da água, com a utilização do disco de Secchi. Amostras de água para determinação de clorofila *a* e nutrientes da água (amônia, nitrito, nitrato e fósforo) foram coletadas a uma profundidade de 15-20 cm da superfície, diretamente em frascos de 500 e 1000 ml (respectivamente), no ponto central de cada transecto. Em laboratório, as concentrações de clorofila *a* foram determinados conforme metodologia descrita em Chorus e Barthram (1991). As amostras para análise de nutrientes foram conservadas sob congelamento até sua análise, para determinação das concentrações de nitrito ($\mu\text{g N-NO}_2 \cdot \text{L}$); (Mackereth et al., 1978), nitrato ($\mu\text{g N-NO}_3 \cdot \text{L}$) (Golterman et al., 1971), nitrogênio amoniacal ($\text{N-NH}_3 \text{ N-NH}_4$) Koroleff, 1976 e fósforo total (PT) Strickland Parsons, 1965.

O índice trófico foi calculado de acordo com a metodologia proposta por Cunha et al. (2013), pois a mesma é apropriada pra ambientes tropicais, e classifica os corpos de água como: Ultraoligotrófico ($\leq 51,01$ TSI), Oligotrófico (51,2-53,1), Mesotrófico (53,2-55,7 TSI) Eutrófico

(55,8-58,1 TSI), Supereutrífico (58,2-59,0 TSI), Hipereutrífico ($\geq 59,1$ TSI).

Análise de dados

Baseado no estudo florístico, foi construída a matriz de presença e ausência de espécies, considerando a ocorrência dos táxons em cada unidade amostral (transectos). A riqueza de táxons foi definida, como sendo o número de táxons presentes em cada parcela investigativa. A frequência de ocorrência (FO) foi calculada por reservatório segundo os critérios propostos por Mateucci e Colma (1982), onde as espécies foram classificadas como esporádicas ($F.O \leq 10\%$), pouco frequentes ($10\% < F.O \leq 40\%$), frequentes ($40\% < F.O \leq 70\%$) e muito frequentes ($F.O > 70\%$).

A matriz de estrutura foi montada com os dados de cobertura de cada espécie, considerando a cobertura média presente nos diferentes quadrados lançados em cada parcela. Os dados referentes à estrutura, assim como o resultado das variáveis limnológicas tiveram como unidade amostral os transectos e os fatores interpretativos foram os reservatórios, a sazonalidade e o índice trófico. Diferenças entre as variáveis abióticas nos reservatórios foram testadas através da ANOVA.

Para testar a hipótese de que a estrutura florística é afetada pela sazonalidade, foi realizada uma análise de similaridade de Bray Curtis, com teste Simprof para analisar a significância dos agrupamentos. Análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) foi empregada utilizando dados qualitativos, levando em consideração os períodos sazonais e os ecossistemas como fatores interpretativos. Para esta análise foram utilizadas 99.999 permutações aleatórias. O nível de significância estatística adotado foi de $p < 0,05$.

Para verificar o efeito dos fatores ambientais nos atributos multivariados foi utilizada a matriz biótica de cobertura, considerando os táxons que apresentaram mais de 1% de cobertura em pelo menos um transecto, e a matriz abiótica, transformada pela raiz quadrada, para a Análise de Correspondência Canônica (CCA). Para analisar a dependência de espécies de plantas a diferentes graus de trofia (classificação trófica), foi realizada a análise de espécies indicadoras (ISA) baseada nos dados de TSI (Sarbu et al., 2011). Todos os testes foram analisados no Programa R.

Resultados

Caracterização ambiental

Os reservatórios em estudo exibem águas claras, onde a transparência atinge o sedimento, a águas turvas (Secchi < 1,0m, Chla > 5,0mgL⁻¹). A sazonalidade não apresentou influência na variabilidade de nenhum parâmetro abiótico, no entanto nitrito e fósforo total variaram no espaço (F= 6.248, p= 0.00274), afetando a estrutura da comunidade. Os níveis tróficos variaram desde ultraoligotrófico a hipereutrófico (tabela 2).

Composição e estrutura das macrófitas aquáticas

Foram inventariadas um total de 56 espécies, onde 90% dos taxa estiveram presentes no ecossistema mais a jusante (Dois Irmãos – riqueza observada = 49 spp., riqueza ajustada por rarefação = 44spp.). Os reservatórios Dentro, Meio e Prata reuniram 34, 19 e 17 taxa, respectivamente. Com relação às formas biológicas, as anfíbias se destacaram com 50,88% dos taxa identificados, seguidas por emergentes (21,05%), flutuantes (19,30%) e submersas (8,78%). Em Prata e Meio as formas de vida que se destacaram foram submersas e emergentes, enquanto em Dois Irmãos e Dentro ocorre com mais frequência as flutuantes e anfíbias (Tabela 3).

Em relação à frequência de ocorrência, oito espécies foram muito frequentes, por ocorrerem em todas as amostragens, nos períodos secos e chuvosos, entre elas apenas duas espécies, *Rhynchospora holoschoenoides* (Rich.) Herter e *Utricularia gibba* L., foram encontradas nos quatro reservatórios. Algumas espécies foram exclusivas algum período sazonal, cinco espécies ocorreram no período seco e sete no período chuvoso (Tabela 3).

Tabela 2. Variáveis ambientais com desvio padrão analisadas entre outubro de 2014 a julho de 2015 nos reservatórios do Parque Estadual de Dois Irmãos, PE, entre outubro de 2014 e julho de 2015. Legenda: U= Ultraoligotrófico, O= Oligotrófico, M= Mesotrófico, E= Eutrófico, H= hipereutrófico. Valores em negrito= apresentam valores significativos de F.

Variáveis	(Prata)		(Meio)		(Dentro)		(Dois Irmãos)		ANOVA	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Espaço	Tempo
Profundidade	3,2 ± 1,3	3,62 ± 0,4	3,4± 0,9	3,7± 0,7	2,6± 0,4	2,7± 0,9	2,7± 0,3	2,9± 0,4	2,8	0,9
Secchi (m)	3,2 ± 1,3	3,85 ± 0,5	2,5± 0,8	2,9± 0,5	1,0± 0,5	1,4± 0,8	1,8± 0,3	1,2± 0,9	16,3	0,8
Nitrito (µg.L ⁻¹)	1108,4 ± 83,7	922,5 ± 129,7	293,2± 142,8	589,1± 258,1	51,2± 76,1	37,8± 25,0	47,1± 26,6	64,7± 78,0	107,5	0,4
Nitrato (µg.L-1)	5,0 ± 0,8	3,2 ± 0,4	3,2± 0,9	3,5± 0,7	3,4± 2,1	6,1± 5,1	3,5± 2,0	3,2± 0,8	0,8	0,1
Amônia (µg.L-1)	69,5 ± 27,2	34,3 ± 6,9	71,2± 39,8	72,7± 11,6	67,1± 76,3	73,0± 53,1	71,2± 67,7	44,4± 44,2	0,3	0,7
Fósforo Total (µg.L-1)	37,3 ± 29,5	41,2 ± 17,3	79,2± 26,6	54,7± 17,6	119,1± 45,6	177,7± 81,8	133,3± 140,9	72,1± 12,6	4,6	0,1
Clorofila <i>a</i> (mg.L-1)	0,4 ± 0,6	0,01 ± 0,0	3,1± 2,6	9,6± 9,1	10,1± 8,4	11,7± 13,3	10,1± 16,6	8,1± 10,6	1,9	0,2
TSI	45,1 ± 8,4	44,7 ± 1,9	54,1± 2,4	51,8± 1,5	56,4± 1,4	57,8± 2,8	54,8± 5,3	53,2± 1,9	14,0	0,3
Classificação Trófica	U-M	U-U	M-E	O-M	E-E	E-H	M-H	M-M		

Os ecossistemas apresentaram elevada cobertura vegetal durante todo o ano, com exceção dos reservatórios da montante, que apresentam >80% da cobertura registrada, formada por espécies submersas e emergentes. As espécies que foram consideradas estruturadoras (acima de 10% de cobertura) foram: *Salvinia auriculata*, *Cabomba aquatica*, *Eichhornia crassipes*, *Eleocharis interstincta*, *E. mutata*, *Ipomea carnea*, *Limnobium laevigatus*, *Websteria confervoides*, *Ludwigia helminthoriza*, *Nymphaea alba*, *N. caerulea*, *N. rubra*, *Oxycarium cubense*, *Panicum parvifolium*, *Rynchospora tricii*, *Utricularia foliosa* e *U. myriocysta*. Destas, *Eleocharis interstincta* e *Websteria confervoides*, representaram 67,5% de cobertura nos reservatórios Prata e Meio. *Salvinia auriculata* e *Utricularia myriocista*, espécies comuns em Dois Irmãos e Dentro, representaram cerca de 30% de cobertura total, enquanto outras espécies foram representativas em apenas um reservatório, *Eichhornia crassipes* (Dentro) e *Nymphaea alba* e *Utricularia foliosa* (Dois Irmãos) (tabela 3).

A análise de similaridade de Bray Curtis mostrou graficamente as diferenças e como os dados referentes a florística estão distribuídos (Fig. 2).

Os resultados da PERMANOVA evidenciaram que não existe interação significativa entre os períodos sazonais (PERMANOVA, $F=0.06659$ e $p=0.069$), sendo significativas apenas as diferenças entre os ecossistemas (PERMANOVA: $F=0.62870$ e $p=0.001$).

Fig 2. Dendrograma apresentando a similaridade florística entre os quatro ecossistemas do Parque Estadual de Dois Irmãos, PE, entre outubro de 2014 e julho de 2015.

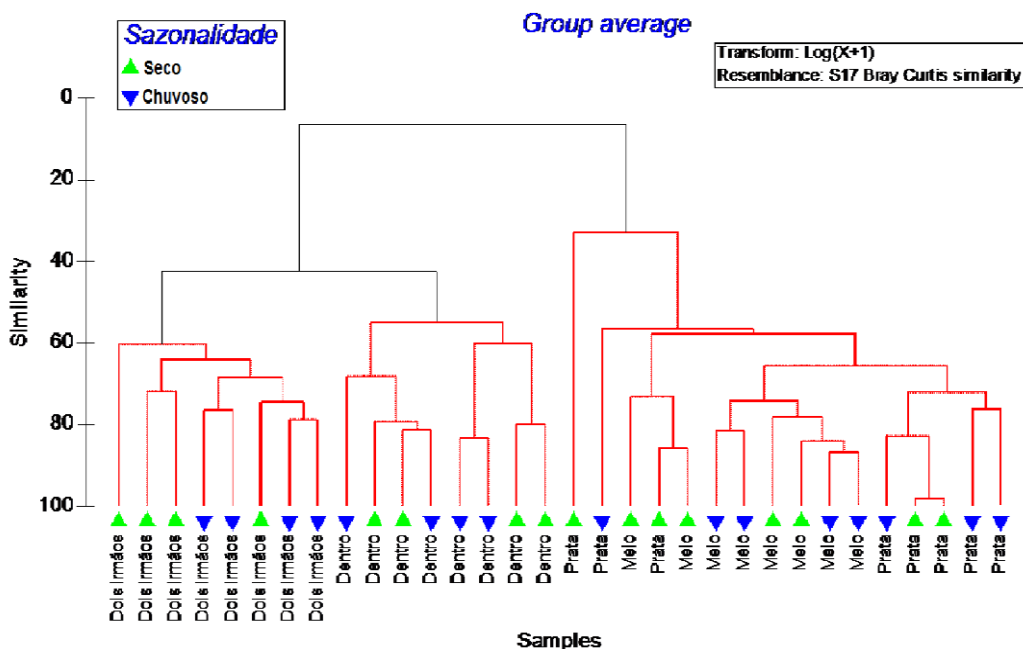


Tabela 3. Cobertura (%), forma biológica (FB) e frequência de ocorrência (FO) de plantas aquáticas nos quatro reservatórios localizados no Parque Estadual de Dois Irmãos, PE, entre outubro de 2014 e julho de 2015. Legenda: Anf = planta anfíbia, Eme = planta emergente, Flu = planta flutuante, Sub = planta submersa, Out = outubro/2014, Jan = janeiro/2015, Abr = abril/2015, Jul = julho/2015, E = esporádica, PF = pouco frequente, F = frequente, MF = muito frequente, + = cobertura < 0,1%. Valores em negrito = táxon estruturador

	FB	Prata		Meio		Dentro		Dois Irmãos		FO
		Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	
Samambaias										
<i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.) C. Presl	Anf	-	-	+	-	+	-	+	-	PF
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	Flu	-	-	+	0,05	55,05	32,90	29,56	33,97	MF
<i>S. mínima</i> Baker	Flu	-	-	-	-	-	-	0,34	-	PF
<i>Thelipteris</i> sp.	Anf	-	-	-	-	-	-	0,09	-	PF
Angiospermas										
<i>Aeschynomene sensitiva</i> P. Beauv.	Anf	-	-	-	-	0,06	0,06	-	+	PF
<i>Bacopa salzmanii</i> Wettst.	Eme	-	-	-	-	+	-	-	+	PF
<i>Blainvillea acmella</i> (L.) Philipson	Anf	-	-	-	-	-	+	-	+	PF
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	Anf	-	-	-	-	+	0,28	-	-	PF
<i>Brachiaria</i> sp.	Anf	-	-	-	-	-	-	-	0,33	PF
<i>Cabomba aquatica</i> Aubl.	Sub	-	-	1,74	4,92	7,23	3,65	5,76	4,91	MF
<i>C. furcata</i> Schult. & Schult. f.	Sub	-	-	-	-	-	-	0,41	-	PF
<i>Cyperus difusus</i> C.B. Clarke	Anf	-	-	-	-	+	+	+	+	F
<i>C. haspan</i> Kunth	Anf	+	+	-	-	-	-	-	+	PF
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	Flu	-	-	-	-	9,30	17,82	0,01	0,01	F
<i>Eleocharis acutangular</i> (Roxb.) Schult.	Eme	-	0,01	-	-	-	-	0,12	0,31	PF
<i>E. interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult.	Eme	30,50	30,51	29,42	44,56	-	-	-	+	F
<i>E. minima</i> Kunth	Eme	-	0,08	0,11	2,61	-	-	1,29	-	F
<i>Eleocharis mutata</i> (L.) Roem. & Schult.	Eme	0,49	6,73	-	-	-	-	-	+	PF
<i>Fuirena umbellata</i> Rottb.	Anf	-	0,11	0,11	0,11	-	0,01	0,30	0,09	MF
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i> L. f.	Anf	-	-	0,21	-	+	0,15	0,15	-	F
<i>H. verticillata</i> Turcz.	Anf	-	-	-	-	0,22	0,04	-	-	PF
<i>Homolepis aturensis</i> (Kunth) Chase	Anf	-	-	0,01	+	-	-	-	+	PF
<i>Hydrocleys nymphoides</i> (Willd.) Buch.	Flu	-	-	-	-	1,82	0,32	0,19	1,01	F

	FB	Prata		Meio		Dentro		Dois Irmãos		FO
		Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	
<i>Justicia comata</i> (L.) Lam.	Anf	-	-	-	-	-	-	-	+	PF
<i>Ipomea carnea</i> Jacq.	Anf	+	-	1,30	0,03	-	-	-	-	PF
<i>Kyllinga nemoralis</i> (J.R. Forst. & G. Forst.) Dandy ex Hutch. & Dalziel	Anf	-	-	-	-	-	+	-	-	PF
<i>Limnobiium laevigatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) C.V. Morton	Flu	-	-	-	-	+	8,21	+	-	PF
<i>Ludwigia grandiflora</i> (Michx.) Greuter & Burdet	Anf	-	-	-	-	-	-	0,74	0,04	PF
<i>L. helminthoriza</i> (Mart.) H. Hara	Flu	-	-	-	-	3,94	3,10	1,12	-	PF
<i>L. leptocarpa</i> (Nutt.) H. Hara	Eme	-	-	-	-	0,01	0,01	-	0,01	PF
<i>L. nervosa</i> (Poir.) H. Hara	Eme	-	-	-	-	-	+	0,17	0,09	PF
<i>Mayaca fluviatilis</i> Aubl.	Eme	-	-	0,01	0,01	-	0,01	-	0,02	F
<i>Momordica charantia</i> L.	Anf	-	-	-	-	+	-	-	-	PF
<i>Nymphaea alba</i> L.	Flu	-	-	-	-	-	-	14,37	19,09	PF
<i>N. caerulea</i> Savigny	Flu	-	-	-	-	-	-	4,59	1,29	PF
<i>N. rubra</i> Roxb.	Flu	-	-	0,01	+	-	-	5,28	6,53	F
<i>Nymphoides indica</i> (L.) Kuntze	Flu	-	-	-	-	0,38	-	-	0,01	PF
<i>Oxycarium cubense</i> (Poepp. & Kunth) Lye	Anf	-	0,36	-	-	1,81	3,67	0,27	0,79	F
<i>Panicum parvifolium</i> Lam.	Eme	+	4,67	-	-	-	-	-	-	PF
<i>Pterolepis glomerata</i> (Rottb.) Miq	Anf									
<i>Rhynchospora holoschoenoides</i> (Rich.) Herter	Anf	+	+	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	+	MF
<i>R. microcephala</i> (Britton) Britton ex Small	Anf	-	+	-	-	-	0,03	1,72	-	F
<i>R. tracyi</i> Britton	Anf	-	+	-	-	-	4,42	0,02	-	PF
<i>Schoenus negricans</i> Hoppe	Anf	-	-	-	-	-	-	-	+	PF
<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	Anf	+	0,01	+	0,01	+	0,04	-	+	MF
<i>Tonina fluviatilis</i> Aubl.	Eme	-	-	0,01	0,02	-	0,01	+	0,01	F
<i>Torenia thouarsii</i> (Cham. & Schltld.) Kuntze	Eme	-	-	-	-	-	+	-	+	PF
<i>Utricularia foliosa</i> L.	Sub	-	-	+	+	2,37	2,53	12,11	3,15	MF
<i>U. gibba</i> L.	Eme	0,32	0,11	0,26	0,40	0,03	0,63	0,21	0,13	MF
<i>U. myriocista</i> A. St.-Hil. & Girard	Sub	-	-	1,15	3,65	9,36	10,47	8,23	15,98	MF
<i>Vigna lasiocarpa</i> (Mart. ex Benth.) Verdc.	Anf	-	-	-	-	-	+	-	-	PF
<i>Websteria confervoides</i> (Poir.) S.S. Hooper	Sub	7,42	31,69	14,27	22,22	-	-	-	-	F

	FB	Prata		Meio		Dentro		Dois Irmãos		FO
		Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	
<i>Wlffiella lingulata</i> Hegelm.	Flu	-	-	-	-	-	-	0,04	-	PF
<i>Xyris hymenachne</i> Mart.	Anf	-	-	-	-	-	-	0,69	-	PF
<i>X. jupicai</i> L.	Anf	0,04	0,43	-	-	-	-	0,09	0,09	F
<i>X. savannensis</i> Miq.	Anf	+	+	-	+	-	+	-	+	F
Riqueza		11	16	18	17	23	29	31	39	
Cobertura total		38,79	74,71	48,62	78,62	91,60	88,42	87,88	87,87	

O modelo gerado pela Análise de Correspondência Canônica explicou 37,03% da variabilidade, sendo 94% destes pelos dois primeiros eixos de ordenação. O primeiro eixo mostrou a variação espacial, com as unidades amostrais de Prata e Meio do lado esquerdo, e as unidades amostrais de Dentro e Dois Irmãos no lado direito. As variáveis que se correlacionaram com este eixo foram nitrito ($p = 0,001$), fósforo total ($p = 0,050$) e clorofila ($0,085$). A submersa *Websteria confervoides* e as emergentes *Eleocharis minima*, *E. mutata* e *Panicum parvifolium* se posicionaram no lado negativo, enquanto as flutuantes *Ludwigia helminthoriza*, *Nymphaea caerulea* e *Salvinia auriculata* e as submersas *Utricularia foliosa* e *U. myriocysta* no lado positivo (Fig. 3). As variáveis que foram significativas e portanto influenciam na estruturação da comunidade, foram nitrito e fósforo total.

Já o segundo eixo separou as unidades amostrais dos ecossistemas mais eutrofizados, com Dois Irmãos no lado inferior e Dentro superior ao eixo. Clorofila a ($0,085$) foi a única variável relacionada ao eixo, mas não foi significativa. As flutuantes *Eichhornia crassipes*, *Lymnobiium laevigatum* e a anfíbia *Oxycaryum cubense* se posicionaram associadas as unidades amostrais de Dentro enquanto a emergente *Rhynchosphora tracyi* às de Dois Irmãos.

A análise de Espécies Indicadoras mostrou a existência de 11 espécies, indicando o estado trófico nos ecossistemas estudados. *Eichhornia crassipes*, *Ludwigia helminthoriza*, *Oxycarium cubense*, *Lymnobiium laevigatum* e *Cyperus difusus* foram indicativos de ambientes eutrofizados, sendo as duas últimas espécies mais relacionadas a condição de hipertrofia. *Websteria confervoides* e os táxons do gênero *Eleocharis* (*E. interstincta*, *E. minima* e *E. mutata*) foram indicativos de ambientes oligotróficos, sendo *E. mutata*, mais fortemente relacionada a condição de ultraoligotrofia. *Salvinia auriculata* não se relacionou a unidades amostrais com águas oligotróficas enquanto *Cabomba aquatica* não ocorreu em ambientes ultraoligotróficos (Fig. 4).

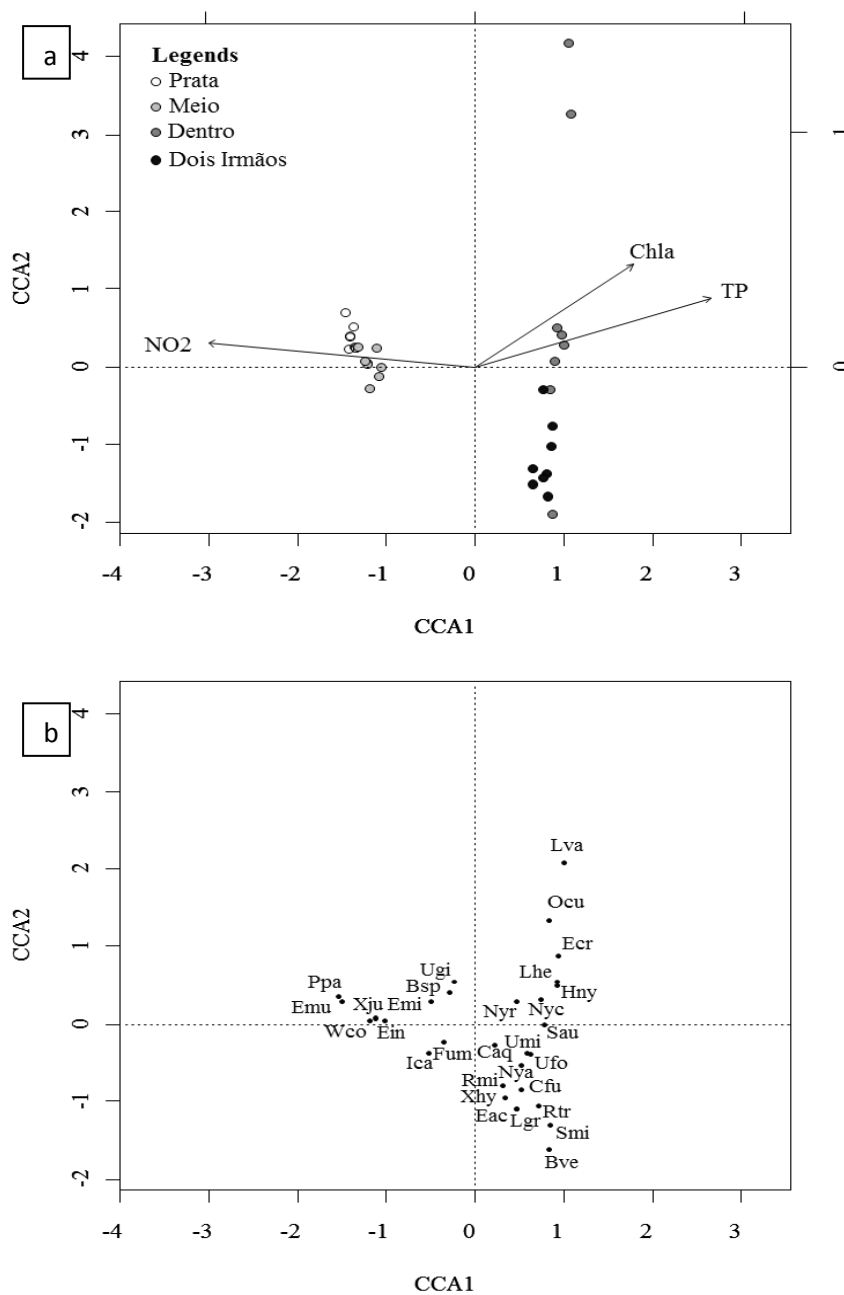


Fig 3. Diagrama gerado pela Análise de Correspondência Canônica entre os quatro reservatórios do Parque Estadual de Dois Irmãos, PE, entre outubro de 2014 e julho de 2015. Onde: a=agrupamento dos reservatórios em torno das variáveis abióticas, variáveis: No2= nitrato, Chla= Clorofila *a*, TP= Fósforo Total, b= agrupamento das principais espécies que apresentaram acima de 1% de cobertura. Espécies: *Salvinia auriculata* (Sau), *Cabomba aquatica*, (Caq) *Eichhornia crassipes* (Ecr), *Eleocharis interstincta* (Ein), *E. mutata* (Emu), *Ipomea cárnea* (Ica), *Limnobium laevigatus* (Lla), *Websteria confervoides* (Wco), *Ludwigia helminthoriza* (Lhe), *Nymphaeaa alba* (Nya), *N. caerulea* (Nyc), *N. rubra* (Nyr), *Oxycarium cubense* (Ocu), *Panicum parvifolium* (Ppa), *Rynchosphora tricii* (Rtr), *Utricularia foliosa* (Ufo) e *U. myriocysta* (Umy).

Discussão

Os ecossistemas, quando conectados, possuem a capacidade de influenciar outros reservatórios posteriores a ele, seja através de variáveis abióticas, como, por exemplo: características limnológicas ou bióticas (flora), no entanto a intensidade dessa influência dependerá da profundidade do ecossistema, níveis tróficos e distância entre eles (Barbosa et al., 1999; Tundisi e Tundisi, 2008).

Em nossa pesquisa, os reservatórios localizados á montante, apresentaram-se oligotróficos e com predomínio de espécies submersas, diferindo do reservatório á jusante, onde exibiu elevação da condição trófica e predomínio de espécies flutuantes. A quantidade de espécies aumentou na cascata no sentido montante, jusante, assim como o nível trófico.

A elevação do estado trófico está ligada a diferentes explicações, podendo ser citadas: maior aporte de nutrientes, decomposição, desmineralização, ação antrópica entre outras (Thomaz & Bini, 1998; Rodger et al., 2005; Meyer e Franceschinelli, 2011). Em nosso trabalho, acreditamos que o entorno tenha um papel relevante nesse processo haja vista que dois reservatórios á montante são circundados por um remanescente florestal e os demais pelo zoológico e área urbana. Os reservatórios apresentaram diferentes graus de trofia, os utilizados para abastecimento (Prata e Meio) foram classificados como ultraoligotrófico à eutrófico, sendo predominantemente oligotróficos enquanto que, Dentro foi eutrófico a supereutrófico, na maioria dos períodos se manteve como eutrófico, e Dois Irmãos, variou desde mesotrófico a hipereutrófico, mas predominantemente mesotrófico. Os reservatórios protegidos pelo remanescente florestal, ainda conservam características limnológicas similares á época em que foram construídos, conforme Silvestre e Carvalho (1998) e Weber e Rezende (1998), no entanto, os reservatórios á jusante, e expostos a maiores pressões antrópicas, já não apresentam tais características, e refletem isso através das condição trófica e dos tipos biológicos existentes. A partir daí, pode-se afirmar que há dois estados alternativos de estabilidade para os ecossistemas aquáticos do PEDF, um, com baixos níveis de fósforo e clorofila onde dominam as submersas e um segundo, onde as condições de estabilidade com elevados níveis de nutrientes e maiores concentrações de clorofila têm espécies flutuantes como estado estável alternativo, conforme já verificado para ambientes tropicais (Scheffer et al., 2002).

Quanto à riqueza florística, foi evidenciado o aumento no reservatório à jusante, com 90% dos táxons, esse resultado está de acordo com a teoria de reservatórios em cascata, pois ao seu posicionamento no ecossistema facilita o transporte de sementes e esporos (Tundisi e Tundisi, 2008). Outra possibilidade é a oferta de recurso, ou seja, o efeito do aumento trófico com disponibilidade de nutrientes (Smith e Schindler, 1999; Botino et al., 2013).

Apesar do padrão de riqueza ter esta característica de aumento longitudinal, os ecossistemas apresentaram uma composição distinta, conforme visto na análise de similaridade, e apenas duas espécies foram frequentes em todos os ecossistemas (*Rynchosphora holochoenoides* e *Utricularia gibba*). Isso nos leva a crer que as características ambientais foram fortemente relacionadas à variação de composição destes ecossistemas tão próximos e conectados. De fato, os ecossistemas que foram mais similares apresentaram características mais eutróficas (águas turvas, elevadas concentrações de nutriente e clorofila *a*). Estas características são comumente relacionadas à estruturação das plantas aquáticas nos mais diferentes locais (p.e. Biudes e Camargo, 2008; Kisson et al., 2013).

Embora a sazonalidade seja relacionada como uma característica importante para explicação dos padrões de composição e estrutura de plantas aquáticas (Camargo et al., 2006; Biudes e Camargo, 2008; Kosten et al., 2009, Kufner et al., 2011), no presente estudo não houve dissimilaridade de composição e estrutura entre os períodos sazonais. Isso só vem reforçar a ideia de que a variação da riqueza e composição na microbacia do Prata, no Parque Estadual de Dois Irmãos, é relacionada à alta heterogeneidade de ecossistemas aquáticos e favoráveis condições ambientais. Essas informações corroboram com os resultados de Moura-Júnior et al. (2009), que realizaram estudos em dois dos reservatórios estudados (Meio e Prata) e verificaram a ocorrência de 48 espécies de macrófitas aquáticas, os autores atribuíram a alta diversidade à heterogeneidade bacia hidrográfica e condições ambientais. dos ecossistemas.

Outros estudos não encontraram variação da composição e estrutura de plantas aquáticas em função da sazonalidade. Rubim e Camargo, (2001), no Rio Preto em São Paulo, em estudo sobre taxa de crescimento de *Salvinia*, Silva et al. (2014), realizaram pesquisas em Curitiba Paraná em reservatórios urbanos, em seus resultados cada reservatório apresentou diferentes comunidades de macrófitas aquáticas e espécies indicadoras particulares. De acordo com estes autores, a sazonalidade apresentou pouca influência devido à pequena quantidade de plantas e altas temperaturas durante todo o ano.

Foi verificado que existe dependência de espécies de plantas a diferentes graus de trofia, pois as espécies que são encontradas em ambientes oligotróficos não são as mesmas dos ambientes eutróficos (Pott et al., 1989, Alahuhta et al., 2013; Albertoni et al., 2014). Algumas espécies como *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes*, relaciona-se positivamente com os nutrientes (fósforo) e de forma negativa com a transparência, podendo co-existir com espécies submersas como *Utricularia* que são plantas carnívoras e não competem pelos mesmos recursos conforme já verificado em outros estudos (Gopal e Goel, 1993; Rubim e Camargo, 2001). *Eleocharis interstincta* e *Websteria confervoides*, por serem plantas emergentes e submersas, respectivamente, são influenciadas de forma positiva pelos baixos níveis de nutrientes (Scheffer, 1993; Sayer et al., 2010).

Nossos resultados rejeitaram parcialmente uma das hipóteses iniciais, que a estrutura das plantas aquáticas é afetada pela sazonalidade e pelo fitoplâncton sendo, portanto, a estrutura da macroflora mais fortemente influenciada pelos nutrientes. A segunda hipótese foi confirmada, pela existência de tipos biológicos distintos de acordo com a trofia. Os resultados deste estudo reforçam a teoria de reservatórios em cascata, o fator nutriente foi um dos principais fatores que influenciaram o padrão de cobertura vegetal com submersas em ambientes oligotróficos e (em nosso caso montante) e flutuantes em ambientes eutrofizados à jusante.

Agradecimentos

Agradecemos ao PPBio Mata Atlântica (23082.009572/2015-81). Ao programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco. A primeira autora agradece ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de mestrado (132547/2014-7). A administração do Parque Estadual de Dois Irmãos pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa.

Referências Bibliográficas

- Albertoni, E.F., Silva, C. P., Trindade, C. R. T. , Furlanetto, L, M., 2014. **Field evidence of the influence of aquatic macrophytes on water quality in a shallow eutrophic lake over a 13-year period.** Act. Limn. Bras. 26, no. 2, p. 176-18.
- Alahuhta, J., Kanninen, A., Hellstene S., Vuorif, K. M., Kuoppalae M. Hämäläinen H., 2013. **Environmental and spatial correlates of community composition, richness and status of boreal lake macrophytes.** Ecol. Ind. 32 p. 172–181.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., 2014. **Koppen’s climate classification map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, No. 6, 711–728
- Biudes, J.F.V., Camargo, A.F.M., 2008. **Estudo dos fatores limitantes à produção primária por macrófitas aquáticas no Brasil.** Oecol. Brasi., 12(1): 7-9.
- Bini, M., Thomaz, S. M., Murphy, K. J., Camargo, A. F. M., 1999. **Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil.** Hidrob. 415, p. 147-154.
- Blindow, I., Hargeby, A., Meyercordt, J., Schubert, H. 2006. **Primary production in two shallow lakes with contrasting plant form dominance: A paradox of enrichment?** Limnol. Oceanogr., 51(6).
- Bottino, F., Calijuri, M. C., Murphy, K. J., 2013. **Temporal and spatial variation of limnological variables and biomass of different macrophyte species in a Neotropical reservoir (São Paulo –Brazil).** Act. Limnol. Brasil .25, no. 4, p. 387-397,
- Braun-Blanquet, J. 1954. **Fitosociología, bases para el estudio de las comunidades vegetales.** H. Blume, Madrid.
- Camargo, A. F. M., Pezzato, M. M., Henry-Silva, G. G., & Assumpção, A. M., 2006. **Primary production of Utricularia foliosa L., Egeria densa Planchon and Cabomba furcata Schult & Schult. f from rivers of the coastal plain of the State of São Paulo,**

Brazil. *Hydrob.* 570(1), 35-39.

Canfield, R., 1984. **Prediction of Chlorophyll a Concentrations in Florida Lakes: Importance of Aquatic macrophytes.** . *Aquat. Sci.*, 41.

Coutinho, et al. **Características climáticas, geológicas, geomorfológicas e geotécnicas da Reserva Ecológica de Dois Irmãos.** In: Machado, I. C.; Lopes, A. V.; Porto, J. C. (Eds.). *Reserva Ecológica de Dois Irmãos: Estudos em um remanescente de mata Atlântica em área urbana (Recife – Pernambuco – Brasil).* Recife: Editora Universitária da UFPE, 1998. p. 21-49.

Chamara,R., Szymeja, J., Banás, K., 2014. **Factors controlling the frequency and biomass of submerged vegetation in outwash lakes supplied with surface water or groundwater.** *Bor. Envir. res.* 19: 168–180

Cunha D. G. F., Calijuria, M. C., Lamparelli M. C. 2013. **A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSIts).** *Ecol. Engin.* 60 p. 126 –13.

Golterman, H., Clymo, R.S., Ohnstad, M.A.M., 1971. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters.** No 8, 2nd edition. Oxford: Blackwell Scientific Publications, IBP Handbook, pp. 213.

Gopal, B.R.I.J., GOEL, U. 1993. **Competition and Allelopathy in Aquatic Plant Communities.** *The Bot. Rev.* 59, No. 3

Kissoon, L. T. T. Jacob, D. L., Hanson M. A., Herwig B.R., Bowe, S. E. Otte, M. L. 2013. **Macrophytes in shallow lakes: Relation ships with water, sediment and watershed characteristics.** *Aquat. Bot.* 109 p. 39–48

Koroleff, F., 1976. Determination of nutrients. In: Grasshoff, K. (Ed.), *Methods of seawater analysis*, VerlagChemie, Weinheim, pp. 117-187.

Kufner, D.C.L., Edna S. D., Adriana G. C. 2011. **Composição florística e variação sazonal da biomassa de macrófitas aquáticas em lagoa de meandro do Pantanal.** *Rodrig.* 62(4), p. 803-812.

Laranja, R.E.P., Passos, M.M., Eiten, G. 2006. **Princípios e métodos de estudo nos grupamentos vegetais: Uma revisão.** Geograf. n°5.

Mateucci, S.D.; Colma, A. 1982. **La Metodologia para el Estudio de la Vegetacion.** Coleccion de Monografias Científicas. Série Biologia. 1(1): 1-168.

Mackereth, F.J.H., Heron, J., Talling, J.F., 1978. **Water analysis: Some revised methods for limnologists.** Freshw. Biol.

Meyer, S.T.; Franceschinelli, E.V., 2011. **Influência de variáveis limnológicas sobre a comunidade das macrófitas aquáticas em rios e lagoas da Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil.** Rodrig. 62(4): 743-758.

Moura-Júnior, E. G.; Silva, S.S.L.; Lima, L.F.; Lima, P.B.; Almeida Jr. E.B.; Pessoa, L.M.; Santos-Filho, F.S.; Medeiros, D.P.W.; Pimentel, R.M.M.; Zíquel, C.S. 2009. **Diversidade de Plantas Aquáticas Vasculares em Açudes do Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), Recife-Pernambuco.** Rev.de Geog. Recife: UFPE – DCG/NAPA, 26, n. 3.

Pott, J.V.; Pott, A. 2000. **Plantas Aquáticas do Pantanal.** Embrapa. Corumbá 404 p.

Pott, V.J., Bueno, N.C., Pereira, R.A.C., M. De Salis, S.M., Vieira, N.L., 1989. **Distribuição de macrófitas aquáticas numa lagoa na fazenda Nhumirim, Nhecolândia, Pantanal, MS.** Acta Bot. Bras. 3(2):

Rubim, M.A L.; Camargo, A.F.M. 2001. **Taxa de crescimento específico da macrófita *Salvía molesta* Mitchell em um braço do rio Preto, Itanhaém, São Paulo.** Act. Limnol. brasil.

Sârbu, A., Janauer, J., Schmidt-Mumm, U., Filzmoser, P., Smarandache, D., Pascale, G. 2011. **Characterisation of the potamal Danube River and the Delta: connectivity determines indicative macrophyte assemblages.** Hydrob.671:75–93

Santamaria, L. 2002. **Why are most aquatic plants widely distributed? Dispersal, clonal growth and small-scale heterogeneity in a stressful environment.** Acta. Oecol. v.23, p. 137–154.

Sayer, C.D., Davidson, T.A., JONES, J.I. 2010. **Seasonal dynamics of macrophytes and phytoplankton in shallow lakes: a eutrophication-driven pathway from plants to plankton?** *Freshw. Biol.* 55, 500–513

Scheffer, M., Redelijkheid, M.R., Noppert, F. 1993. **Distribution and dynamics of submerged vegetation in a chain of shallow eutrophic lakes.** *Aquat. Bot.* 42, 199-216.

Scheffer, M., Szabo, S., Gragnani, A., Nes, E.H.V., Rinaldi, S., Kautsky, N., Norberg, J., Roijackers, R.M.M, Franken, R.J.M. 2002. **Floating plant dominance as a stable state.** *PNAS*, 100 no.7

Scheffer, M., Carpenter et al. 2003. **Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation.** *TRENDS in Ecol. and Evol.* 18 No.12

Silvestre, A.P.N; Carvalho, P.V.V.B.C. 1998. **Bacia do Prata: aspectos qualitativos da água.** In: Machado, I.C.; Lopes, A.V.; Pôrto, K.C. Reserva ecológica de Dois Irmãos: estudos em um remanescente de mata Atlântica em área urbana (Recife – Pernambuco – Brasil). Recife, SECTMA. pp.51-64.

Thomaz, S.M., 2002. **Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo.** *Plant. Dan.* Viçosa-MG, v.20, p.21-33. Edição Especial.

Thomaz, S.M.; Bini, L. M., 1998. **Ecologia e manejo de macrófitas aquática sem reservatório.** *Act. Limnol. Brasil.* Vol.10 (1).

Tundisi, J. G., Tundisi, T. M. 2008. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de textos.

Van der Heide, T., Rudi M.M. Roijackers, R.M.M., Van Nes, E.H., Peeters, E. T.H.M. 2006 **A simple equation for describing the temperature dependent growth of free-floating macrophytes.** *Aquat. Bot.* 84, p. 171–175.

Van Nes, E. H., Scheffer, M., van den Berg, M. S., & Coops, H. 2002. **Dominance of charophytes in eutrophic shallow lakes—when should we expect it to be an alternative stable state?** *Aquat. Bot.* 72(3), 275-296.

- Van Nes, E. H., Scheffer, M., van den Berg, M. S., & Coops, H. 2003. **Charisma: a spatial explicit simulation model of submerged macrophytes**. *Ecolog. Model.* 159(2), 103-116.
- Silva, S.C.A.; Cervi, A.C.; Bona, C.; Padial, A. 2014. **Aquatic macrophyte community varies in urban reservoirs with different degrees of eutrophication** vol. 26, no. 2, p. 129-142 *Act. Limnol. Brasil*.
- Smith, Val H.; Schindler, D. W. 2009. Eutrophication science: where do we go from here?. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 24, n. 4, p. 201-207.
- Strickland, J.D., Parsons, T.R., 1965. **A manual of sea water analysis**. **Bulletin of the Fisheries**. Res. Boar. of Can., 125, 1-185.
- Weber, A., Rezende, S.M. 1998. **Reserva ecológica e Parque dois irmãos histórico e situação atual**. In: Machado, I. C.; Lopes, A. V.; Porto, J. C. (Eds.). *Reserva Ecológica de Dois Irmãos: Estudos em um remanescente de mata Atlântica em área urbana (Recife – Pernambuco – Brasil)*. Recife: Editora Universitária da UFPE, p. 21-49.

ANEXO

Normas para publicação na AquaticBotany

GUIDE FOR AUTHORS

INTRODUCTION

Aquatic Botany is concerned with fundamental studies on structure, function, dynamics and classification of plant-dominated aquatic communities and ecosystems, as well as molecular, biochemical and physiological aspects of aquatic plants. It is also an outlet for papers dealing with applied research on plant-dominated aquatic systems, including the consequences of disturbance (e.g. transplantation, influence of herbicides and other chemicals, thermal pollution, biological control, grazing and disease), the use of aquatic plants, conservation of resources, and all aspects of aquatic plant production and decomposition.

Types of paper

1. Original research papers (Regular Papers)
2. Review articles
3. Short Communications
4. Letters to the Editor

Regular papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form.

Review articles should cover subjects falling within the scope of the journal which are of active current interest. They may be submitted or invited.

A Short Communication

Results and discussion can be combined in a short communication, while they should be separate sections in regular papers. Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than 3500 words including references, 2 figures or 2 tables or one of each *Letters to the Editor* offering comment or appropriate critique on material published in the journal are welcomed. The decision to publish submitted letters rests purely with the Editor-in-Chief.

Authors are encouraged to place all species distribution records in a publicly accessible database such as the national Global Biodiversity Information Facility (GBIF) nodes (www.gbif.org) or data centers endorsed by GBIF, including BioFresh (www.freshwaterbiodiversity.eu)"

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/sharingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

AUTHOR INFORMATION PACK 9 Sep 2015 www.elsevier.com/locate/aquabot 4

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted

manuscripts:

Before the accepted manuscript is published in an online issue: Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

PREPARATION

Use of wordprocessing software

It is important that the file be saved in the native format of the wordprocessor used. The text should be in single-column format. The document must have line numbers inserted. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the wordprocessor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork. To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your wordprocessor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Experimental

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of

each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**

AUTHOR INFORMATION PACK 9 Sep 2015 www.elsevier.com/locate/aquabot 7

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required, no longer than 250 words. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separate from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, they must be cited in full, without reference to the reference list. Also, nonstandard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: Illustration Service.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, "and", "of"). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI.

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork Electronic

artwork General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.

AUTHOR INFORMATION PACK 9 Sep 2015 www.elsevier.com/locate/aquabot 8

- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below): EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts. TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi. TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations

are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please

indicate your preference for color: in print or online only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications that can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication. AUTHOR INFORMATION PACK 9 Sep 2015 www.elsevier.com/locate/aquabot 9 *Reference links*

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is

encouraged.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have a standard template available in key reference management packages. This covers packages using the Citation Style Language, such as Mendeley (<http://www.mendeley.com/features/reference-manager>) and also others like EndNote (<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>) and Reference Manager (<http://refman.com/downloads/styles>). Using plug-ins to word processing packages which are available from the above sites, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article and the list of references and citations to these will be formatted according to the journal style as described in this Guide. The process of including templates in these packages is constantly ongoing. If the journal you are looking for does not have a template available yet, please see the list of sample references and citations provided in this Guide to help you format these according to the journal style. If you manage your research with Mendeley Desktop, you can easily install the reference style for this journal by clicking the link below: <http://open.mendeley.com/use-citation-style/aquatic-botany>. When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plugins for Microsoft Word or LibreOffice. For more information about the Citation Style Language, visit <http://citationstyles.org>.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text:

All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by "et al." and the year of publication. Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed chronologically.

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

Use the following system for arranging your references:

a. For periodicals

Stewart, D.A., Agnew, D., Boyd, R., Briggs, R., Toland, P., 1993. The derivation of changes in Nephrops per unit effort values for the Northern Ireland fishing fleet. *Fish. Res.* 17, 273-292.

AUTHOR INFORMATION PACK 9 Sep 2015 www.elsevier.com/locate/aquabot 10

b. For edited symposia, special issues, etc. published in a periodical

Roberts, R.J., 1993. Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids. In: Bruno, D.W. (Ed.), *Pathological conditions of wild salmonids*. *Fish. Res.* 17, 3-14.

c. For books

Gaugh, Jr., H.G., 1992. *Statistical Analysis of Regional Yield Trials*. Elsevier, Amsterdam.

d. For multi-author books

Bucke, D., 1989. Histology. In: Austin, B., Austin, D.A. (Eds.), *Methods for the Microbiological Examination of Fish and Shellfish*. Wiley, New York, pp. 69-97.

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. However, the titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a notation such as "(in Russian)" or "(in Greek, with English abstract)" should be added. Work accepted for publication but not yet published

should be referred to as "in press". References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations:
<http://www.issn.org/services/online-services/access-to-the-lt>