

EDSON GOMES DE MOURA JÚNIOR

**RESPOSTA QUALI-QUANTITATIVA DA FLORA AQUÁTICA
VASCULAR À ALTERAÇÃO DO REGIME HIDROLÓGICO EM
RESERVATÓRIOS DO NORDESTE DO BRASIL**

RECIFE

2012

EDSON GOMES DE MOURA JÚNIOR

**RESPOSTA QUALI-QUANTITATIVA DA FLORA AQUÁTICA
VASCULAR À ALTERAÇÃO DO REGIME HIDROLÓGICO EM
RESERVATÓRIOS DO NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB), da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Botânica.

ORIENTADORA

Prof^ª. Dra Carmen Silvia Zickel

CO-ORIENTADOR

Prof^º. Dr. William Severi

RECIFE

2012

Ficha Catalográfica

M929r Moura Júnior, Edson Gomes de
 Resposta quali-quantitativa da flora aquática vascular
 à alteração do regime hidrológicos em reservatórios
 do Nordeste do Brasil / Edson Gomes de Moura Júnior. – 2012.
 86 p. : il.

 Orientador (a): Carmem Silva Zickel.
 Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade
 Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia,
 Recife, 2012.

 Inclui anexos, apêndice e referências.

 1. Macrófitas 2. Ecossistemas aquáticos 3. Reservatórios
 I. Zickel, Carmem Silva, Orientadora II. Título

CDD 581

EDSON GOMES DE MOURA JÚNIOR

**RESPOSTA QUALI-QUANTITATIVA DA FLORA AQUÁTICA VASCULAR À
ALTERAÇÃO DO REGIME HIDROLÓGICO EM RESERVATÓRIOS DO NORDESTE
DO BRASIL**

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

Defendida em: 15/02/2012

Banca examinadora

Orientadora:

Prof^ª. Dr^ª Carmen Silvia Zickel

Examinadores:

Prof^ª. Dr^ª. Enide Eskinazi-Leça
Titular / UFRPE

Prof^ª. Dr. Ênio Wocyli Dantas
Titular / UEPB

Prof^ª. Dr^ª. Karine Matos Magalhães
Titular / UFRPE

Prof^ª. Dr^ª. Simone Santos Lira Silva
Suplente / UFRPE

RECIFE

2012

Dedicatória:

Ao meu irmão Lucas André Gualberto de Moura e aos meus pais Edson Gomes de Moura e Lúcia de Fátima Gualberto Correia de Moura pelo incentivo, companheirismo, aconselhamento e amor incondicional.

Agradecimentos:

Agradeço primeiramente a Deus por ter guiado minha vida, me mostrado o caminho do bem, me presenteado com uma bela família, me cercado de grandes amigos e me livrado de todos os males que o mundo me ofereceu.

Aos meus queridos orientadores Carmen Zickel e William Severi pela amizade, paciência, dedicação e confiança. Sem vocês dificilmente eu chegaria aonde cheguei e conseguiria alcançar o título de mestre em Botânica. De vocês, lembrarei com carinho dos maravilhosos momentos de descontração e aprendizagem. Muito Obrigado!

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Botânica, em especial aos doutores Ariadne Moura, Elba Ferraz, Elcida Araújo, Enide Eskinazi-Leça e Ulysses Albuquerque pelos ensinamentos que me fizeram crescer como pesquisador e que me levaram a entender que a vida também é construída de críticas, cobranças e profissionalismo.

Aos professores externos Ana Odete, Ênio Wocyl, Luciana Kamino e Roxana Barreto pelos ensinamentos nas demais disciplinas do mestrado.

Aos membros da pré-banca, Enide Eskinazi-Leça, Ênio Wocyl, Karine Matos e Simone Silva, pelas importantes sugestões e contribuições na dissertação.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Botânica Manassés Araújo, Kênia Muniz e Otaniel Júnior pelo apoio burocrático durante a dissertação.

Aos parentes da família Laffec Angélica Ferreira, Carmen Zickel, Daniel Portela, Eduardo Almeida, Francisco Soares, Liliane Lima, Luciana Maranhão, Maria Claudjane, Patrícia Barbosa, Simone Silva, Tássia Pinheiro e Valdira Santos por partilhar sonhos, realizações, decepções (essas foram várias!), conselhos, conversas, coletas, congressos, aventuras, farras, brincadeiras, sorrisos e piadas, ou seja, tudo que uma família de verdade faz no seu dia-a-dia. Em especial, eu queria agradecer aos meus três amores Liliane, Patrícia e Tássia pelo

carinho, respeito, cumplicidade, parceria e paciência que tiveram comigo esses dois anos. Vocês foram a minha motivação, obrigado meus amores. Serei eternamente grato!

Aos colegas de curso Alejandro, Andréa, Andresa, Danielli, Diego, Emanuel, Helton, Ivanilda, José Ribamar, Josiene, Juliana (Leven), Juliana (Latax), Liliane, Luciana (Latax), Mariana, Micheline, Nisia, Patrícia e Paula pelos momentos de descontração, alegria, cobranças e avaliações durante essa longa caminhada.

Aos amigos pesquisadores Ênio, Giulliani, Isi de Goreth e Maria Carolina (Carol Abreu) pelos momentos de seriedade e profissionalismo, além das horas de risadas e diversão que passamos juntos.

Aos membros das famílias Moura e Gualberto, por me darem os ensinamentos necessários para construir uma vida baseada no amor, no respeito ao próximo, no comprometimento com os afazeres, na alegria e na simplicidade. Em especial aos meus avós João Gomes de Moura (in memorium), Severina Gomes (in memorium), Fenelon Craujo (in memorium) e Tereza Gualberto por me ensinarem os princípios básicos da família.

Aos meus pais Edson Moura e Lucia de Fátima pelo carinho, paciência, respeito e dedicação para comigo, sobretudo nos últimos (difíceis) anos. Ao meu irmão Lucas Moura pelos inesquecíveis momentos de brincadeiras, risadas, tabeas e carinhos (te amo meu velho).

A minha afilhada Marina pelo seu amor, a Giselle Karine pelo carinho e aos irmãos que a vida me deu Amanda, André, Adriano (Deiso), Ana Carolina, Anderson, Carlos Eduardo, Cristiano, Cyllele, Daniele, Diego, Emilia, Flávio (Negão), Geórgia, Juliana, Mariana, Marcos (Kiko), Marília, Paulo (Bola), Rafael, Rodrigo, Sávio e Thiago pela amizade, carinho e respeito com que me trataram ao longo desses 26 anos. Em especial ao meu "irmão" e compadre Helton Soriano por me ensinar que a vida é muito mais fácil, engraçada e feliz de que parece ser.

A todos vocês meu muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
RESUMO.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
<i>Estudos qualitativos de macrófitas aquáticas em reservatórios do Brasil.....</i>	17
<i>Estudos quantitativos de macrófitas aquáticas em reservatórios do Brasil.....</i>	20
<i>Plantas aquáticas em ambientes influenciados por variação do regime hidrológico..</i>	22
3. REFERÊNCIAS.....	26
4. MANUSCRITO.....	35
UM PULSO DE INUNDAÇÃO É CAPAZ DE AFETAR A FLORA, RIQUEZA E BIOMASSA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM RESERVATÓRIOS TROPICAIS?	
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	37
INTRODUÇÃO.....	38
MATERIAL E MÉTODOS.....	40
<i>Descrição da área de estudo e do pulso de inundação.....</i>	40
<i>Períodos de amostragem.....</i>	41
<i>Amostragem florística.....</i>	41
<i>Amostragem da Biomassa.....</i>	42
<i>Amostragem das variáveis hidrológicas.....</i>	43
<i>Análise estatística.....</i>	43
RESULTADOS.....	44
<i>Riqueza e composição florística.....</i>	44
<i>Biomassa.....</i>	46
<i>Variáveis hidrológicas.....</i>	47
<i>Variáveis hidrológicas x riqueza.....</i>	47
<i>Variáveis hidrológicas x Biomassa.....</i>	48
DISCUSSÃO.....	49
AGRADECIMENTOS.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
5. APÊNDICES.....	72
6. NORMAS DA REVISTA HYDROBIOLOGIA.....	74

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa hidrológico do estado de Pernambuco, Brasil, com a localização geográfica dos reservatórios estudados: CUR - Reservatório Cursai; e TAP - Reservatório de Tapacurá. Fonte do mapa hidrológico de estado de Pernambuco (Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP, 1998)..... 59
- Figura 2.** Valores de mediana, máximo e mínimo da riqueza de macrófitas aquáticas nos períodos pré e pós-inundação, para os reservatórios de Cursai (A) e Tapacurá (B). 60
- Figura 3.** Dendrograma da similaridade florística das macrófitas aquáticas para as parcelas do período anterior (C1,C2,C3,C4) e posterior ao pulso de inundação (C5,C6,C7,C8) dos reservatório de Cursai (A) e Tapacurá (B), acompanhado do teste de permutação Monte Carlo = 0,84 (com 2.000 replicações, $\alpha = 5\%$)..... 61
- Figura 4.** Valores de mediana, máximo e mínimo da biomassa total de macrófitas aquáticas nos períodos pré e pós-inundação, para os reservatórios de Cursai (A) e Tapacurá (B)..... 62
- Figura 5.** Representação da Análise de Correspondência Canônica (CCA), segundo a biomassa das espécies de macrófitas aquáticas pelas unidades amostrais dos períodos pré e pós-inundação dos reservatórios de Cursai e Tapacurá. (CC) – coleta em Cursai; (TC) – coleta em Tapacurá; (1,2,3...8) – número de ordem da coleta; (O) – unidade amostral; (Δ) – espécie de macrófita; (Pist) – *Pistia stratiotes* L.; (Eicr) – *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms; (Saau) – *Salvinia auriculata* Aubl.; (Pofe) – *Polygonum ferrugineum* Wedd.; (Hysp) – *Hydrocotyle ranunculoides* L.f.; (Pasp) – *Paspalidium* sp.; (Luhe) – *Ludwigia helminthorriza* (Mart.) H. Hara; (Oxcu) – *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Palla; (Tem) – temperatura; (NO3) – nitrato; (PT) – fósforo total; (Oxig) – oxigênio dissolvido..... 63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de precipitação acumulada a cada dez dias, registradas para a estação Metrológica da Reserva da Tapacurá, entre os anos de 2005 e 2011. Fonte: LAMEPE/ITEP (2011).....	61
Tabela 2. Variáveis abióticas analisadas e as respectivas metodologias utilizadas.....	65
Tabela 3. Lista de espécies (por família) e percentual de frequência de ocorrência FO(%) das espécies de macrófitas aquáticas identificadas nos reservatórios de Cursai e Tapacurá, nos períodos pré e pós-inundação. (+) – presença; (-) – ausência; (C1,C2,C3,C4) – parcelas do período anterior ao pulso de inundação; e (C5,C6,C7,C8) – parcelas posterior ao pulso de inundação.....	66
Tabela 4. Média e desvio padrão da biomassa total das espécies registradas nos estantes amostrais dos reservatórios de Cursai (A) e Tapacurá (B), nos períodos pré e pós-inundação. Legenda: (-) espécie não registrada nas amostras.....	68
Tabela 5. Valores de média, desvio padrão e teste t (<i>p</i>) das variáveis hidrológicas: profundidade; transparência; temperatura; oxigênio dissolvido; condutividade; turbidez; pH; fósforo total; fósforo total dissolvido; fosfato inorgânico; nitrato; e nitrito, para os períodos pré e pós-inundação dos reservatórios de Cursai e Tapacurá....	69
Tabela 6. Resultado da regressão linear múltipla (forward stepwise) entre as variáveis hidrológicas (independentes) e a riqueza de macrófitas aquáticas (dependente) dos reservatórios de Cursai e Tapacurá, R ² – percentual de explicabilidade da variável para com os valores de riqueza; GL – grau de liberdade; F – fator de interação; p – resultado da correlação; QM erro – quadrado médio do erro.....	70
Tabela 7. Resultado da correlação parcial entre o número de espécies de macrófitas aquáticas e as variáveis hidrológicas apontadas preliminarmente (através da regressão linear múltipla) como importantes para explicar os valores de riqueza de hidrófitas em Cursai e Tapacurá. SP – resultado da correlação sem a influência do pulso de inundação; CP – resultado da correlação com a influência do pulso de inundação.....	71

RESUMO

Alguns estudos desenvolvidos em reservatórios tropicais têm demonstrado que a hidrologia e a estrutura quali-quantitativa de macrófitas aquáticas são fortemente alteradas por variações do regime hidrológico. Entre os dias 10 e 20 do mês de junho de 2010, a estação metrológica de Tapacurá - PE registrou uma precipitação 307 mm, que caracterizou um pulso de inundação unimodal e de curta duração. Assim, o presente estudo teve por objetivos: (i) avaliar a influência de um pulso de inundação sobre a riqueza, composição florística e biomassa de macrófitas aquáticas em dois reservatórios do Brasil (Cursai e Tapacurá); (ii) e identificar quais as variáveis hidrológicas explicaram os padrões quali-quantitativos desses vegetais. Para responder a tais questionamentos foram coletados semestralmente dados bióticos (composição florística e biomassa) e abióticos (variáveis hidrológicas) nos períodos anterior e posterior ao pulso de inundação. Para a amostragem florística, foi plotada (em cada coleta) uma parcela amostral de 5 m de largura por 40 m de comprimento, com o ponto inicial localizado a 0,5 m da margem. Para a amostragem da biomassa, foi utilizada a técnica dos quadrados amostrais (0,25 x 0,25 m), distribuídos ao longo de quatro transectos paralelos entre si (equidistantes em 10 m) e perpendiculares a margem. Para cada transecto foram lançados três quadrados amostrais, os quais estavam localizados a 0,5, 2,0 e 4,0 m da margem. Em laboratório, as amostras de biomassa foram lavadas em água corrente, secado em estufa a 50°C até atingir peso seco constante e, posteriormente, pesado em balança digital, sendo os valores expressos em gPS/m². Para cada expedição a campo, foram coletadas amostras de água para a análise laboratorial das variáveis hidrológicas pH e turbidez, além das concentrações de nutrientes nitrogenados e fosfatados. Ainda em campo, foram aferidas as variáveis hidrológicas: profundidade; condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura e transparência. O teste t de Student foi utilizado para verificar diferenças significativas quanto aos valores de riqueza e biomassa entre os períodos pré e pós-inundação. A avaliação da similaridade florística entre os períodos pré e pós-inundação foi realizada através de uma análise de agrupamento. Para identificar quais as variáveis hidrológicas que melhor explicaram a variação da riqueza ou biomassa entre os períodos anterior e posterior ao pulso de inundação foram realizados procedimentos de regressão linear múltipla (com correlação parcial a *posteriori*) e análises de correspondência canônica (CCA). Foram inventariadas 14 espécies, das quais 13 spp. ocorreram no período posterior ao pulso de inundação e oito no período pré-inundação. A análise do teste t - Student indicou haver diferenças significativas ($p < 0,05$) quanto à riqueza e biomassa de macrófitas aquáticas em Cursai e Tapacurá, antes a após o pulso de inundação. Através do teste de Monte Carlo (0,84) e dos percentuais de similaridade (S), constatou-se diferenças significativas ($p < 0,05$) quanto à composição específica de plantas aquáticas dos períodos pré e pós-inundação, tanto para o do reservatório de Cursai ($S < 30\%$) quanto para Tapacurá ($S < 50\%$). As variáveis hidrológicas transparência e oxigênio dissolvido foram identificadas como preditoras para a variação da riqueza entre os períodos pré e pós-inundação do reservatório de Cursai, enquanto que para Tapacurá não constatou-se variáveis preditoras. As correlações (obtidas pela análise de CCA) demonstraram que as variáveis oxigênio dissolvido, temperatura, nitrato e fósforo total foram consideradas explicativas para a biomassa das macrófitas aquáticas nos reservatórios analisados.

Palavras chave: biomassa, florística, hidrologia, plantas-aquáticas.

ABSTRACT

Some studies developed in reservoirs of tropical have demonstrated that hydrology and quali-quantitative structures of macrophytes are strongly altered by variations of hydrological regimen. Among the 10th and 20th days of June of 2010, the metrological station of Tapacurá – PE registered 307 mm of precipitation, that characterized a unimodal flood pulse of short duration. Thus, the present study had the following aims: (i) to evaluate the influence of a flood pulse over the richness, floristic composition and biomass of macrophytes in two reservoirs from the of Northeastern Brazil (Cursai and Tapacurá); (ii) and to identify which hydrological variables explained the qual-quantitative patterns of those plants. In order to answering those questions, biotic (floristic composition and biomass) and abiotic (hydrological variables) data were collected semiannually in the periods before and after the flood pulse. For floristic sampling, it was plotted (in each collection) a sample plot of 5 m wide by 40 m long, with the starting point located 0,5 m from the shore. For biomass sampling it was used the technique of sample squares (0,25 x 0,25 m), distributed along of four parallels transects (equidistant in 10 m) and perpendiculars to the shore. For each transect were released three sample squares, which were located at 0,5, 2,0 and 4,0 m from the shore. In the laboratory, biomass samples were washed in running water, dried in a oven at 50°C until constant dry weight and, subsequently, weighed in digital scales, the values expressed in gPS/m². For each field expedition, water samples were collected for laboratorial analysis of hydrological variables pH and turbidity, and the concentrations of nitrogen and phosphate nutrients. Also in field, hydrological variables were measured: depth, conductivity, dissolved oxygen, temperature and transparency. The Student t test was used to verify significant differences in the values of richness and biomass between pre and post-flood. The evaluation of floristic similarity between pre and post-flood was performed using a cluster analysis. To identify the hydrological variables that best explained the richness variation or biomass between the periods before and after the flood pulse were performed proceedings of multiple linear regression (with partial correlation a posteriori) and canonical correspondence analysis (CCA). 14 species were inventoried, of which 13 spp. occurred in the period after the flood pulse and eight before flood. The Student test t analysis indicated significant differences ($p < 0,05$) for richness and biomass of macrophytes in Cursai and Tapacurá before and after the flood pulse. Through the Monte Carlo test (0,84) and the percentages of similarity (S), it was found significant differences ($p < 0,05$) for the specific composition of aquatic plants from the periods pre and post-flood, both for the reservoir of Cursai ($S < 30\%$) and for Tapacurá ($S < 50\%$). The hydrological variables of transparency and dissolved oxygen were identified as predictors of richness variation between the pre and post-flood periods of Cursai reservoir, while in Tapacurá predictors variables were not found. The correlations (obtained by the CCA analysis) showed that the variables dissolved oxygen, temperature, nitrate and total phosphorus were considered explanatory for biomass of macrophytes in the analyzed reservoirs.

Key words: biomass, floristic, hydrology, macrophytes.

1. INTRODUÇÃO

Em uma revisão acerca da biodiversidade mundial, Gopal & Junk (2000) mencionaram que os ambientes úmidos podem ser considerados primordiais para a manutenção do equilíbrio da Terra, uma vez que esses contemplam cerca de 15% das espécies registradas no planeta. Parte da biodiversidade dos ambientes úmidos é registrada nos reservatórios, os quais apresentam uma diversidade de habitats com distintas estruturas físicas, químicas e de macrófitas aquáticas (THORNTON, 1990; POMPÊO, 1999; MORMUL et al., 2010).

As macrófitas aquáticas por sua vez desempenham importantes papéis ecológicos nos reservatórios, pois propiciam o aumento da heterogeneidade espacial servem de refúgio para organismos aquáticos e/ou anfíbios, aumentam a estabilidade ecológica da região litorânea (POTT e POTT, 2000) e, em determinadas circunstâncias, funcionam como retentoras dos nutrientes e poluentes dissolvidos na água (GOPAL, 1987; ENGELHARDT e RITCHIE, 2001).

Estudos efetuados em reservatórios de regiões tropicais têm demonstrado que os processos de colonização, sucessão e estabilidade das comunidades de plantas aquáticas são fortemente alterados pela variação do regime hidrológico (THOMAZ et al., 1999; MURPHY et al., 2003; SOUZA et al., 2009). Assim, um pulso de inundação (evento natural que determina a variação do regime hidrológico) pode modificar significativamente a riqueza e a composição da flora aquática vascular, sendo a periodicidade e previsibilidade da inundação importante para o entendimento do processo (THOMAZ et al., 2003). Segundo Thomaz et al. (1997), grandes reservatórios exibem um padrão de inundação previsível e unimodal. Porém, dependendo do(s) fator(es) causador(es) da inundação, os reservatórios podem apresentar um padrão bimodal ou polimodal (THOMAZ et al., 1997).

Sabe-se ainda que a variação do regime hidrológico seja capaz de produzir mudanças na biomassa e nas taxas de crescimento das macrófitas aquáticas. Algumas espécies apresentam picos de biomassa durante ou após o pulso de inundação (FRANÇOIS et al., 1989; PIEDADE et al., 1991), enquanto outras apresentam picos de biomassa durante o período de normalidade do regime hidrológico (NEIFF, 1975; JUNK e PIEDADE, 1993b).

Embora se reconheça que pulsos de inundação representem uma força seletiva capaz de promover significativas modificações nos padrões quali-quantitativos da flora

aquática vascular de reservatórios tropicais, ainda não se sabe qual(ais) o(os) fator(es) inerente(s) ao pulso de inundação melhor explicam essas modificações. Sugere-se que a variação no regime hidrológico induz a modificações nas características hidrológicas do ecossistema, que, por sua vez, alteram os processos competitivos entre plantas aquáticas abrindo brechas para a colonização e desenvolvimento de espécies menos competitivas (CONNELL, 1978; JUNK et al., 1989).

Atualmente no Brasil, os estudos de campo pouco têm contribuído para o entendimento do comportamento estrutural e quantitativo de plantas aquáticas em reservatórios, sobretudo para mananciais fortemente influenciados por pulsos de inundação (THOMAZ et al., 1997). Para a região Nordeste, a carência de estudos com essa temática deve-se, principalmente, à imprevisibilidade dos pulsos de inundação (PEDRO et al., 2006). Em junho de 2010, a estação metrológica de Tapacurá - PE registrou uma precipitação média de 448,8 mm, o que esteve 202,72% acima da média histórica do mês (LAMEPE/ITEP, 2011). Desse total de chuvas, 307 mm foi registrado entre os dias 10 e 20 (LAMEPE/ITEP, 2011), sendo a precipitação desse período responsável pelo aumento em oito metros na cota de água dos reservatórios de Tapacurá e Cursai (ANA, 2010), o que caracterizou um pulso de inundação unimodal e de curta duração.

Nesse contexto, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos do pulso de inundação ocorrido em junho de 2010 sobre a riqueza, composição florística e biomassa de macrófitas aquáticas em dois reservatórios do Nordeste do Brasil (Cursai e Tapacurá) e identificar quais as variáveis hidrológicas explicaram os padrões quali-quantitativos desses vegetais na área de estudo. Para tanto, foram elaboradas as seguintes perguntas: i) A riqueza, estrutura florística e a biomassa das macrófitas aquáticas dos reservatórios de Tapacurá e Cursai foram influenciadas pelo pulso de inundação registrado em junho de 2010? ii) As variáveis hidrológicas (temperatura, transparência, pH, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido, fósforo total, fósforo total dissolvido, fosfato inorgânico, nitrato e nitrito) também sofrem influência desse pulso de inundação? iii) Caso o pulso de inundação influencie a riqueza, composição florística e biomassa da plantas aquáticas para reservatórios do Nordeste do Brasil, quais as variáveis hidrológicas melhor explicaram os padrões quali-quantitativos das plantas aquáticas na área estudo?

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O termo macrófita aquática foi citado pela primeira vez por Weaner e Clements (1938), os quais definiram esses vegetais como sendo um conjunto de espécies herbáceas (angiospermas) que se desenvolvem em água doce ou salobra, bem como, em solos cobertos por água. Atualmente, macrófita aquática é um termo consagrado na limnologia, sendo adotado pelo “International Program of Biology” como a denominação mais adequada para caracterizar vegetais, visíveis a olho nu, que ocorrem desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos, e que desta forma, incluem desde macroalgas até plantas vasculares (ESTEVES, 1998).

No cenário mundial, os primeiros estudos acerca das macrófitas aquáticas foram realizados em ecossistemas de regiões temperadas, e somente após algumas décadas passaram a ser realizados nos trópicos (THOMAZ e BINI, 2003). Além do viés geográfico, uma parte da comunidade científica do Século XX também pode ser considerada responsável pela carência de estudos com as macrófitas aquáticas em ambientes de regiões tropicais. Para alguns pesquisadores dessa época, as assembléias não planctônicas (*e.g.* plantas aquáticas e perifiton) eram consideradas como sendo pouco importantes do ponto de vista ecológico (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003) e, nesse sentido, não mereciam atenção nos estudos limnológicos.

A bibliografia existente sobre as plantas aquáticas de regiões tropicais não condiz com a biodiversidade desses vegetais. Dos poucos trabalhos acerca das macrófitas aquáticas de regiões tropicais, a maioria discute sobre taxonomia e/ou levantamento florístico em ecossistemas distintos (SUBRAMANYAM, 1962; LOMBARDO, 1970; NEIFF, 1978; RAYNAL-ROQUES, 1980; LOT et al., 1986; LOT e NOVELO, 1988; MENDOZA e GONZALES, 1991; RAMIREZ et al., 1991; MERELES et al., 1992; RAYNAL-ROQUES, 1992; KHAN et al., 1993; RAMOS e NOVELO, 1993; VELASQUEZ, 1994; BONILLA-BARBOSA e NOVELO, 1995; LAHITE e HURRELL, 1996). São poucos os estudos que abordam sobre biomassa, produtividade primária (NEIFF, 1975; MAZZEO et al., 1993) e sucessão ecológica de plantas aquáticas em regiões tropicais (NEIFF, 1982; VILARRUBIA, 1993; NEIFF et al., 2000; OBOT e MBAGWU, 2008), sendo a maioria desses trabalhos desenvolvidos em lagos, lagoas e poças temporárias. Embora esses estudos não sejam de caráter experimental, os mesmos contribuíram para com o conhecimento florístico e ecológico das macrófitas aquáticas de regiões tropicais, servindo de base conceitual para os estudos atuais.

Para o Brasil, um dos primeiros estudos acerca das plantas aquáticas foi desenvolvido pelo dinamarquês Warming, que em 1892 publicou, em seu idioma, a obra “Lagoa Santa. Et bidrag til den biologiske plantegeografi”, a qual é considerada, por muitos pesquisadores, o marco inicial dos estudos sobre ecologia de macrófitas aquáticas no Brasil. Contudo, esse estudo trata principalmente da sistemática, distribuição e ecologia de plantas terrestres, embora contenha a descrição de várias espécies de plantas aquáticas. Ainda que não verse exclusivamente sobre plantas aquáticas, essa publicação serviu de base para muitos estudos desenvolvidos em ecossistemas aquáticos continentais. No final das décadas de 40 e 50 do século passado, os trabalhos florísticos de Hoehne (1948), para o estado de São Paulo, e Sarmiento (1959), para a Lagoa de Maranguape – PE, versam exclusivamente sobre plantas aquáticas, servindo assim de base conceitual e metodológica para os trabalhos com macrófitas aquáticas do Brasil.

Mais recentemente, outros estudos de grande relevância para a botânica sistemática do Brasil (IRGANG e GASTAL-JR., 1996; SCREMIN-DIAS et al., 1999; POTT e POTT, 2000; AMARAL et al., 2008) trataram especificamente da vegetação aquática. A publicação de Irgang e Gastal-Jr. (1996) refere-se a uma listagem, com chaves de identificação e fotos de exsicatas de aproximadamente 400 espécies de macrófitas aquáticas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Scremin-Dias et al. (1999), desenvolveram um guia para identificação das cerca de 50 espécies de plantas aquáticas ocorrentes em de Bonito – MS e região. Pott e Pott (2000) apresentaram breves descrições morfológicas, aspectos ecológicos, distribuição geográfica e chaves simplificadas de identificação das 246 espécies de macrófitas aquáticas ocorrentes no Pantanal. E recentemente, Amaral et al. (2008) desenvolveram um guia de campo para as plantas aquáticas e palustres do estado de São Paulo, o qual incluiu a descrição de cerca de 400 espécies, além de ilustrações das mesmas.

Ainda que os estudos acerca das plantas aquáticas tenham sido bem enfatizados na segunda metade do Século XX, somente a partir da década de 80, os trabalhos passaram a discutir sobre a biologia de plantas aquáticas em reservatórios do Brasil. Inicialmente, esses estudos abordavam apenas análises de biomassa, contudo os mais recentes versam sobre diferentes aspectos, tais como: estrutura florística; produtividade primária, ecologia e preditores ambientais. Para a região nordeste, apenas estudos pontuais versam sobre a ecologia (NASCIMENTO, 2002; OLIVEIRA et al., 2005; PEREIRA et al., 2008) e a

florística (FRANÇA et al., 2003; NASCIMENTO, 2009; MOURA-JÚNIOR et al., 2009, 2010, 2011; LIMA et al., 2011; SILVA, 2011) de plantas aquáticas em reservatórios.

Ainda que a importância das plantas aquáticas para a ecologia dos reservatórios do Nordeste do Brasil tenha sido bem enfatizada na literatura, a compreensão acerca da influência de pulsos de inundação sobre a ecologia desses vegetais ainda é pouco estudada na região. Por isso, será apresentada a revisão de trabalhos que analisem os padrões quali-quantitativos de plantas aquáticas em reservatórios do Brasil, bem como, trabalhos sobre macrófitas aquáticas em ambientes fortemente influenciados por variações do regime hidrológico.

Estudos qualitativos de macrófitas aquáticas em reservatórios do Brasil

De acordo com Lima et al. (2011), os levantamentos florísticos e estruturais nos ecossistemas aquáticos continentais evidenciam a importância ecológica dessas áreas em função da sua biodiversidade. Para o Brasil, os estudos de composição florística com macrófitas aquáticas em reservatórios ainda são pouco desenvolvidos, devido às maiores atenções serem voltadas aos estudos ecológicos com espécies hidrófitas formadoras de superpopulações (MOURA-JÚNIOR et al., 2010).

Nesse sentido, os primeiros estudos sobre a estrutura florística de macrófitas aquáticas em reservatório brasileiros foram desenvolvidos apenas em meados da década de 90. Junk e Melo (1990) buscaram identificar os possíveis impactos causados pela construção de cinco termelétricas e dez hidrelétricas sobre a biodiversidade de plantas aquáticas da bacia amazônica. Como resultados desse estudo, os pesquisadores constataram grandes perdas na biodiversidade da flora aquática vascular após a construção dos empreendimentos, sendo essa perda conseguida por um aumento populacional de algumas espécies invasoras, dentre elas, *Salvinia auriculata* Aubl. e *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Esse estudo foi um dos primeiros a discutir sobre o comportamento estrutural e ecológico de plantas aquáticas em reservatórios tropicais.

Pedralli et al. (1993) analisaram a composição florística dos macrófitos aquáticos e da mata ciliar do reservatório de Volta Grande – MG. Em 1996, Pedralli e Meyer analisaram a riqueza e a composição florística de macrófitas aquáticas em dois ambientes lóticos (Rio Araguari e Rio Quebra-Anzol) da Usina Hidrelétrica de Nova Ponte – MG, sendo identificados 12 táxons pertencentes a 10 famílias.

A partir da segunda metade da década de 90, os estudos florísticos sobre plantas aquáticas em reservatórios do Brasil passaram a discutir também sobre aspectos ecológicos da comunidade, tais como: formas biológicas; distribuição espacial (horizontal ou longitudinal) e/ou temporal; além da relação entre os padrões florísticos e os fatores ambientais (Thomaz e Bini, 2003). Thomaz et al. (1999), analisaram a composição florística e as formas biológicas das macrófitas aquáticas no reservatório de Itaipu – SP, bem como, avaliaram a biomassa de cinco espécies daninhas ocorrentes neste reservatório (*Egeria najas* Planch., *Potamogeton pusillus* L., *Salvinia auriculata*, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* L.). Nesse estudo, os pesquisadores identificaram 62 espécies, distribuídas entre formas biológicas (emergente, submersa livre, submersa fixa, flutuante livre e flutuante fixa), sendo *Egeria najas* e *Potamogeton pusillus* os táxons mais representativos quanto a biomassa. Ainda no reservatório de Itaipu, Bini et al. (1999) correlacionaram a frequência de ocorrência das 62 espécies de plantas aquáticas identificadas por Thomaz et al. (1999) com as características limnológicas e sedimentológica do reservatório. Como resultado, os pesquisadores constataram que as assembléias de macrófitas flutuantes apresentaram melhor correlação com a concentração de nutrientes na água, enquanto que as espécies submersas foram mais influenciadas por características sedimentológicas.

Em virtude do crescimento desordenado de macrófitas aquáticas invasoras em reservatórios tropicais, os estudos florísticos dos últimos 15 anos passaram a discutir também sobre as práticas de manejo ou controle desses vegetais. Ainda que sejam recentes, esses estudos têm contribuído bastante com a redução dos impactos negativos (ecológicos ou sociais) causados pelo crescimento desordenado dessas hidrófitas (POMPÊO, 2008). O estudo de Bini et al. (2005), foi um dos primeiros a relacionar dados florísticos de macrófitas aquáticas com práticas de manejo. Esses pesquisadores percorreram 37 ambientes ao longo do gradiente longitudinal do reservatório de Cachoeira Dourada (GO-MG) para identificar os padrões de cobertura das espécies de macrófitas aquáticas e com isso, sugerir práticas de manejo para as populações oportunistas. Como resultados desse estudo, Bini e seus colaboradores constataram que das 15 espécies identificadas na área de estudo duas, *Eichhornia azurea* Kunth e *Eichhornia crassipes*, apresentaram percentuais de cobertura acima 40% para todos os ambientes amostrados, o que só seria controlado com estratégias de manejo em larga escala.

Nos últimos cinco anos, o número de estudos florísticos/ecológicos acerca das macrófitas aquáticas de reservatórios do Sudeste (BOCHILA, 2007; MARTINS et al.,

2008; DELELLO, 2008; PITELLI et al., 2008, MORMUL et al., 2010) foi semelhante aos desenvolvidos na região Nordeste (FRANÇA et al., 2003; MOURA-JÚNIOR et al., 2009, 2010, 2011; NASCIMENTO, 2009; LIMA et al., 2011; SILVA 2011) e mais representativo quanto comparado ao Norte (LOLIS, 2008; LOLIS e THOMAZ, 2011). Ainda em 2003, Thomaz e Bini já haviam constatado uma carência no conhecimento botânico de macrófitas aquáticas para o Norte e Nordeste do Brasil, em relação ao Sul e Sudeste, sendo essa carência associada à falta de especialistas para com o grupo.

Com a finalidade de se reconhecer as formas biológicas e a composição florística de plantas aquáticas vasculares em reservatórios do Nordeste, França et al. (2003) percorreram durante os meses de agosto de 1996 e dezembro de 1997 seis reservatórios de abastecimento público do semi-árido nordestino, e com isso coletaram 121 espécies, distribuídas em seis formas biológicas. Utilizando uma amostragem semelhante, Moura-Júnior et al. (2009) analisaram a estrutura florística e as formas biológicas das plantas aquáticas vasculares de dois açudes do Parque Estadual de Dois Irmãos – PE, nos quais foram identificados 43 espécies, distribuídas predominantemente entre as formas biológicas anfíbia e emergente. Moura-Júnior et al. (2010) analisando a flora aquática vascular do trecho sub-médio do rio São Francisco - BA (o qual contempla o reservatório de Sobradinho), inventariaram 61 espécies, distribuídas entre as formas biológicas submersa, flutuante, anfíbia, emergente, e epífita.

Lima et al. (2011) realizaram um levantamento florístico das macrófitas aquáticas em três reservatórios de abastecimento público do estado de Pernambuco (Botafogo, Jucazinho e Arcoverde), e com isso identificaram 61 táxons, representados principalmente pelas formas biológicas anfíbias e emergentes (94,74%). Ainda nesse estudo, foi elaborada uma sinopse taxonômica baseada em caracteres vegetativos e reprodutivos das espécies, a qual representa uma grande contribuição para taxonomia de plantas aquáticas no Brasil. No mesmo ano, Moura-Júnior et al. (2011) percorreram diferentes regiões (lótico, transição e lêntico) no reservatório de Sobradinho – BA com objetivo de avaliar a influência do gradiente rio-barragem na riqueza, composição florística e formas biológicas das macrófitas aquáticas. Em síntese, a amostragem nas três regiões do reservatório de Sobradinho evidenciou diferenças significativas quanto à riqueza, composição florística e formas biológicas das plantas aquáticas, sendo as regiões lótica e de transição mais similares, quando comparadas com a região lêntica. Vale ressaltar que embora o estudo de Moura-Júnior et al. (2011) tenha uma abordagem florística, esse discutiu também aspectos

relacionados à heterogeneidade espacial dos táxons, e por isso pode ser considerado um estudo pioneiro para essa temática, na região Nordeste do Brasil.

Estudos quantitativos de macrófitas aquáticas em reservatórios do Brasil

Dentre os estudos quantitativos com macrófitas aquáticas em reservatórios brasileiros, destacam-se os trabalhos que abordam sobre variação da biomassa, decomposição e produtividade primária líquida (DBO) de estandes mono ou di-específicos (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003). Os primeiros estudos com enfoque ecológico para populações de macrófitas aquáticas em reservatórios do Brasil foram desenvolvidos por volta de 1980. Durante o biênio de 1981-1982, Esteves (1982) acompanhou a taxa de biomassa de *Eichhornia azurea* em seis reservatórios do estado de São Paulo. Roland et al. (1990) analisaram a taxa de decomposição de matéria orgânica e a relação interespecífica da espécie *E. azurea* com algumas bactérias epifíticas de ambientes intermediários (entre rio e lagoa) do Sudeste do Brasil. Essas duas publicações são consideradas as bases conceituais e metodológicas para os estudos de ecologia quantitativa de plantas aquáticas em reservatórios do Brasil (e.g. metodologia dos quadrados aleatórios de 0,25 ou 0,0625 m²; e o método destrutivo com retirada total dos indivíduos).

A partir de 1990, foram desenvolvidos vários estudos acerca da biologia da macrófita aquática invasora *Echinochloa polystachya* (Kunth) Hitchc. na represa de Jurumirim – SP. Nesses estudos, analisou-se o comportamento ecológico (POMPÊO, 1996), a taxa de decomposição (POMPÊO e HENRY, 1998), a variação sazonal da biomassa (POMPÊO et al., 2001) e a relação da biomassa de *E. polystachya* com os fatores físico-químicos da água (POMPÊO et al., 1999, 1997).

Entre os anos de 2001 e 2002, Nascimento (2002) avaliou a colonização de densos prados monoespecíficos de *Egeria densa* Planch. no Complexo Hidroelétrico (CHE) de Paulo Afonso – BA. Este trabalho é considerado o marco inicial dos estudos quantitativos com macrófitas aquáticas em reservatórios nordestinos. Oliveira et al. (2005) e Pereira et al. (2008) deram continuidade aos estudos com ecologia quantitativa de *E. densa* no CHE Paulo Afonso. Para o segundo estudo, desenvolvido entre os anos de 2006 e 2007, os autores propuseram inovações gerais ao gerenciamento ambiental de reservatórios eventualmente afetados por superpopulações de *E. densa*. Dentre as propostas de Pereira et al. (2008) estavam a utilização da biomassa dessa espécie na dieta de caprinos ou como adubo orgânico em plantações de *Zea mays* L. (milho).

Embora se tenha observado um avanço no quadro geral de publicações que abordam ecologia quantitativa de comunidades de plantas aquáticas em reservatórios brasileiros, esses estudos ainda são escassos quando comparados aos populacionais (POMPÊO e MOSCHINI-CARLOS, 2003). Esse tema da ecologia também teve suas primeiras discussões em meados de 1980, quando Menezes (1982), em um estudo realizado na represa Lobo (SP), analisou a biomassa e a produtividade primária de três espécies de macrófitas aquáticas. Menezes propôs à comunidade de limnólogos a criação de práticas de manejo com plantas aquáticas em reservatórios, sobretudo com espécies consideradas invasoras. Ainda que ideologicamente inacabada, a proposta de Menezes (1982) foi inovadora para época e, desde então, vem sendo reafirmada com os estudos de gerenciamento ambiental em reservatórios colonizados por populações de macrófitas aquáticas invasoras.

Em 2006, Negrissoli e colaboradores analisaram a taxa de degradação da biomassa das espécies daninhas *Eichhornia crassipes*, *Brachiaria subquadripara* (Trin.) Hitchc. e *Pistia stratiotes* na UHE de Americana – SP, sendo esses dados a base para estudos posteriores acerca do manejo dessas populações. Os pesquisadores concluíram que: (i) para esse ecossistema ocorreu uma rápida decomposição da biomassa de *E. crassipes* (até 82,2% em 80 dias) e *P. stratiotes* (até 94,3% em 80 dias), em relação a *B. subquadripara* (até 45,2% em 80 dias); (ii) e que a elaboração dos planos de manejo e/ou programas de controle dessas populações deveriam ser estabelecidos a curto prazo, uma vez que a rápida decomposição dessas espécies pode alterar o pH da água e, conseqüentemente, provocar mudanças na estrutura das demais comunidades aquáticas.

Nascimento (2009) apresentou como parte de sua tese um estudo sobre a capacidade de regeneração da biomassa de cinco espécies de macrófitas aquáticas no açude de Dois Irmãos, Recife – Pernambuco. Os dados, singulares e até então inéditos para região nordeste do Brasil, evidenciaram elevados potenciais de regeneração, para todas as espécies analisadas, dentre elas *Salvinia auriculata*, considerada como daninha.

Recentemente, Silva (2011) realizou um estudo quali-quantitativo com as macrófitas aquáticas de oito reservatórios de abastecimento do estado de Pernambuco, analisando-se a influência fitogeográfica (zona da mata, agreste e sertão) e dos fatores hidrológicos sobre os padrões das formas biológicas, diversidade e riqueza desses vegetais. Este estudo colaborou para a ampliação do conhecimento ecológico das plantas aquáticas

em reservatórios do Nordeste do Brasil, bem como, apresentou contribuições para os estudos fitossociológicos acerca desse grupo vegetal.

Plantas aquáticas em ambientes influenciados por variação do regime hidrológico

A vazão com que escoar um curso d'água é considerada estocástica, sendo variável no tempo e no espaço (TUCCI, 2002). Essa variabilidade representada pelo comportamento esperado do aumento ou diminuição no nível da água ao longo do ano civil (janeiro a dezembro) ou ano hidrológico (vazante-cheia-vazante) corresponde ao regime hidrológico. Esse regime pode ser controlado por diversos elementos, tais como: condições climáticas (precipitação, radiação solar), geologia, e geomorfologia (TUCCI, 2002).

Os reservatórios de regiões tropicais apresentam constantes variações hidrológicas por apresentarem limitações morfométricas (barramento) e mudanças sazonais quanto aos índices pluviométricos (MARGALEF, 1983). Os reservatórios são influenciados, principalmente, por inundações que seguem um padrão unimodal, ou seja, apresentam apenas um pulso de inundação por ciclo hidrológico (THOMAZ et al., 1997). Contudo, dependendo dos fatores que causem a inundação, esses ecossistemas também podem apresentar um padrão bimodal (dois pulsos) ou polimodal (vários pulsos) (THOMAZ et al., 1997). Além do número de repetições, os pulsos de inundação (ou variação do regime hidrológico) também podem ser classificados quanto à sua previsibilidade (previsíveis ou imprevisíveis) e duração (pequena ou grande) (JUNK et al., 1989).

Embora se reconheça que o pulso de inundação seja um evento natural capaz de promover significativas modificações na hidrologia dos ecossistemas aquáticos continentais, poucos estudos versam sobre a influencia desses eventos para com as comunidades aquáticas, sobretudo com as macrófitas (PEDRO et al., 2006). Grande parte dos estudos que abordam os efeitos do regime hidrológico sobre as plantas aquáticas vem sendo realizado em ambientes ripários e lagoas naturais de regiões temperadas (PEDRO, 2003). Dentro dessa abordagem, destacam-se os trabalhos que analisam a relação do pulso de inundação com a composição florística (BARRAT-SEGRETAIN et al., 1999), sucessão ecológica (LIPPERT e JAMESON, 1964; HENRY et al., 1996), dinâmica do banco de sementes (BONIS et al. 1995), e manejo de macrófitas aquáticas invasoras (BRIERLEY et al., 1989).

Lippert e Jameson (1964) analisaram a sucessão das macrófitas aquáticas em poças temporárias do vale do Willamette (Estados Unidos) com o objetivo de se reconhecer o

comportamento florístico desse grupo ao longo de um ciclo vazante-cheia-vazante. Além de discutir sobre aspectos relacionados à variação do regime hidrológico, esse trabalho serviu de base conceitual (*eg.* categorização de formas biológicas, zonação horizontal) e metodológica (transeções) para estudos florísticos e fitossociológico com plantas aquáticas.

Em 1989, Brierley e colaboradores investigaram as causas do declínio na abundância de plantas aquáticas enraizadas no rio Nene (Inglaterra), as quais representavam um problema a navegação e recreação do rio, até 1976. Assim, em 1977 foi iniciada uma investigação sobre as causas do declínio dessas plantas, a fim de fornecer previsões para as decisões de gestão sobre o uso futuro da maquinaria e pessoal. Ao final do estudo, os pesquisadores constataram que houve uma perda natural das plantas em função de um pulso de inundação ocorrido no final de 1976 e, com base nisso, Brierley e seus colaboradores inferiram que o pulso de inundação seria uma boa estratégia para o manejo das macrófitas aquáticas do rio Nene. Para Gibbons et al. (1994) o conhecimento das vantagens e desvantagens das estratégias de gestão tem contribuído no sucesso do manejo de plantas aquáticas invasoras ou daninhas, o que torna o estudo de Brierley et al (1989) uma referência para os estudos de manejo de plantas aquáticas invasora em ecossistemas de regiões temperadas.

Bonis et al. (1995) analisaram a dinâmica do banco de sementes de macrófitas aquáticas em dois pântanos temporários do Mediterrâneo, a fim de investigar o impacto de um pulso de inundação (1992-1993) sobre a coexistência das espécies. Nesse estudo, os pesquisadores observaram que o pulso de inundação promoveu significativas alterações no número de sementes por espécies (antes e após o pulso), bem como, que a maioria das populações encontradas do banco de sementes se manteve por mais de dois anos sem se reproduzir. De acordo com esses pesquisadores, o baixo sucesso reprodutivo das espécies registradas no banco de sementes da área de estudo esteve relacionado com as suas histórias de vida e com as condições ambientais após o pulso de inundação.

Henry et al. (1996) analisaram a re-colonização de macrófitas aquáticas após dois grandes pulsos de inundação (inverno de 1990 e outono de 1991) do rio Ródano (França). De acordo com esses pesquisadores, as inundações induziram a mudanças limnológicas e sedimentológicas, as quais alteraram o banco de sementes e levaram ao desaparecimento das macrófitas aquáticas. Como resultados, Henry e colaboradores constataram que o restabelecimento das espécies de macrófitas aquáticas iniciou-se em áreas de sedimentos finos - margem (com as plantas anfíbias e emergentes), tornando-se nichos de regeneração

para propágulos trazidos pelas enchentes. Da margem, as espécies expandiram em direção ao centro do canal, cujo sedimento apresentou-se mais grosso. Esses pesquisadores observaram ainda que, antes da inundação de 1990 o rio Ródano era colonizado por espécies persistentes a distúrbios frequentes e após as inundações de 1990 e 1991 as espécies menos competitivas passaram a colonizar esse ecossistema.

Um estudo semelhante foi desenvolvido por Barrat-Segretain et al. (1999) que avaliaram a regeneração da estrutura quali-quantitativa da flora aquática vascular de ambientes do rio Rhône (França) em função de dois pulsos de inundação (julho e dezembro de 1993). Nesse estudo os pesquisadores analisaram três tipos de ambientes: i – influenciados pelos dois pulsos de inundação; ii – que sofreram perturbações de apenas um pulso; iii - que não sofreram perturbações (controle). Em todos os ambientes, a recuperação da vegetação ocorreu rapidamente após os pulsos de inundação (menos de seis semanas), tanto para cobertura vegetal quanto para riqueza de espécies. No ano seguinte aos pulsos (1994), os pesquisadores não constataram diferenças significativas entre os padrões de riqueza e cobertura dos ambientes influenciados pelo(s) pulso(s) de inundação (ões) e o controle. Para esses pesquisadores, a rápida re-colonização da comunidade de macrófitas aquáticas no período posterior ao pulso de inundação do rio Rhône ocorreu em função das estratégias de reprodução adotadas pelas espécies.

Para o Brasil, os estudos que versam sobre a influência do pulso de inundação sobre as comunidades de plantas aquáticas são desenvolvidos, principalmente, na bacia do rio Amazonas, na planície de inundação do rio Paraná, no reservatório de Itaipú e em alguns rios intermitentes do semi-árido nordestino. Os estudos com essa abordagem começaram a ser desenvolvidos em meados da década de 90 do século passado, na bacia do rio Amazonas. Nesses estudos, foram analisadas a influência da variação do regime hidrológico sobre a diversidade (JUNK e PIEDADE, 1993a), ecologia (PIEADADE, 1993) e biomassa (JUNK e PIEDADE, 1993b) das macrófitas aquáticas. Junk e Piedade (1993a) inventariaram 388 espécies de macrófitas aquáticas em um trecho do rio Amazonas (na altura do município de Manaus) e analisaram aspectos relacionados à adaptação dessas espécies aos pulsos de inundações do rio. Também em 1993, Junk e Piedade analisaram as taxas de biomassa e produtividade primária de espécies de macrófitas aquáticas em vários ecossistemas da região amazônica (submetidos a diferentes regimes hidrológicos). Já Piedade (1993) analisou a biologia e ecologia da macrófita aquática anfíbia *Echinochloa*

polystachya em várzeas da região amazônica e descreveu o comportamento ecológico dessa espécie ao longo dos períodos de cheia e seca do rio.

Nos últimos dez anos, os estudos acerca da influência dos eventos de inundação sobre as comunidades plantas aquáticas têm discutido tanto a relação pulso-comunidade, como também, têm analisado quais são os fatores (inerentes ao pulso) melhor explicam essa relação (PEDRO et al., 2003).

Santos e Thomaz (2005) avaliaram como as assembléias de macrófitas aquáticas de sete lagoas da planície de inundação do rio Paraná se comportaram frente às alterações do nível da água e quais os fatores que melhor explicaram o comportamento dessas assembléias. Nesse estudo, os pesquisadores constataram que houve uma relação positiva entre a profundidade e o número de espécies, sendo essa relação explicada, dentre outros fatores, pela ampliação dos habitats (favorecendo o aporte de novos propágulos) e a diminuição dos processos de competição interespecífica, permitindo assim a colonização e o desenvolvimento de espécies menos competidoras.

Em 2006, Thomaz e colaboradores avaliaram a biomassa e a frequência de ocorrência das espécies oportunistas *Egeria najas*, *Eichhornia crassipes* e *Salvinia herzogii* Radd em função da variação do nível da água (que alcançou cinco metros) e do comportamento das espécies no ambiente. Através dos resultados observados nesse estudo, os pesquisadores concluíram que o pulso de inundação é um evento natural que pode influenciar o desenvolvimento de plantas aquáticas, sendo o potencial reprodutivo/competitivo de cada espécie importante para o entendimento dos padrões de ocorrência das mesmas, antes e após um pulso de inundação.

Pedro et al. (2006) analisaram a influência da variação do regime hidrológico sobre a riqueza e a biomassa de macrófitas aquáticas em rios intermitentes do semi-árido nordestino. Segundo esses pesquisadores, a riqueza da comunidade de macrófitas aquáticas foi menor nas poças nos ambientes sujeitos a eventos de cheia, quando comparada com a área de retenção de água, formada principalmente por escoamento superficial. Além disso, os pesquisadores observaram que a intensidade das cheias foi determinante no início da recolonização e na biomassa das espécies de macrófitas aquáticas nos ecossistemas analisados. Estes autores indicaram que as alterações nos padrões de riqueza e biomassa das plantas aquáticas responderão à capacidade das espécies em se ajustar ao ambiente (enchente e seca).

Apesar de alguns pesquisadores mencionarem que o comportamento ecológico das espécies seja importante para a compreensão dos processos relacionados à colonização e sucessão das macrófitas aquáticas em ambientes fortemente influenciados por pulsos de inundação (SANTOS e THOMAZ, 2005; THOMAZ et al., 2006; e PEDRO et al., 2006), esses reconhecem que as condições abióticas da água são o principal fator estruturador desses vegetais

Por isso, recentemente os estudos acerca da influência de pulsos de inundação sobre as comunidades macrófitas aquáticas também tem procurado identificar quais são os preditores ambientais (variáveis hidrológicas) que melhor expliquem os padrões de biomassa, diversidade e/ou ocorrência desses vegetais. Dentro dessa abordagem destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Murphy et al. (2003) e Souza et al. (2009). No primeiro estudo, foram analisados quais os preditores ambientais que melhor explicaram os valores de diversidade de macrófitas aquáticas da planície inundação do alto Rio Paraná (antes e após um pulso de inundação) e no segundo avaliou-se o conjunto de variáveis hidrológicas que melhor explicou o padrão de distribuição das espécies *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle e *Egeria najas*, em função da variação do regime hidrológico do rio Paraná.

Apesar dos recentes esforços para o entendimento do comportamento estrutural e quantitativo de plantas aquáticas em ambientes influenciados por pulsos de inundação, pouco se tem discutido a respeito desse tema em reservatórios do Nordeste do Brasil. Sabe-se que a maior parte dos reservatórios do Nordeste brasileiro apresenta regime hidrológico com períodos de enchentes e secas prolongadas e, por isso, podem apresentar perturbações hidrológicas com forte influência sobre as condições hidrológicas, assim como, sobre os processos de colonização, sucessão e competição das macrófitas aquáticas.

3. REFERÊNCIAS

AMARAL, M. C. E.; BITTRICH, V.; ANDERSON, L. O.; AONA, L. Y. **Guia de Campo de Plantas Aquáticas e Palustres do Estado de São Paulo**. Ribeirão Preto, Holos. 2008.

ANA – Agência Nacional de Águas. Relatório anual de atividades. <http://www.ana.gov.br> (ultimo acesso: 28 de agosto de 2011). 2010.

AMATO, C. G.; SPONCHIADO, M.; SCHWARZBOLD, A. Estrutura de uma Comunidade de Macrófitas Aquáticas em um Açude de Contenção (São Jerônimo, RS). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 828-830. 2007.

BARRAT-SEGRETAIN, M. H.; HENRY, C. P.; BORNETTE, G. Regeneration and colonization of aquatic plant fragments in relation to the disturbance frequency of their habitats. **Archives of Hydrobiology**, v. 145, p. 111-127. 1999.

BINI, L. M.; THOMAZ, S. M.; MURPHY, K. J.; CAMARGO, A. F. M. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 415, p. 147-154. 1999.

BINI, L. M.; OLIVEIRA, L. G.; SOUZA, D. C.; CARVALHO, P.; PINTO, M. P. Patterns of the aquatic macrophyte cover in Cachoeira Dourada Reservoir (GO-MG). **Braslian Journal Biologia**, v. 65, n. 1, p. 19-24. 2005.

BOSCHILIA, S. M. 2007. **Riqueza, composição e padrões de co-ocorrência da assembléia de macrófitas aquáticas no reservatório de Rosana (SP/PR)**. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ecossistemas Aquáticos) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.

BONIS, A.; LEPART, J.; GRILLAS, P. Seed bank dynamics and coexistence of annual macrophytes in a temporary and variable habitat. **Oikos**, v. 74, p. 81-92. 1995.

BONILLA-BARBOSA, J. R.; NOVELO, R. A. **Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México**. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de Mexico. 1995.

BRIERLEY, S. J.; HARPER, D. M.; BARHAM, P. J. Factors affecting the distribution and abundance of aquatic plants in a navigable lowland river, the river Nene, England. **Regulated Rivers-Research e Management**, v. 4, p. 263-279. 1989.

CAMARGO, A. F. M.; FLORENTIN, E. R. Population dynamics and net primary production of the aquatic macrophyte *Nymphae rudgeana* C.F. Mey in a lotic environment of the Itanhaém River basin (São Paulo, Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 1, p. 83-92. 2000.

CONNELL, J. H., Diversity in tropical rain forest and coral reefs. **Science**, v. 199, p. 1302-1310. 1978.

DELELLO, D. 2008. **Composição e distribuição (especial e temporal) de macrófitas aquáticas no reservatório do lobo (Broa), Itirapina/Brotas, SP**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP.

DUDLEY, T. L.; GRIMM, N. B. Modification of Macrophyte resistance to disturbance by an exotic grass, and implications for desert stream succession. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 25, p. 1456-1460. 1994.

ENGELHARDT, K. A. M.; RITCHIE, M. E. Effects of macrophyte species richness on wetland ecosystem functioning and services. **Nature**, v. 411, p. 687-689. 2001.

ESTEVEES, F. A. Biomassa e Análise de Componentes Principais dos inorgânicos de macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms em seis Reser-Voirs Estado de São Paulo (Brasil). **Ciência e Cultura**, v. 34, n. 9, p. 1196-1200. 1982.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2.ed. Interciência, Rio de Janeiro. 1998.

FRANÇA, F.; MELO, E.; NETO, A. G; ARAÚJO, D.; BEZERRA, M.; RAMOS, H. M.; CASTRO, I.; GOMES, D. Flora vascular de açudes de uma região do semi-árido da Bahia, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 17, n. 4, p. 549-559. 2003.

FRANÇOIS, J.; RIVAS, A.; COMPÈRE, R. Le pâturage semi-aquatique à *Echinochloa stagnina* (Retz.) P. Beauv. Etude approfondie de la plante "bourgou" et des bourgoutières situées en zone lacustre Du Mali. **Bulletin Recherche Agronomique, Gembloux**, v. 24, n. 2, p. 145-189. 1989.

GIBBONS, M. V.; GIBBONS, H. L.; SYTSMA, M. D. **A citizens manual for developing integrated aquatic vegetation management plans**. Washington Department of Ecology/Water Quality Financial Assistance Program, Washington. 1994.

GOPAL, B. **Water hyacinth**. Elsevier, Amsterdam. 1987.

GOPAL, B.; JUNK, W. J. Biodiversity in wetlands: in introduction. In: GOPAL, B.; JUNK, W.J.; DAVIS, J.A. (Eds.). **Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation**. Backhuys Publishers: Leiden, p. 1-10. 2000.

GUYOT, M.; ROUSSEL, B.; AKPAGANA, K.; EDORHT, T. La vegetation des zones inondées du sud Togo et son état actuel sous l'emprise humaine. **Biogeographica**, v. 70, n. 4, p. 161-182. 1994.

HENRY, C. P.; AMOROS, C.; BORNETTE, G. Species traits and recolonization processes after disturbance in riverine macrophytes. **Vegetation**, v. 122, p. 13-27. 1996.

HOEHNE, F. C. **Plantas Aquáticas**. Instituto de Botânica, São Paulo. 1948.

IRGANG, B. E.; GASTAL JR., C. V. S. **Macrófitas Aquáticas da Planície Costeira do RS**. Editora universitária (UFRGS), Porto Alegre. 1996.

JUNK, W. J.; MELO, J. A. S. N. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. **Estudos Avançados**, n. 4, p. 126-148, 1990.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 106, p. 110-127. 1989.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. Species diversity and distribution of herbaceous plants in the floodplain of the middle Amazon. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 25, p. 1862-1865. 1993a.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. Biomass and primary production of herbaceous plants communities in the Amazon floodplain. **Hydrobiologia**, v. 263, p. 155-162. 1993b.

LAHITTE, H. B.; HURRELL, J. A. **Plantas hidrófilas de la Isla Martín García**. Ministério de La Producción Provincia de Buenos Aires, Buenos Aires. 1996.

LAMEPE/ITEP – Laboratório Meteorológico do estado de Pernambuco/Instituto Tecnológico de Pernambuco. 2011. <http://www.itep.br/LAMEPE.asp> (ultimo acesso: 10 de setembro de 2011).

LIMA, L. F.; LIMA, P. B.; SOARES-JÚNIOR, R. C.; PIMENTEL, R. M. M; ZICKEL, C. Z. Diversidade de macrófitas aquáticas no estado de Pernambuco: levantamento em herbário. **Revista de Geografia**, v. 26, n. 3, p. 307-319. 2009.

LIMA, L. F.; SILVA, S. S. L.; MOURA-JÚNIOR, E. G.; ZICKEL, C. S. Composição florística e chave de identificação das macrófitas aquáticas ocorrentes em reservatórios do estado de Pernambuco. **Rodriguésia**, v. 62, n. 4, p. 771-783. 2011

LIPPERT, B. E.; JAMESON, D. L. Plant succession in temporary ponds of the Willamette valley, **Oregon American Mildly Nature**, v. 71, n. 1, p. 181-197. 1964.

LOLIS, S. F. 2008. **Macrófitas aquáticas do reservatório Luís Eduardo Magalhães – Lajeado – Tocantins: biomassa, composição da comunidade e riqueza de espécies**. Tese (Doutorado em Ecologia de Ecossistemas Aquáticos) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.

LOLIS, S. F.; THOMAZ, S. M. Monitoramento da composição específica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório Luis Eduardo Magalhães. **Planta Daninha**, v. 29, n. 2, p. 247-258. 2011.

LOMBARDO, A. **Las Plantas acuáticas y las plantas florales.**, Intendencia Municipal de Montevideo, Montevideo. 1970.

LOT, H. A.; NOVELO, R. A.; RAMIREZ-GARCIA, P. **Angiospermas Acuáticas Mexicanas**. Universidad Nacional Autónoma de México (Instituto de Biología), Ciudad de Mexico, 1986.

LOT, H. A.; NOVELO, R. A. Vegetación e flora acuática del Lago de Pátzcuaro; Michoacán, México. **Southwestern Naturalist**, v. 33, n. 2, p. 167-175. 1988.

KAHN, F.; LÉON, B.; YOUNG, K. R. **Las Plantas vasculares en las aguas continentales del Peru**. IFEA, Lima. 1993.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Omega, Barcelona. 1983.

MARGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University, Princeton. 1988.

MARTINS, D.; COSTA, N. V.; TERRA, M. A.; MARCHI, S. R. Caracterização da comunidade de plantas aquáticas de dezoito reservatórios pertencentes a cinco bacias hidrográficas do estado de São Paulo. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 17-32. 2008.

MAZZEO, N.; CROSSA, D.; SOMMARUGA, R. Productividad Y variación estacional de la biomassa de *Pistia stratiotes* L. en el reservatorio del Cisne, Uruguay. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 1, p. 186-195. 1993.

MENDOZA R. E.; GONZALEZ, J. E. **Plantas acuáticas de Panama**. Editorial Universitaria, Ciudad de Panamá. 1991.

MENEZES, C. F. S. **Biomassa e produção primária de três espécies de macrófitas aquáticas da represa Lobo (SP)**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP. 1984.

MERELES, F.; DEGEN, R.; KOCHALCA, N. L. Humedales en el Paraguai: Breve reseña de su vegetacion. **Amazoniana**, v. 12, n. 2, p. 305-316. 1992.

MORMUL, R. P.; FERREIRA, F. A.; CARVALHO, P.; MICHELAN, T. S.; SILVEIRA, M. J.; THOMAZ S. M. 2010. Aquatic macrophytes in the large, sub-tropical Itaipu Reservoir. **Revista Brasileira de Biologia Tropical**, v. 58, p. 1437-1452.

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.; ZICKEL, C. S. Diversidade de plantas aquáticas vasculares em açudes do Parque Estadual de Dois Irmãos (PEDI), Recife-PE. **Revista de Geografia**, v. 26, n. 3, p. 178-293. 2009.

MOURA-JÚNIOR, E. G.; ABREU, M. C.; SEVERI, W.; LIRA, G. A. S. T. Macroflora aquática do Reservatório Sobradinho – BA, trecho sub-médio do Rio São Francisco. In: MOURA, A. M.; ARAÚJO, E. L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; PIMENTEL, R. M. de M.; ALBUQUERQUE, U. P. (Orgs.) **Reservatórios do Nordeste do Brasil: Biodiversidade, ecologia e manejo**. NUPPEA: Recife, p. 189-212. 2010.

MOURA-JÚNIOR, E. G.; ABREU, M. C.; SEVERI, W.; Lira, G. A. S. T. **Rodriguésia**, v. 62, n. 4, p. 731-742. 2011

MURPHY, K. J.; DICKINSON, G.; THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; DICK, K.; GREAVES, K.; KENNEDY, M. P.; LIVINGSTONE, S.; MCFERRAN, H.; MILNE, J. M.; OLDROYD, J.; WINGFIELD R. A. Aquatic plant communities and predictors of diversity in a sub-tropical river floodplain: the upper Rio Paraná, Brazil. **Aquatic Botany**, v. 77, p. 257-276. 2003.

NASCIMENTO, P. R. F. **Produção de biomassa de *Egeria densa* Planchon, nos reservatórios da hidroelétrica de Paulo Afonso – Bahia**. Dissertação (Mestrado em botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE. 2002.

NASCIMENTO, P. R. F. **Levantamento florístico e produtividade de macrófitas aquáticas ocorrentes em ambientes limnéticos do estado de Pernambuco – Brasil**.

Tese (Doutorado em botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE. 2009.

NEGRISOLI, E.; CORRÊA, M. R.; VELINI, E. D.; BRAVIN, L. F.; MARCHI, S. R.; CAVENAGHI, A. L.; ROSSI, S. V. S. Estudo da Degradação da Biomassa de três espécies de plantas aquáticas no reservatório da UHE de Americana – SP. **Planta daninha**, v. 24, n. 2, p. 221-227. 2006.

NEIFF, J. J. Fluctuaciones anuales en la composition fitocenotica y biomassa de la hidrofitia en lagunas islenas del Paraná Medio. **Ecosur**, v. 2, n. 4, p. 153-183. 1975.

NEIFF, J. J. Fluctuaciones de la vegetacion acuatica em ambientes del valle de inundacion del Paraná medio. **Physis**, v. 38, p. 41-53. 1978.

NEIFF, J. J. Esquema sucesional de La vegetacion en las islas flotantes del Chaco Argentino. **Boletim da Sociedade Argentina de Botânica**, v. 21, n. 1-4, p. 325-341. 1982.

NEIFF, J. J.; NEIFF, P. A. S. G.; PATIÑO, C. A. E; CHIOZZI, B. I. Prediction of colonization by macrophytes in the Yaciretá reservoir of the Paraná river (Argentina and Paraguay). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 4, p. 615-626. 2000.

OLIVEIRA, N. M. B.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PEREIRA, S. M. B.; MOURA-JÚNIOR, A. M. Capacidade de Regeneração de *Egeria densa* nos Reservatórios de Paulo Afonso, BA. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 363-369. 2005.

OBOT, E. A.; MBAGWU, I. G. Successional patterns of aquatic macrophytes in Jebba Lake, Nigeria. **African Journal of Ecology**, v. 26, n. 4, p. 295–299. 2008.

PEDRALLI, G. MEYER, S. T.; TEIXEIRA, M. C. B.; STEHMANN, J. R. Levantamento dos macrófitos aquáticos e da mata ciliar do reservatório de Volta Grande, Minas Gerais, Brasil. **Iheringia**, v. 43, p. 29-40. 1993.

PEDRALLI, G.; MEYER, S. T. Levantamento da vegetação aquática (“macrófitas”) e das florestas de galeria na área da Usina Hidrelétrica de Nova Ponte, Minas Gerais. **Bios**, v. 4, n. 4, p. 49-60. 1996.

PEDRO, F. **Ciclo hidrológico e dinâmica de dois rios intermitentes da região semi-árida do Brasil, com ênfase em macrófitas aquáticas**. Tese (doutorado em ecologia e recursos naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo. 2003.

PEDRO, F.; MALTCHIK, L.; BIANCHINI JR., I. Hydrologic cycle and dynamics of aquatic macrophytes in two intermittent rivers of the semi-arid region of Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 2, p. 575-585. 2006.

PEREIRA, S. M. B.; NASCIMENTO, P. R. F.; SAMPAIO, E. V. B.; MOURA-JR., A. M. OLIVEIRA-CARVALHO, M. F. Monitoramento e manejo da macrófita aquática *Egeria densa* Planchon no nordeste brasileiro - Estudo de caso 2008. In: MOURA, A. N.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. (Orgs.). **Biodiversidade, potencial econômico**

e processos eco-fisiológicos em ecossistemas nordestinos. Editora Comunigraf: Recife, p. 209-234. 2008.

PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J.; LONG, S. P. The productivity of the C4 grass *Echinochloa polystachya* on the Amazon floodplain. **Ecology**, v. 72, n. 4, p. 1456-1463. 1991.

PIEDADE, M. T. F. Biologia e ecologia de *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock (Gramineae=Poaceae), capim semi-aquático da várzea amazônica. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 7, p. 173-185. 1993.

PITELLI, R. L. C. M.; TOFFANELI, C. M.; VIEIRA, E. A.; PITELLI, R. A.; VELINI, E. D. Dinâmica da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório de Santana, RJ. **Planta Daninha**, v. 6, n. 3, p. 473-480. 2008.

POMPÊO, M. L. M. **Ecologia de *Echinochloa polystachya* (H. B. K) Hitchcock na represa de Jurumirim (zona de desembocadura do rio Paranapanema - SP)**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de São Paulo, São Carlos – SP. 1996.

POMPÊO, M. L. M.; HENRY, R.; MOSCHINI-CARLOS, V.; PADOVANI, C. R. O papel da macrófita aquática *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock na caracterização física e química da água na zona de desembocadura do rio Paranapanema na represa de Jurumirim, SP. **Brasilian Journal Ecology**, v. 1, p. 44-53. 1997.

POMPÊO, M. L. M.; HENRY, R. Decomposition of *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock, macrophyte in Jurumirim Reservoir (São Paulo - Brazil). **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 26, p. 1871-1875. 1998.

POMPÊO, M. L. M. **Perspectivas da limnologia no Brasil**. Gráfica e Editora União, São Luís. 1999.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; HENRY, R. Annual balance of biomass, nitrogen, and phosphorus stocks of the tropical aquatic macrophyte *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock (Poaceae) in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). **Acta Hydrobiológica**, v. 41, n. 2. 179-186. 1999.

POMPÊO, M. L. M.; HENRY, R.; MOSCHINI-CARLOS, V. The water level influence of on biomass of the *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 1, p. 19-26. 2001.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifiton, aspectos ecológicos e metodológicos**. Rima, São Carlos. 2003.

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

POTT, V. L.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Comunicação para Transferência de Tecnologia, Corumbá. 2000.

RAMIREZ, C.; SAN MARTÍN, C.; MEDINA, R.; CONTRERAS, D. Estudio de la flora des Santuario de La Naturaleza “Rio Cruces” (Valdívia, Chile). **Guayana Botánica**, v. 48, p. 67-80. 1991.

RAMOS, V. L.; NOVELO, R. A. Vegetación y flora acuática de la laguna de Yuriria, Guanajuato, México. **Acta Botánica**, v. 25, p. 61-79. 1993.

RAYNAL-ROQUES, A. Les plantes aquatiques. In: DURAND, J. R.; LÉVÊQUE C. (Eds.). **Flore et faune Aquatiques de L’Afrique Sahelosoudanienne**. Orstom: Paris, p. 63-152. 1980.

RAYNAL-ROQUES, A. Macrophytes. The Higher Plants. In: DEJOUX, C.; ILTES, A. (Eds.). **Lake Titicaca: A synthesis of Limnological Knowledge**. Kluwer Academic Press: Netherlands, p. 223-231. 1992.

ROLAND, F.; ESTEVES, F. A.; SANTOS, J. E. Decomposição da macrófita aquática *Eichhornia azurea* (Kunth), com ênfase na colonização por bactérias epifíticas. **Acta Limnológica Brasilensis**, v. 3, n. 2, p. 653-673. 1990.

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. In: CAMPOS, J. B.; THOMAZ, S. M. (Orgs.). **Cadernos da Biodiversidade**. Diretoria de Biodiversidade e Áreas Protegidas / Instituto Ambiental do Paraná: Maringá, p. 25-33. 2005.

SARMENTO, A. C. **Flora fanerogâmica lacustre e marginal da Lagoa de Maranguape**. Instituto de Pesquisas Agronômicas, Recife. 1959.

SCREMIN-DIAS, E.; POTT, V. J.; HORA, R. C.; SOUZA, P. R. **Nos jardins submersos da Bodoquena**: guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito e região. Editora da UFMS, Campo Grande. 1999.

SILVA, S. S. L.; ZICKEL, C. S. Macrófitas aquáticas: conceitos e metodologia para os reservatórios nordestinos. In: MOURA, A. M.; ARAÚJO, E. L.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; PIMENTEL, R. M. de M.; ALBUQUERQUE, U. P. (Orgs.) **Reservatórios do Nordeste do Brasil: Biodiversidade, ecologia e manejo**. Editora Nuppea: Recife, p. 71-186. 2010.

SILVA, S. S. L. **Caracterização ecológica e estrutural de macrófitas em reservatórios no estado de Pernambuco**. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE. 2011.

SOUZA, W. T. Z.; THOMAZ, S. M.; MURPHY, K. J.; SILVEIRA, M. J.; MORMUL, R. P. Environmental predictors of the occurrence of exotic *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle and native *Egeria najas* Planch. in a sub-tropical river floodplain: the Upper River Paraná, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 632, p. 65-78. 2009.

SUBRAMANYAM, K. **Aquatic Angiosperms: systematic account of common Indian aquatic Angiosperms**. CSIR, New Delhi. 1962.

THOMAZ, S. M.; ROBERTO, M. C.; BINI, L. M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influenciados níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. (Eds.). **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, químicos, biológicos e sócio-econômicos**. Editora Eduem: Maringá, p. 73-102. 1997.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; SOUZA, M. C.; KITA, K. K.; CAMARGO, A. F. M. Aquatic macrophytes of Itaipu Reservoir, Brazil: Survey of species and ecological considerations. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 42, p. 15-22. 1999.

THOMAZ, S. M.; SOUZA, D. C.; BINI, L. M. Species richness and beta diversity of aquatic macrophytes in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil): the influence of limnology and morphometry. **Hydrobiologia**, v. 505, p.119-128. 2003.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. EDUEM: Maringá, p. 19-38. 2003.

THOMAZ, S. M.; PAGIORO, BINI, L. M.; MURPHY, K. J. Effect of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir (Itaipu, Brazil). **Hydrobiologia**, v. 570, p. 53-59. 2006.

THOMMEN, G. H.; WESTLACK, D. F. Factors affecting the distribution of population of *Apium nodiflorum* e *Nasturtion officinale* in Small Chalk Stremes. **Aquatic Botany**, v. 11, p. 21-36. 1981.

THORNTON, K. W. Perspectives on reservoir limnology. In: THORNTON; K. W.; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. (Eds.). **Reservoir limnology: ecological perspectives**. Wiley-Interscience: New York, p. 1-13. 1990.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Editora universitária (UFRGS), Porto Alegre. 2002.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. Oficina de Texto, São Paulo. 2008.

VELASQUEZ, J. **Plantas acuáticas vasculares de Venezuela**. Universidad Central de Venezuela, Caracas. 1994.

VILARRUBIA, T. V.; CORA, M. Estudio sobre la distribución y ecología de macrofitos acuáticos en el embalse de Guri. **Interciencia**, v. 18, p. 77-82. 1993.

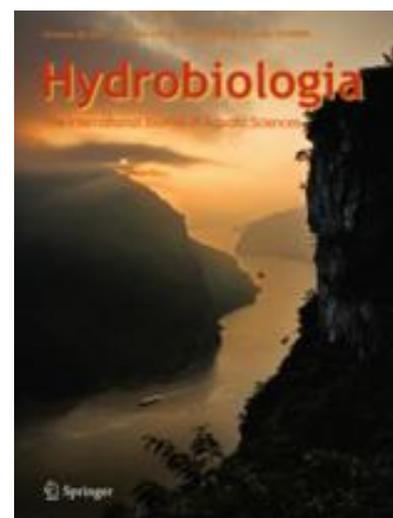
WARMING, E. Lagoa Santa, contribuição para a geografia fitobiológica. In: WARMING, E.; FERRI, M. G. (Eds.). 1973. **Lagoa Santa e a vegetação dos cerrados brasileiros**. Itatiaia: Belo Horizonte, p. 1-284. 1892.

WEANER, J. E.; CLEMENTS, F. E. **Plant Ecology**. Mc Graw Hill, New York. 1938.

4. MANUSCRITO

**UM PULSO DE INUNDAÇÃO É CAPAZ DE AFETAR A FLORA,
RIQUEZA E BIOMASSA DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM
RESERVATÓRIOS TROPICAIS?**

A ser enviado ao periódico:



Um pulso de inundação é capaz de afetar a flora, riqueza e biomassa de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais?

Edson Gomes de Moura Júnior^{1*}, William Severi², Carmen Silvia Zickel³

¹Mestrado em Botânica, ²Departamento de Pesca e Aquicultura, ³Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Av. Rua Dom Manoel de Medeiros – s/n, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, CEP 52.171-900.

* Autor para correspondência: jrbio10@hotmail.com, (81) 9868-7419.

Apoio financeiro: CAPES

Resumo

Para avaliar a influência de um pulso de inundação sobre os padrões quali-quantitativos das macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais e identificar quais os fatores hidrológicos explicaram as supostas variações desses padrões foram realizadas coletas semestrais de 2008 (pré-inundação) a junho de 2011 (pós-inundação) em dois reservatórios brasileiros (Cursai e Tapacurá). Para cada coleta florística foi plotada uma parcela de 5 x 40 m. A biomassa foi estimada através da técnica dos quadrados amostrais (0,25 x 0,25 m), sendo os valores expressos em gPS/m². O teste t-Student foi utilizado para verificar diferenças quanto à riqueza e biomassa dos períodos pré e pós-inundação. Para avaliar a similaridade florística foi utilizada a análise de agrupamento. Para identificar as variáveis hidrológicas preditoras da variação de riqueza e biomassa foi realizado, respectivamente, uma regressão linear múltipla (com correlação parcial a *posteriori*) e uma análise de correspondência canônica (CCA). Foram inventariadas 14 espécies, sendo oito no período pré-inundação e 13 no período pós-inundação. Dessas espécies *Salvinia auriculata* Aubl. e *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms foram as mais frequentes (>75%) entre as unidades amostrais. Foram identificadas diferenças significativas ($p < 0,05$) quanto à composição florística (<30%), riqueza (maior no período pós- inundação) e biomassa (menor no período pós-inundação) das hidrófitas, nos distintos reservatórios analisados. As variáveis hidrológicas transparência e oxigênio dissolvido foram identificadas como preditoras para a variação de riqueza no reservatório de Cursai. As correlações obtidas pela CCA demonstraram que as variáveis oxigênio dissolvido, temperatura, nitrato e fósforo total foram consideradas explicativas para a biomassa das macrófitas aquáticas nos reservatórios analisados.

Palavras-chave: biomassa, florística, hidrologia, macrófitas.

Abstract

In order to evaluate the influence of a flood pulse over the quali-quantitative patterns of macrophytes in reservoir from the Northeast of Brazil and to identify which hydrological factors explained the supposed variations of those patterns, semiannually collection were performed from 2008 (pre flood) to June 2011 (post-flood) in two Brazilian reservoirs (Cursai and Tapacurá). For each floristic collection it was plotted a parcel of 5 x 40 m. The biomass was estimated by the sample squares technique (0,25 x 0,25), expressed values in gPS/m². The Student test t was used to verify differences in richness and biomass of pre

and post-flood period. To evaluate the floristic similarity it was used a cluster analysis. To identify the predictors hydrological variables of richness variation and biomass were used, respectively, a multiple linear regression (with partial correlation a posteriori) and a canonical correspondence analysis (CCA). 14 species were inventoried, eight in the pre flood and 13 in the post-flood period. Of these species, *Salvinia auriculata* Aubl. and *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms were the most occurring (>75%) among the sampling units. Significant differences were identified ($p < 0,05$) for floristic composition (<30%), richness (bigger in the pos-flood period) and biomass (smaller in the pos-flood period) of hydrophytes, in both analyzed reservoirs. The hydrological variables transparency and dissolved oxygen were identified as predictors to richness variation in Cursai reservoir. The correlations obtained by CCA showed that the variables dissolved oxygen, temperature, nitrate and total phosphorus were considered explanatory for biomass of macrophytes in the analyzed reservoirs.

Key words: biomass, floristic, hydrology, macrophytes.

Introdução

Os ecossistemas aquáticos continentais são locais importantes para a conservação biológica, pois 9,5% da riqueza de espécies existentes na Terra colonizam esses ambientes (Balian et al., 2008). Frente à diversidade de ecossistemas aquáticos continentais, os reservatórios se destacam por sua importância social, pois viabilizam o progresso material da população humana e a sustentabilidade dos recursos hídricos (Esteves, 1998). Esses mananciais tornam o potencial hidroelétrico dos rios aproveitável, possibilitam seu uso como vias navegáveis e viabilizam o abastecimento público e industrial (Júlio-Jr., et al. 2005; Tundisi, 2007).

Além de seu valor social, os reservatórios desempenham papéis estruturais e funcionais no ecossistema, pois contemplam uma grande diversidade de organismos aquáticos (Thomaz et al., 1999; Agostinho et al., 2005; Bini et al., 2005; Tundisi & Tundisi, 2008). Parte dessa biodiversidade pode ser explicada pela presença das macrófitas aquáticas, as quais são importantes para a produção de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes no ambiente, propiciam o aumento da heterogeneidade espacial, servem de substrato para o perifiton e constituem a base da cadeia trófica, servindo como fonte primária de energia (Esteves, 1998; Pott & Pott, 2000; Pompêo & Moschini-Carlos, 2003; Thomaz & Cunha, 2010).

Ainda que a importância das plantas aquáticas para a ecologia dos reservatórios tropicais tenha sido bem enfatizada na literatura (Murphy et al., 2003; Henry-Silva et al., 2010; Moura-Júnior et al., 2011), a compreensão acerca da ecologia das espécies ainda não permite descrever os padrões de riqueza, composição florística e biomassa desses vegetais em represas (Thomaz et al. 2003).

Alguns estudos têm constatado que as variações na estrutura quali-quantitativa das comunidades de plantas aquáticas de reservatórios tropicais estão relacionadas, dentre outros fatores, a eventos de variação do regime hidrológico, como por exemplo, pulsos de inundações (Thomaz et al., 2006; Sousa et al., 2009). Embora se reconheça que as plantas aquáticas sofram influência indireta da variação do nível da água, não existe um consenso acerca dos fatores que determinam diretamente a variação da riqueza, composição florística e biomassa desses vegetais, sobretudo em reservatórios de regiões tropicais. Alguns pesquisadores acreditam que especificidades das condições abióticas da água podem interferir nos padrões bióticos das plantas aquáticas (Murphy et al., 2003; Thomaz et al., 2003; Sousa et al., 2009). Contudo, alguns ecólogos entendem que as mudanças na estrutura quali-quantitativa dessa comunidade podem estar relacionadas às características morfofisiológicas das espécies (Gopal, 1990; Reddy & DeBusk, 1985; Camargo et al., 2003) ou aos processos de interação ecológica das populações (Santos & Thomaz, 2007; Thomaz et al., 2006; Pedro et al., 2006).

Nesse sentido, o desenvolvimento de estudos que analisem a influência da variação do regime hidrológico sobre estrutura quali-quantitativa das plantas aquáticas em reservatórios tropicais pode contribuir com informações acerca das relações entre as espécies e as variáveis hidrológicas, e com isso, ampliar o conhecimento sobre os padrões da biodiversidade desses vegetais. Assim, o presente estudo teve por objetivos: (i) analisar a existência de diferenças significativas quanto à riqueza, composição florística e biomassa das plantas aquáticas, em função da variação do regime hidrológico em dois reservatórios nordeste do Brasil; (ii) verificar se a mudança do regime hidrológico causou alterações nas condições hidrológicas dos reservatórios; e (iii) identificar quais as variáveis hidrológicas que melhor se correlacionaram com a riqueza e biomassa de macrófitas aquáticas.

Material e métodos

Descrição da área de estudo e do pulso de inundação

Os reservatórios Tapacurá (08° 02' 32,1" S / 35° 11' 46,5" W) e Cursai (07° 52' 41,6" S / 35° 10' 30,9" W) estão situados na bacia hidrográfica do Capibaribe, entre os municípios de São Lourenço da Mata e Paudalho, ambos localizados na Zona da Mata Norte de Pernambuco (Fig. 1). O reservatório de Tapacurá possui uma profundidade máxima de 108 m acima da fundação e um comprimento de coroamento de 240 m, o que concede a este uma área de drenagem de aproximadamente 58 km² e um volume de acumulação máximo de 154.519.000 m³ (Secretaria Pernambucana de Recursos Hídricos e Energéticos, 2012). Já o reservatório de Cursai apresenta uma cota (profundidade) máxima de 95 m e um comprimento de coroamento de 137 m, sendo a área de drenagem de 58 km² e o volume máximo de acumulação de 23.500.000 m³ (Secretaria Pernambucana de Recursos Hídricos e Energéticos, 2012). Esses reservatórios consistem nos principais sistemas produtores de água da Zona da Mata pernambucana, sendo os mesmos responsáveis por 43% da água potável servida aos municípios de Recife, São Lourenço da Mata, Camaragibe e Paudalho (Companhia Pernambucana de Saneamento e Abastecimento, 2004).

O regime anual de chuvas na região da Zona da Mata Norte de Pernambuco é distribuído irregularmente entre os meses de março e agosto, com pico em junho e julho, sendo o período de estiagem compreendido entre setembro e fevereiro (Laboratório Meteorológico do estado de Pernambuco /Instituto Tecnológico de Pernambuco, 2011). A pluviosidade média mensal (histórica) da região varia de 221 mm (para junho ou julho) a menos de 70 mm, para os meses do período de estiagem. Para o mês de junho de 2010, a estação meteorológica de Tapacurá registrou uma precipitação média de 448,8 mm, o que esteve 202,72% acima da média histórica do mês. Do total de chuvas ocorrentes para o mês de junho de 2010, 307 mm foi registrado entre os dias 10 e 20 (Tabela 1), sendo a precipitação desse período responsável pelo aumento em oito metros na cota de água dos reservatórios de Tapacurá e Cursai, os quais alcançaram as suas profundidades máximas (Agência Nacional de Águas, 2010). Conseqüentemente, o pulso de inundação (variação abrupta da profundidade em função da pluviometria) ocorrido em Tapacurá e Cursai foi responsável, respectivamente, pelo aumento de 88.119.000 e 17.870.800 m³ no volume de acumulação dos mesmos (Secretaria Pernambucana de Recursos Hídricos e Energéticos, 2012), promovendo uma ampliação dos habitats aquáticos.

É importante ressaltar que os elevados índices pluviométricos registrados em junho de 2005 poderiam indicar a ocorrência de um pulso de inundação anterior ao constatado em junho de 2010, nos reservatórios de Tapacurá Cursai (Tabela 1). Desta forma, o provável pulso ocorrido em 2005 poderia ter influenciado os padrões quali-quantitativos das comunidades de plantas aquáticas em novembro de 2008 (data da primeira coleta). No entanto, a falta de informações acerca da variação da profundidade em Tapacurá e Cursai para os meses de 2005 não nos permite afirmar a existência de um pulso de inundação nesse período. Ainda que tenha ocorrido um pulso de inundação em junho de 2005 e que esse tenha influenciado as comunidades de macrófitas aquáticas dos reservatórios de Tapacurá e Cursai, sabe-se que em novembro de 2008 essas comunidades já se apresentavam estáveis, pois segundo Henry et al. (1996) e Pedro et al. (2006), o tempo de resiliência para espécies de plantas aquáticas varia de algumas semanas até 36 meses.

Períodos de amostragem

As amostras bióticas (florística e biomassa) e abióticas (variáveis hidrológicas) foram coletadas em oito expedições (para cada reservatório), sendo quatro no período anterior ao pulso de inundação e quatro após. As coletas do período pré-inundação ocorreram nos meses de novembro de 2008 (C1), maio (C2), agosto (C3) e dezembro 2009 (C4), enquanto que as expedições do período pós-inundação foram realizadas nos meses de agosto (C5) e novembro de 2010 (C6), fevereiro (C7) e junho de 2011 (C8).

Amostragem florística

Para cada coleta foi plotada uma parcela (unidade amostral) de 5 m de largura por 40 m de comprimento, com o ponto inicial localizado a 0,5 m da margem. Para sistematizar as coletas do estudo florístico e de biomassa foram analisados apenas estandes localizados em meandros do reservatório (ou seja, que receberam pouca influência dos ventos), o que suavizou o problema causado pelo deslocamento do estande. Vale ressaltar que, independente do período de coleta, a unidade amostral do estudo florístico foi plotada na mesma localidade. Foram coletados ramos ou indivíduos (em estágio fértil ou vegetativo) das espécies presentes nas parcelas, segundo a metodologia de Fidalgo & Bononi (1984).

A lista das espécies seguiu a proposta de classificação das famílias reconhecidas pelo Angiosperm Phylogeny Group (2009) para as angiospermas, e por Smith et al. (2006) para as plantas vasculares sem flores. A identificação das espécies foi fundamentada em

bibliografia especializada e na compilação com os acervos dos herbários Professor Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), ambos localizados em Recife – PE. Os espécimes coletados foram incorporados ao acervo do PEUFR.

Amostragem da Biomassa

Através das coletas piloto, observou-se que o método destrutivo de avaliação da biomassa não causaria danos significativos ao estande estabelecido para análise, uma vez que, a área total a ser coletada representou uma proporção pequena (<0,5%) da área total ocupada pelo estande. Para cada coleta (em cada reservatório) foi analisado um estande amostral, sendo a biomassa das espécies desse estande estimada através da técnica dos quadrados amostrais (Howard-Williams, 1975; Pompêo & Moschini-Carlos, 2003). Para cada reservatório analisado, o estande foi considerado a unidade amostral, sendo os quadrados as subamostras desse estande (n=12). Os quadrados (com dimensão de 0,25 x 0,25 m cada) foram distribuídos ao longo de quatro transectos (A, B, C, D) paralelos entre si (equidistantes em 10 m) e perpendiculares a margem. Para cada transecto foram lançados três quadrados amostrais, os quais estavam localizados a 0,5, 2,0 e 4,0 m da margem.

As macrófitas aquáticas foram coletadas manualmente ou com auxílio de tesoura de poda. Quando necessário, um puçá adaptado com rede de nylon foi utilizado a fim de contemplar todos os indivíduos presentes nos quadrados. Foram coletados exemplares inteiros ou parte dele que estivesse emerso e/ou submerso a uma profundidade máxima de 40 cm. O material biológico coletado foi acondicionado em saco plástico e devidamente identificado, sendo as amostras encaminhadas a UFRPE para a triagem.

Em laboratório o material biológico foi lavado em água corrente, sendo retirado o excesso de sedimento que estivesse aderido a cada exemplar (Camargo & Florentino, 2000). Durante a lavagem, o material biológico contido em cada amostra foi separado por espécie, sendo os exemplares de cada espécie acondicionados em sacos de papel e levados à secagem em estufa a 50°, durante 72h ou até atingir peso seco constante (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003). Após a secagem, os espécimes foram pesados (peso seco) em balança digital, marca Plenna, modelo MEA 06100 (com erro de 0,01g ±), sendo os valores expressos em gPS/m² (Mazzeo et al., 1993).

Amostragem das variáveis hidrológicas

Para cada expedição a campo foram coletadas amostras de água (n=1) para a análise laboratorial das variáveis hidrológicas pH e turbidez, além das concentrações de fósforo total, fósforo total dissolvido, fosfato inorgânico, nitrato e nitrito. A coleta foi realizada em um único ponto, localizado a quatro metros da margem, próximo ao primeiro transecto do estande analisado quanto à biomassa. As amostras foram coletadas manualmente, a 15-20 cm da superfície, e acondicionadas em frasco de 350 mL. Os valores de pH, turbidez, fósforo total, fósforo total dissolvido, fosfato inorgânico, nitrito e nitrato foram analisados nos laboratórios de Ficologia e Limnologia da UFRPE. Ainda em campo, foram aferidas as variáveis hidrológicas: condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura e transparência da água. Os equipamentos e/ou metodologias que foram utilizados nas análises das variáveis abióticas estão expressos na Tabela 2.

Análise estatística

Os dados de riqueza, composição florística e biomassa das macrófitas aquáticas, assim como, o resultado das variáveis hidrológicas foram analisados por reservatório e por período amostral (pré e pós-inundação). Os valores dos parâmetros hidrológicos nitrato, nitrito, fósforo total, fósforo total dissolvido e fosfato inorgânico foram normalizados através da equação ($\log+1$).

O teste t de Student foi utilizado para verificar se ocorreram diferenças significativas quanto aos valores das variáveis bióticas (riqueza e biomassa) e abióticas (parâmetros hidrológicos) entre os períodos pré e pós-inundação de cada reservatório, através do programa estatístico Biostat 5.0 (Ayres et al., 2007).

Para avaliar a similaridade florística entre os períodos pré e pós-inundação foi realizada uma análise de agrupamento. A matriz de composição florística foi submetida à análise de similaridade pelo índice de Jaccard (Magurran, 2004) e ordenada pelo método WPGMA, através do *software* PRIMER pc. 6.0 (Clarke & Gorley, 2006). Para testar a consistência dos agrupamentos foi utilizado o método de permutação Monte Carlo com 2000 replicações e $\alpha = 5\%$, através do programa RandMat versão 1.0 (Manly, 1997). Com base no registro de campo foram calculados os percentuais de ocorrência das espécies para os períodos pré e pós-inundação, segundo a metodologia proposta por Mateucci & Colma (1982).

Para identificar o conjunto de variáveis hidrológicas que melhor explicaram os valores de riqueza nos reservatórios de Cursai e Tapacurá foi realizado o procedimento de regressão linear múltipla (forward stepwise). Para identificar quais as variáveis hidrológicas preditoras da variação de riqueza das macrófitas aquáticas entre os períodos pré e pós-inundação de Cursai e Tapacurá foi realizada uma análise de correlação parcial (com e sem a influência dos valores de precipitação para os dez primeiros dias de cada mês de coleta). As análises de regressão linear múltipla (forward stepwise) e correlação parcial foram realizadas através do *software* Biostat 5.0 (Ayres et al., 2007).

Para testar a correlação entre a biomassa das espécies com as variáveis hidrológicas foram realizadas análises de correspondência canônica (CCA), utilizando o *software* CANOCO versão 4.5 (Ter-Braak & Smilauer, 2002). Para as análises da CCA foram construídas duas matrizes. Na primeira matriz foram incluídos dados de biomassa das espécies que apresentaram frequência superior a 10% das amostras (Causton, 1988). A segunda matriz foi montada com os valores das variáveis hidrológicas profundidade, transparência, temperatura, pH, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido, fósforo total, fósforo total dissolvido, fosfato inorgânico, nitrato e nitrito.

Após uma CCA preliminar, foram eliminadas as variáveis fracamente correlacionadas com os valores de biomassa das espécies ou redundantes com outras variáveis. A CCA final foi processada com as variáveis que apresentaram correlações mais fortes com os eixos de ordenação. Foi aplicado o teste de permutação de Monte Carlo (1000 permutações) para verificar a significância das correlações entre a biomassa das espécies e as variáveis hidrológicas.

Resultados

Composição florística e Riqueza

Foram inventariadas 14 espécies, distribuídas em 13 gêneros e 11 famílias (Tabela 3). As famílias Araceae, Cyperaceae e Onagraceae foram as mais representativas quanto à riqueza de espécies no período posterior ao pulso de inundação, contemplando juntas seis espécies (42,85%), enquanto no período pré-inundação as famílias Araceae, Araliaceae, Onagraceae, Poaceae, Polygonaceae, Pontederiaceae, Pteridaceae e Salviniaceae foram representadas por uma única espécie cada (Tabela 3).

Dentre as macrófitas aquáticas identificadas, oito espécies (92,85%) foram observadas no período pré-inundação e 13 spp. (57,14%) no período pré-inundação dos

reservatórios. Para o reservatório Cursai foram registradas seis espécies no período anterior ao pulso de inundação e nove no período posterior, enquanto que para Tapacurá foram observadas seis espécies no período pré-inundação e oito no período pós-inundação (Tabela 3). Assim, observaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) quanto à riqueza de macrófitas aquáticas dos períodos anterior (A) e posterior ao pulso (B) de inundação, tanto para Cursai ($x_A = 4,5 \pm 1,29$; $x_B = 6,25 \pm 0,57$) quanto para Tapacurá ($x_A = 3,75 \pm 0,95$; $x_B = 6,25 \pm 0,95$) (Fig. 2).

De acordo com o teste de Monte Carlo, as parcelas amostrais que apresentaram índices de Jaccard (S) acima dos 84% foram consideradas significativamente similares ($p < 0,05$) quanto à estrutura florística. Nesse sentido, os percentuais de similaridade indicaram diferenças significativas quanto à composição específica entre períodos pré e pós-inundação, tanto para Cursai (S < 30%) quanto para Tapacurá (S < 80%) (Fig. 3).

Quanto à frequência de ocorrência das espécies registradas no reservatório de Cursai, constatou-se que *Salvinia auriculata* Aubl. *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms e *Paspalidium* sp. ocorreram em mais de 75% das unidades amostrais, para os dois períodos em questão (Tabela 3). Por outro lado, as espécies *Hydrocotyle ranunculoides* L.f. e *Ludwigia leptocarpa* (Nutt.) H. Hara apresentaram apenas um registro de ocorrência para Cursai, sendo *H. ranunculoides* registrada no período anterior ao pulso de inundação e *L. leptocarpa* no período pós-inundação (Tabela 3). É importante ressaltar que das 11 espécies registradas nas parcelas do reservatório de Cursai, cinco apresentaram variações (superiores a 25%) quanto aos seus percentuais de ocorrência antes e após o pulso de inundação. Foram elas: *Cyperus* sp., *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Palla, *Egeria densa* Planch., *Ludwigia helminthoriza* (Mart.) H. Hara e *Polygonum ferrugineum* Wedd. (Tabela 3).

Em relação ao reservatório de Tapacurá observou-se que as espécies *E. crassipes*, *S. auriculata* e *Pistia stratiotes* L. apresentaram 100% de ocorrência tanto para as parcelas do período anterior quanto do período posterior ao pulso de inundação (Tabela 3). Já as espécies *L. helminthoriza*, *Caperonia castaneifolia* (L.) A. St-Hill e *Ceratopteris pteridoides* (Hook.) Hieron. apresentaram apenas um registro de ocorrência para o reservatório de Tapacurá, sendo as duas primeiras registradas no período posterior ao pulso de inundação e a última no período pré-inundação (Tabela 3). Assim como foi observado para o reservatório de Cursai, algumas das espécies registradas nas parcelas de Tapacurá apresentaram variações (superiores a 25%) quanto aos seus percentuais de ocorrência antes

e após o pulso de inundação: *Lemna valdiviniana* Phil., *Hydrocotyle ranunculoides*, e *Polygonum ferrugineum* (Tabela 3).

Biomassa

Contataram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) quanto à biomassa total de macrófitas aquáticas antes (A) e após (B) o pulso inundação, tanto para Cursai ($x_A = 414,52 \pm 69,70$; $x_B = 297,40 \pm 8,20$) quanto para Tapacurá ($x_A = 1041,67 \pm 42,48$; $x_B = 480,67 \pm 68,24$) (Fig. 4).

No que refere à biomassa das espécies, observou-se que os reservatórios de Cursai e Tapacurá apresentaram dinâmicas ecológicas distintas (Tabela 4). Para o reservatório de Cursai, constatou-se que a espécie *Paspalidium* sp. foi predominante (60,2%) quanto a biomassa total do período anterior ao pulso de inundação, sendo esse táxon seguido por *Salvinia auriculata* (30,7%), *Eichhornia crassipes* (4,7%), *P. ferrugineum* (3,1%), *Ludwigia helminthoriza* (1,0%) e *H. ranunculoides* (0,3%). No período posterior ao pulso de inundação de Cursai, as espécies *E. crassipes*, *Paspalidium* sp. e *S. auriculata* apresentaram uma redução na sua biomassa, em relação ao período anterior, enquanto que a espécie *L. helminthoriza* apresentou um aumento de matéria orgânica após o pulso de inundação (Tabela 4). As espécies mais representativas em relação à biomassa do período posterior ao pulso de inundação de Cursai foram *S. auriculata* (32,9%) e *Paspalidium* sp. (32,8%), seguidas por *L. helminthoriza* (28,6%), *Oxycaryum cubense* (4,9%) e *E. crassipes* (0,8%), sendo o táxon *O. cubense* registrado apenas entre as unidades amostrais da biomassa desse período (Tabela 4).

Quanto ao reservatório de Tapacurá, observou-se que o pulso de inundação interferiu na dinâmica das espécies ao ponto de alterar a ordem de importância dos táxons *P. stratiotes* e *S. auriculata* na biomassa total de cada período analisado (Tabela 4). No período anterior ao pulso de inundação, *P. stratiotes* e *S. auriculata* representavam, nesta mesma ordem, 10,8% e 6,3% da quantidade de matéria orgânica estimada para o reservatório de Tapacurá, enquanto que, para o período posterior ao pulso de inundação essas espécies representaram 5,5% e 6,5% da biomassa total, respectivamente. Ainda que os táxons *P. stratiotes* e *S. auriculata* tenham representado juntos mais de 10% da quantidade de matéria orgânica de plantas aquáticas estimada para os dois períodos analisados, a espécie *E. crassipes* predominou quanto à biomassa total de hidrófitas no reservatório de Tapacurá, tanto para o período anterior (82,7%) quanto para o período

posterior ao pulso de inundação (85,4%). Vale ressaltar que após o pulso de inundação de Tapacurá observou-se o aparecimento das espécies *H. ranunculoides* e *L. helminthorriza* entre as unidades amostrais da biomassa, bem como, ocorreu um aumento na quantidade de matéria orgânica estimada para a espécie *P. ferrugineum*, em relação à registrada para a mesma no período anterior (Tabela 4).

Variáveis hidrológicas

Constataram-se diferenças significativas ($p < 0.05$) quanto aos valores das variáveis hidrológicas transparência, fósforo total e fosfato inorgânico antes e após o pulso de inundação, nos distintos ecossistemas estudados (Tabela 5). Para o reservatório de Cursai, os valores de nitrito também foram significativamente distintos ($p = 0.0218$) entre os períodos pré ($x = 1,07 \pm 0,33$) e pós-inundação ($x = 1,67 \pm 0,18$) (Tabela 5). Por outro lado, os valores das variáveis profundidade, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez e pH não apresentaram diferenças significativas ($p < 0.05$) em função da variação do regime hidrológico (Tabela 5). Os valores brutos das variáveis hidrológicas analisadas no presente estudo estão expostos no Apêndice 1.

Variáveis hidrológicas x riqueza

O conjunto das variáveis hidrológicas profundidade, nitrato, nitrito, temperatura, transparência, oxigênio dissolvido, fósforo total, fósforo total dissolvido e fosfato inorgânico melhor explicaram ($QM\ erro = 0.7444$; $R^2 = 85,17$) os padrões de riqueza e composição florística das macrófitas aquáticas nos ecossistemas estudados (Tabela 6). Dentre as variáveis hidrológicas citadas apenas a profundidade não se correlacionou com os valores de riqueza ($p = 0,0623$), evidenciando que essa variável também não foi importante para explicar os padrões qualitativos da flora aquática vascular nos distintos ecossistemas estudados (Tabela 6).

Através da correlação entre a riqueza macrófitas aquáticas e as variáveis hidrológicas explicativa, verificou-se relação significativa apenas com o oxigênio dissolvido, transparência e nitrato para cursai e fósforo total e nitrato para Tapacurá. Contudo, a precipitação influenciou diretamente apenas na correlação entre a riqueza de plantas aquáticas e nitrato em cursai e fósforo total e nitrato em Tapacurá (Tabela 7). Dessa forma, apenas as variáveis transparência e oxigênio dissolvido puderam ser consideradas

preditoras para a alteração da riqueza e composição florística de macrófitas aquáticas entre os períodos pré e pós-inundação do reservatório de Cursai (Tabela 7).

Para o reservatório de Tapacurá, constatou-se que o pulso de inundação não foi capaz de influenciar de forma significativa a correlação entre a riqueza de macrófitas aquáticas e as variáveis hidrológicas apontadas como explicativas, não sendo assim identificadas variáveis hidrológicas preditoras para a variação no número de espécies de plantas aquáticas antes e após o pulso (Tabela 7).

Variáveis hidrológicas x Biomassa

A partir dos resultados de correlação de Pearson espécie-variável, obtidos através da Análise de Correspondência Canônica (CCA) inicial, constatou-se que as variáveis hidrológicas condutividade, profundidade, pH, turbidez, transparência, nitrito e fosfato inorgânico não se correlacionaram ($p > 0.05$) com os valores de biomassa total das espécies (Apêndice 2). Os resultados do Fator de Inflação (FI) das variáveis hidrológicas indicaram que o fósforo total dissolvido foi redundante (FI = 113,79) para o modelo inicialmente gerado, tendo em vista o baixo poder de explicação dessa variável frente às demais (Apêndice 2).

Desta forma, verificou-se que apenas as variáveis hidrológicas oxigênio dissolvido, temperatura, nitrato e fósforo total foram consideradas inicialmente preditoras para a biomassa das espécies de macrófitas aquáticas nos reservatórios de Cursai e Tapacurá, nos períodos anterior e posterior ao pulso de inundação (Apêndice 2).

As correlações (obtidas pela análise de CCA final) entre os valores de biomassa das espécies e o conjunto de variáveis consideradas preditoras foram de 0,88 (eixo1) e 0,73 (eixo 2). Essas correlações não foram influenciadas pelo “ruído” encontrado na análise (0,52 para os dois primeiros eixos), o que foi confirmado pelo teste de permutação de Monte Carlo, que indicou que o modelo gerado pela correlação espécie-variável foi eficaz ($p = 0,003$). Os autovalores (*eigenvalues*) para os eixos 1 (0.387) e 2 (0.089) indicaram a existência de gradientes longos, com variações dos valores de biomassa das espécies entre os dois eixos.

A partir do modelo final gerado pela CCA observou-se que os reservatórios de Cursai e Tapacurá apresentaram dinâmicas ecológicas distintas tanto para a biomassa das espécies quanto para as variáveis hidrológicas que melhor se correlacionaram com a biomassa dos táxons (Fig. 5). Para o reservatório de Cursai, evidenciou-se que a biomassa

da espécie *Salvinia auriculata* (predominante no período posterior ao pulso de inundação) esteve diretamente correlacionada com a temperatura e a concentração de nitrato dissolvido na água e inversamente correlacionada com os valores de oxigênio dissolvido (Fig. 5). Já para a biomassa da espécie *Paspalidium* sp. (representativa nos períodos pré e pós-inundação em Cursai) a correlação foi inversa com temperatura e concentração de nitrato e direta com o oxigênio dissolvido (Fig. 5).

Para o reservatório de Tapacurá constatou-se que os elevados valores de temperatura e nitrato, assim como, as baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água melhor explicaram os altos valores de biomassa das espécies *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes* e *S. auriculata* nas unidades amostrais do período anterior ao pulso de inundação (TC1, TC2, TC3, TC4) (Fig. 5). Quanto às espécies que apresentaram crescimento da biomassa após o pulso de inundação do reservatório de Tapacurá (*Polygonum ferrugineum* e *Hydrocotyle ranunculoides*) constatou-se uma correlação direta dessas com as concentrações de fósforo total (Fig. 5).

Discussão

O presente estudo apresentou uma riqueza de macrófitas aquáticas distinta daquela constatada em outros estudos desenvolvidos em reservatórios tropicais (Henry-Silva et al., 2010; Moura-Junior et al. 2011; Mormul et al., 2010), os quais registraram mais de 40 espécies cada. Segundo Thomaz et al. (2003), a região dos trópicos possui uma grande diversidade de reservatórios com distintos aspectos hidrológicos, e aqueles que apresentam características perenes e que sofram relevante influencia de variações hidrológicas (semelhante a Cursai e Tapacurá) abrigam uma flora aquática vascular pouco diversificada.

Cyperaceae e Onagraceae também foram evidenciadas entre as famílias com maior riqueza específica para outros ecossistemas fortemente influenciados por variações do regime hidrológico, como o Pantanal mato-grossense (Pivari et al., 2008) e a planície de inundação do alto rio Paraná (Thomaz et al., 2003). Atualmente, estima-se que no Brasil existam cerca de 700 espécies de Cyperaceae e 50 spp. de Onagraceae, as quais estão distribuídas em uma grande variedade de ambientes aquáticos e áreas de ecótono (Souza & Lorenzi, 2008). Pott & Pott (2000) associam a elevada representatividade florística destas famílias à eficiência na propagação vegetativa dos seus representantes, os quais apresentam um sistema subterrâneo ou subaquático formado por estolões. Embora a família Araceae não apresente muitos representantes dentre as macrófitas aquáticas, as espécies *P.*

stratiotes e *Lemna valdiviniana* são conhecidas por apresentar ampla distribuição em ecossistemas tropicais (Pott & Pott, 2000), e nesse sentido, podem explicar a elevada representatividade da família na área de estudo.

Para reservatórios de regiões tropicais, tem sido demonstrado que o distúrbio natural causado por uma inundação estimula o aumento da riqueza e altera a composição florística de macrófitas aquáticas, enquanto que a ausência desses eventos provoca o crescimento excessivo de poucas espécies oportunistas (Santos & Thomaz et al., 2007; Thomaz et al., 2006; Pedro et al., 2006), o que converge com os resultados encontrados no presente estudo. De acordo com os autores supracitados, o aumento da riqueza e a alteração da flora aquática vascular após um pulso de inundação estão diretamente relacionados com a ampliação de habitats e com a alteração processos de competição interespecífica, fato este observado em Tapacurá e Cursai. Mesmo que Santos & Thomaz (2007), Thomaz et al. (2006) e Pedro et al. (2006) considerem que a ecologia das espécies influenciem nos processos de colonização e sucessão das comunidades de plantas aquáticas em função da variação do regime hidrológico, esses mencionam que as variáveis hidrológicas também sejam fatores estruturadores das macrófitas aquáticas em ecossistemas de regiões tropicais.

Segundo Tundisi e Tundisi (2008), a variação no regime hidrológico pode promover a reoxigenação da água, assim como, pode aumentar (em médio prazo) o coeficiente de atenuação da luz. Essas modificações nas características hidrológicas do ecossistema induzem às alterações nos processos de competição, abrindo brechas para a colonização e o desenvolvimento de espécies menos competitivas (Connell, 1978; Silvertown & Doust, 1993). Estudos experimentais, desenvolvidos em ecossistemas de regiões tropicais, têm revelado que a transparência e o oxigênio dissolvido na água são considerados bons preditores para a biodiversidade de plantas aquáticas, em função da variação do regime hidrológico (Murphy et al., 2003; Souza et al., 2009). Nesse sentido, a variação nos valores de riqueza, similaridade florística e frequência de ocorrência das espécies antes e após o pulso de inundação de Cursai podem ser explicados tanto pelas mudanças das condições hidrológicas desses ecossistemas (oxigênio dissolvido, transparência e fósforo total) quanto pela alteração dos processos competitivos entre as espécies em cada período. Como a variação da riqueza e composição florística de macrófitas aquáticas entre os períodos pré e pós inundação de Tapacurá não foi influenciada pelas variáveis hidrológicas analisadas, essas variações podem ter sido

provenientes da ampliação de habitats (favorecendo o aporte de novos propágulos) e da alteração processos de competição interespecífica.

O potencial das espécies *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata*, *Pistia stratiotes* e *Paspalidium* sp. (registradas na maioria nas parcelas do estudo florístico de Cursai ou Tapacurá) em colonizar ambientes que sofrem diferentes pressões ambientais pode ser considerado um evento comum (Pott & Pott 2000). De acordo com esses autores, as espécies supracitadas apresentam uma plasticidade morfofisiológica que as tornam capazes de colonizar diversos ambientes aquáticos continentais, inclusive de água salobra. É importante ressaltar que, sob determinadas condições, o crescimento excessivo da vegetação aquática pode se tornar um problema para determinados usos múltiplos da água, como irrigação, navegação e abastecimento público (Pompêo, 2008). Nesse sentido, os registros de biomassa das espécies *E. crassipes*, *S. auriculata*, *P. stratiotes* e *Paspalidium* sp. sinaliza para futuros problemas aos reservatórios de Cursai e Tapacurá, caso não sejam desenvolvidos estudos ou práticas de controle dessas espécies.

Assim como foi observado no presente estudo, outros trabalhos constataram (através de experimentos de campo e laboratório) que o crescimento na biomassa de macrófitas aquáticas esteve diretamente correlacionado com a concentração de nutrientes nitrogenados e fosfatados, baixa transparência e elevada temperatura da água (Finlayson, 1984; Reddy e Debusk, 1984; Camargo et al. 2003). Além disso, os padrões de biomassa das espécies de macrófitas aquáticas estão associados à capacidade das mesmas em assimilar e estocar nutrientes (Gopal, 1990; Reddy e Debusk, 1985). Ao compararem a composição química de macrófitas aquáticas de diferentes espécies, Henry-Silva e Camargo (2000) observaram que, sobre baixa variação do fluxo d'água, as espécies dos gêneros *Pistia*, *Salvinia* e *Eichhornia* apresentaram elevados estoques de nitrogênio e fósforo na sua biomassa total, quando comparados aos de outros gêneros (*Utricularia*). Assim, a elevada representatividade de *Pistia stratiotes*, *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* nas amostras de biomassa do período anterior ao pulso de inundação, tanto em Cursai (*S. auriculata*) quanto em Tapacurá (*P. stratiotes*, *S. auriculata* e *E. crassipes*), pode ser explicada pelas condições abióticas da água e pela elevada capacidade dessas espécies em acumular os nutrientes nitrogenados e fosfatados dissolvidos na água. Já a elevada representatividade *Paspalidium* sp. nas amostras de biomassa do período anterior ao pulso de inundação de Cursai pode está associado à estratégia fisiológica e reprodutiva adotada pelos indivíduos da espécie, que segundo Pott & Pott (2000) apresentam

reprodução vegetativa e ampla capacidade de sobreviver em ambientes com variações hidrológicas.

Por outro lado, após um pulso de inundação algumas espécies oportunistas, como *P. stratiotes*, *S. auriculata* e *E. crassipes* podem reduzir a sua biomassa (Bianchini Jr., 1999). Segundo Camargo et al. (2003), em ecossistemas aquáticos tropicais a variação no nível da água pode atuar como um fator limitante à produtividade primária de macrófitas aquáticas. Grandes oscilações no nível da água podem acarretar à lixiviação de compostos nutricionais e estruturais da planta, bem como, pode favorecer ao aparecimento de detrito sobre a mesma, causando conseqüentemente à morte do organismo (Bianchini Jr., 1999; Pompêo & Moschini-Carlos, 2003). Estudos de campo têm demonstrado que as espécies *P. stratiotes*, *S. auriculata* e *E. crassipes* apresentam elevados coeficientes de decomposição de frações lábeis ou refratárias (Singhal et al., 1992; Bianchini Jr., 1999; Pagioro & Thomaz, 1999; Negrissoli et al., 2006), sobretudo em ecossistema fortemente influenciados por variações do regime hidrológico (Bianchini Jr., 1999). Com base nesses resultados, pode-se inferir que tanto as modificações nas condições abióticas da água (nutrientes, oxigênio e temperatura) quanto à elevada capacidade de decomposição das espécies *E. crassipes*, *P. stratiotes* e *S. auriculata* podem explicar a diminuição nos valores de biomassa em Cursai e Tapacurá, após o pulso de inundação.

Em contrapartida, as taxas de crescimento de algumas espécies de macrófitas aquáticas não oportunistas podem aumentar concomitantemente à elevação do nível d'água. Menezes et al. (1993) constataram que *Nymphoides indica* (L.) Kuntze duplicou sua biomassa na fase crítica de inundação da represa Lobo - SP, sendo que com a diminuição do nível d' água ocorreu a redução de sua taxa de produtividade primária. Neiff (1975) observou um crescimento intenso de *N. indica* e *Victoria cruziana* A.D. Orb. com a elevação na cota de água do rio Paraná e Bini (1996), também trabalhando nesse rio, verificou um aumento da biomassa de *Polygonum* sp. em função da variação do regime hidrológico da planície de inundação. Segundo a teoria do distúrbio intermediário, a elevação do nível de água pode provocar modificações nas características hidrológicas do ecossistema, que por sua vez poderão induzir à redução da biomassa de uma espécie dominante, alterando os processos de competição entre as espécies e permitindo a coexistência de espécies com menor potencial competitivo (Connell, 1978; Silvertown & Doust, 1993). Assim, o surgimento de táxons (*Oxycaryum cubense* – Cursai; *Ludwigia helminthorriza* e *Hydrocotyle ranunculoides* – Tapacurá) ou o aumento nos valores de

biomassa de espécies não oportunistas (*L. helminthoriza* – Cursai; *Polygonum ferrugineum* – Tapacurá) após o pulso de inundação pode ser explicado pela alteração nos processos de competição inter-específica, causadas pelas mudanças nas características hidrológicas dos reservatórios analisados.

Em síntese, a amostragem dos reservatórios de Cursai e Tapacurá evidenciaram diferenças quanto à riqueza, composição florística e biomassa de macrófitas aquáticas antes e após o pulso de inundação, sendo a riqueza específica maior no período posterior ao pulso e a biomassa menor para o mesmo período. Os resultados obtidos no presente estudo sugerem ainda que a transparência e o oxigênio dissolvido da água foram os principais responsáveis pela alteração dos padrões estruturais das macrófitas aquáticas de Cursai antes e após o pulso de inundação. Para o reservatório de Tapacurá, não foram identificadas variáveis hidrológicas preditoras para a variação no número de espécies de plantas aquáticas antes e após o pulso, e nesse sentido, acredita-se que tais variações foram provenientes apenas da ampliação de habitats e da alteração processos de competição interespecífica, em cada período. Em relação à biomassa, os resultados do presente estudo sugerem que as mudanças nas concentrações de nitrato e fósforo total, da temperatura e do oxigênio dissolvido na água alteraram os padrões de biomassa após o pulso de inundação de Cursai e Tapacurá.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos laboratórios de Limnologia e Ficologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo apoio logístico, bem como, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedidos para a realização dessa pesquisa.

Referências Bibliográficas

Agostinho, A. A., S. M. Thomaz & L. C. Gomes, 2005. Conservation of the Biodiversity of Brazil's Inland Waters. *Conservation Biology* 19(3): 646–652.

Agência Nacional de Águas – ANA, 2010. Relatório anual de atividades. <http://www.ana.gov.br> (ultimo acesso: 28 de agosto de 2011).

Angiosperm Phylogeny Group - APG III, 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105–121

Ayres, M., M. Ayres-Júnior, D. L. Ayres & A. A. Santos, 2007. *Bioestat – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas*. ONG Mamirauá, Belém.

Balian, E. V., H. Segers, C. Lévêque & K. Martens, 2008. The freshwater animal diversity assessment: an overview of the results. *Hydrobiologia* 595: 627-637.

Bianchini Jr, 1999. Aspectos do processo de decomposição nos ecossistemas aquáticos continentais. In: Pompêo, M. L. M (ed), *Perspectiva da Limnologia no Brasil*. Editora União, São Luis: 21.43.

Bini, L. M., L. G. Oliveira, D. C. Souza, P. Carvalho & M. P. Pinto, 2005. Patterns of the aquatic macrophyte cover in Cachoeira Dourada Reservoir (GO-MG). *Brazilian Journal of Biology* 65(1): 19-24.

Bini, L. M, 1996. Influência do pulso de inundação nos valores de fitomassa de três espécies de macrófitas aquáticas na planície de inundação de inundação do alto rio Paraná. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 39(3): 715-721.

Camargo, A. F. M. & E. R. Florentin, 2000. Population dynamics and net primary production of the aquatic macrophyte *Nymphae rudgeana* C.F. Mey in a lotic environment of the Itanhaém River basin (São Paulo, Brasil). *Revista Brasileira de Biologia* 60(1): 83-92.

Camargo, A. F. M., M. M. Pezzato & G. G. Henry-Silva, 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S. M. & L. M. Bini (eds), *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. EDUEM, Maringá: 59-84.

Causton, D. R, 1988. *An introduction to vegetation analysis principles and interpretation*. Unwin Hyman, London.

Clarke, K. R. & R. N. Gorley, 2006. *PRIMER - Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research*. Ver. 6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth.

Companhia Pernambucana de Saneamento e Abastecimento – COMPESA, 2004. *Sistemas de abastecimento d'água da região metropolitana do Recife: Relatório técnico*. Recife: COMPESA – Gerência de Produção / Diretoria Técnica, Recife.

- Connell, J. H, 1978. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* 199: 1302-1310.
- Esteves, F. A, 1998. *Fundamentos de Limnologia*. 2ed. Interciência, Rio de Janeiro.
- Finlayson, C. M, 1984. Growth of *Salvinia molesta* in lake Moondarra, Mount Isa, Australia. *Aquatic Botany* 18: 257-262.
- Fidalgo, O. & V. R. L. Bononi, 1984. Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico. Instituto de Botânica, São Paulo.
- Golterman, H. J., R. S. Clymo & M. A. M. Ohnstad, 1978. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. Blackwell Sci. Pub., London.
- Gopal, B, 1990. Aquatic weed problems and management in Asia. In: Pieterse, A. H. & K. J. Murphy (eds), *Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation*. Oxford University Press, Oxford: 318-340.
- Henry-Silva, G. G. & A. F. M. Camargo, 2005. Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. *Hoehnea* 32(3): 445-452.
- Henry-Silva, G. G. & A. F. M. Camargo, 2000. Composição química de quatro espécies de macrófitas aquáticas e possibilidade de uso de suas biomassas. *Naturalia* 26: 111-125.
- Henry-Silva, G. G., R. S. T. Moura & L. L. O. Dantas, 2010. Richness and distribution of aquatic macrophytes in Brazilian semi-arid aquatic ecosystems. *Acta Limnologica Brasiliensia* 22(2): 147-156.
- Henry, C. P., C. Amoros & G. Bornette, 1996. Species traits and recolonization processes after disturbance in riverine macrophytes. *Vegetation* 122: 13-27.
- Howard-Williams, C, 1975. Seasonal and spatial changes in the composition of the aquatic and semiaquatic vegetation of lake Chilwa, Malawi. *Vegetation* 30(1): 33-39.
- Julio-Jr, H. F., S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & J. D. Latini, 2005. Distribuição e caracterização dos reservatórios. In: Rodrigues, L., S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & L. C. Gomes (eds), *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. Editora Rima, São Carlos: 1-16.

Laboratório Meteorológico do estado de Pernambuco / Instituto Tecnológico de Pernambuco – LAMEPE/ITEP. 2011. <http://www.itep.br/LAMEPE.asp> (ultimo acesso: 10 de setembro de 2011).

Mackereth, F. J. H., J. Heron & J.F. Talling, 1978. Water analysis: some revised methods for limnologist. Freshwater Biological Association Scientific Publication, Kendal.

Magurran, A. E, 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Malden.

Manly, B. F. J, 1997. Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology. 2ed. Chapman and Hall, London.

Mateucci, S. D. & A. Colma, 1982. La Metodologia para el Estudio de la Vegetacion. Coleccion de Monografias Cientificas; Série Biologia 22(1): 1-168.

Mazzeo, N., D. Crossa & R. Sommaruga, 1993. Productividad Y variación estacional de la biomassa de *Pistia stratiotes* L. en el reservatorio del Cisne, Uruguay. Acta Limnologica Brasiliensia 1:186-195.

Menezes, C. F. S., F. A. Esteves & A. M. Anesio, 1993. Influência da variação artificial do nível d'água da represa do Lobo (SP) sobre a biomassa e produtividade de *Nymphoides indica* (L.) O. Kuntze e *Pontederia cordata* L. Acta Limnologica Brasiliensia 6: 163-172.

Mormul, R. P., F. A. Ferreira, P. Carvalho, T. S. Michelan, M. J. Silveira & S. M. Thomaz, 2010. Aquatic macrophytes in the large, sub-tropical Itaipu Reservoir. Revista de Biologia Tropical. 58: 1437-1452.

Moura-Júnior, E. G.; M. C. Abreu, W. Severi, & G. A. S. T. Lira, 2011. Are floristic composition, richness and life forms of aquatic macrophytes affected by the dam-river gradient of the Sobradinho Reservoir? Rodriguesia 62: 731-742.

Murphy, K. J., G. Dickinson, S. M. Thomaz, L. M. Bini, K. Dick, K. Greaves, M. P. Kennedy, S. Livingstone, H. McFerran, J. M. Milne, J. Oldroyd & R. A. Wingfield. 2003. Aquatic plant communities and predictors of diversity in a sub-tropical river floodplain: the upper Rio Paraná, Brazil. Aquatic Botany 77: 257-276.

Negrisoli, E., M. R. Corrêa, E. D. Velini, L. F. Bravin, S. R. Marchi, A. L. Cavenaghi & S. V. S. Rossi, 2006. Estudo da Degradação da Biomassa de três espécies de plantas aquáticas no reservatório da UHE de Americana – SP. Planta daninha 24(2): 221-227.

- Neiff, J. J., 1975. Fluctuaciones anuales en la composition fitocenotica y biomassa de La hidrofitia en lagunas isleñas del Paraná Medio. *Ecosur* 2(4): 153-183.
- Pagioro, T. A. & S. M. Thomaz, 1999. Decomposition of *Eichhornia azurea* from limnologically different environments of the Upper Paraná River floodplain. *Hydrobiologia* 411: 45-51.
- Pedro, F., L. Maltchik & I. Bianchini Jr, 2006. Hydrologic cycle and dynamics of aquatic macrophytes in two intermittent rivers of the semi-arid region of Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 2: 575-585.
- Pivari, M. O. D., F. R. G. Salimena, V. J. Pott & A. Pott, 2008. Macrófitas Aquáticas da Lagoa Silvana, Vale do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Iheringia* 63(2): 321-327.
- Pompêo, M. L. M, 2008. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. *Oecologia Brasiliensis* 12(3): 406-424.
- Pompêo, M. L. M. & V. Moschini-Carlos, 2003. Macrófitas aquáticas e perifíton, aspectos ecológicos e metodológicos. RIMA, São Carlos.
- Pott, V. J. & A. Pott, 2000. Plantas aquáticas do Pantanal. Embrapa, Brasília.
- Reddy, K. R. & W. F. Debusk, 1984. Growth characteristics of aquatic macrophytes cultured in nutrient enriched water: I. Water Hyacinth, Water Lettuce and Pennywort. *Economic Botany* 38(2): 229-239.
- Reddy, K. R. & W. F. Debusk, 1985. Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes. *Journal of Environmental Quality* 14: 459-462.
- Santos, A. M. & S. M. Thomaz, 2007. Aquatic macrophytes diversity in lagoons of a tropical floodplain: the role of connectivity and water level. *Austral Ecology* 32: 177-190.
- Secretaria Pernambucana de Recursos Hídricos e Energéticos, 2012. Ficha técnica dos reservatórios. <http://www.srhe.pe.gov.br/> (ultimo acesso: 20 de janeiro de 2012).
- Silvertown, J. W. & J. L. Doust, 1993. Introduction to plant population biology. Blackwell Science, Oxford.
- Singhal, P. K., S. Gaur & L. Talegaonkar, 1992. Relative contribution of different decay processes to the decomposition of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Aquatic Botany* 42: 265-272.

- Smith, A. R., K. M. Pryer, E. Schuettpelz, P. Korall, H. Schneider & P. G. Wolf, 2006. A classification for extant ferns. *Taxon* 55(3): 705-731.
- Sousa, W. T. Z., S. M. Thomaz, K. J. Murphy, M. J. Silveira & R. P. Mormul, 2009. Environmental predictors of the occurrence of exotic *Hydrilla verticillata* (L.f.) Royle and native *Egeria najas* Planch. in a sub-tropical river floodplain: the Upper River Paraná, Brazil. *Hydrobiologia* 632: 65-78.
- Souza, V. C. & H. Lorenzi, 2008. *Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação de Angiospermas da fora brasileira, baseado em APG II*. Instituto Plantarum, Nova Odessa.
- Ter Braak, C. J. F. & P. Smilauer, 2002. *CANOCO - Reference and CanoDraw for Windows user's guipe: Software for Canonical Community Ordination*. In. Ithaca, N.Y. Microcomputer Power.
- Thomaz, S. M. & E. R. Cunha, 2010. 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* 22(2): 218-236.
- Thomaz, S. M., L. M. Bini & K. J. Murphy, 2006. Effect of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir (Itaipu, Brazil). *Hydrobiologia* 570: 53-59.
- Thomaz, S. M., M. C. Souza & L. M. Bini, 2003. Species richness and beta diversity of aquatic macrophytes in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil): the influence of limnology and morphometry. *Hydrobiologia* 505:119-128.
- Thomaz, S. M., L. M. Bini, M. C. Souza, K. K. Kita. & A. F. M. Camargo, 1999. Aquatic Macrophytes of Itaipu Reservoir, Brazil: Survey of Species and Ecological Considerations. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 42: 15-22.
- Tundisi, J. G. & T. M. Tundisi, 2008. *Limnologia*. Oficina de Texto, São Paulo.
- Tundisi, J. G, 2007. Exploração do potencial hidrelétrico da Amazonia. *Estudos Avançados* 21: 109-117.
- Valderrama, G. C, 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry* 10: 109-122.

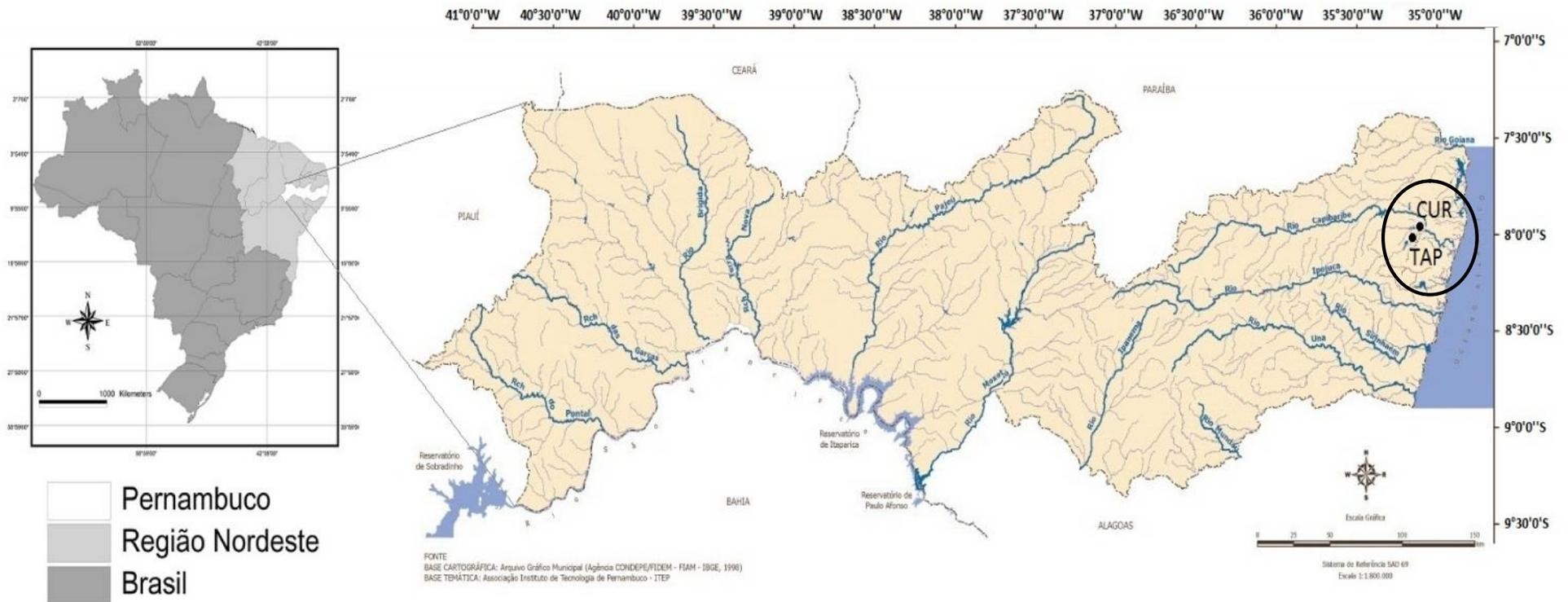


Fig. 1. Mapa hidrológico do estado de Pernambuco, Brasil, com a localização geográfica dos reservatórios estudados: CUR - Reservatório Cursai; e TAP - Reservatório de Tapacurá. Fonte do mapa hidrológico de estado de Pernambuco (Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP, 1998).

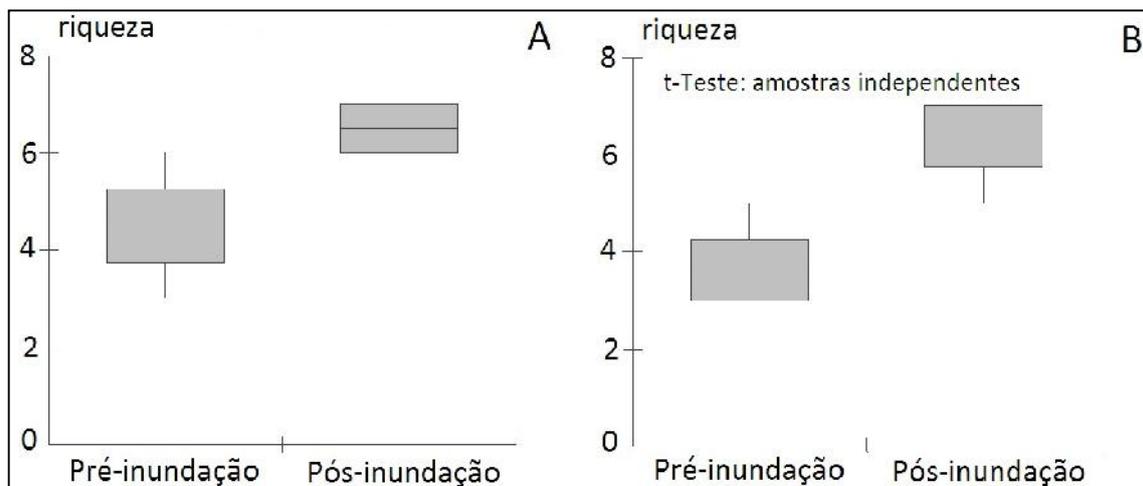


Fig. 2. Valores de mediana, máximo e mínimo da riqueza de macrófitas aquáticas nos períodos pré e pós-inundação, para os reservatórios de Cursai (A) e Tapacurá (B).

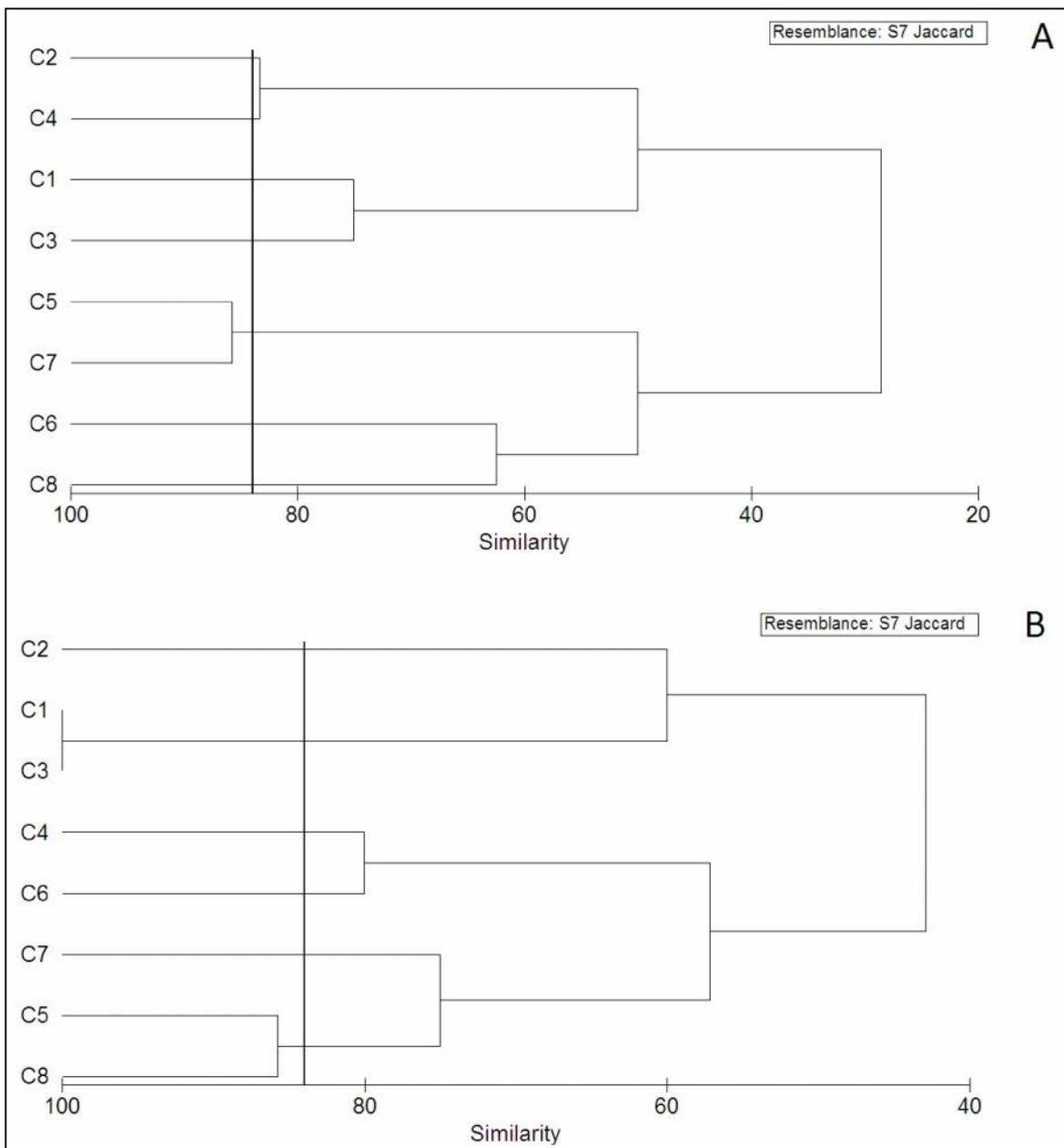


Fig. 3. Dendrograma da similaridade florística das macrófitas aquáticas para as parcelas do período anterior (C1,C2,C3,C4) e posterior ao pulso de inundação (C5,C6,C7,C8) dos reservatório de Cursai (A) e Tapacurá (B), acompanhado do teste de permutação Monte Carlo = 0,84 (com 2.000 replicações, $\alpha = 5\%$).

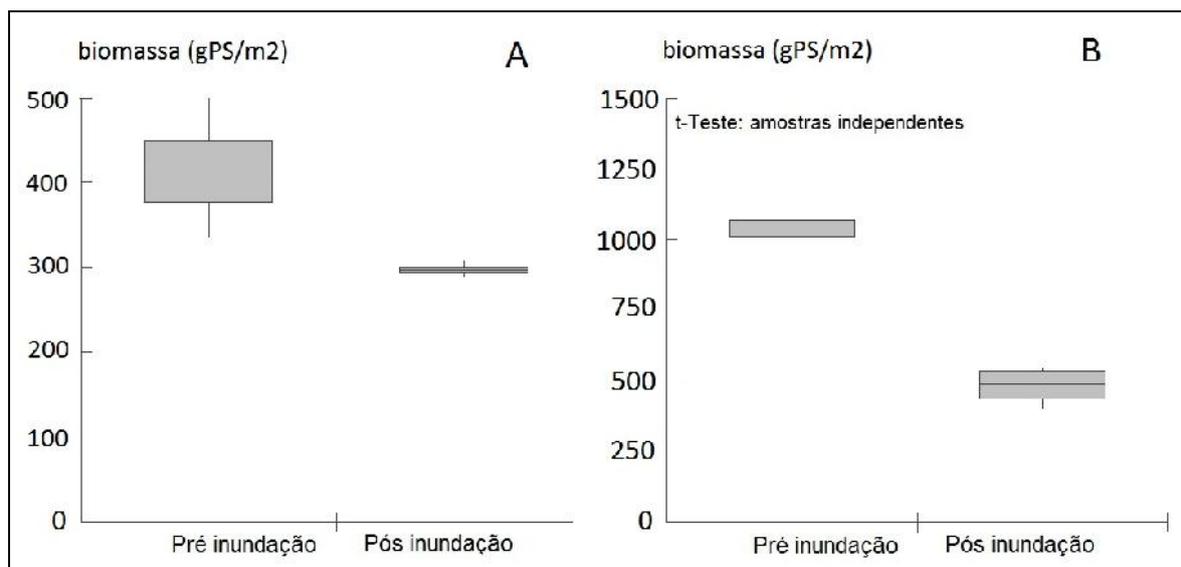


Fig. 4. Valores de mediana, máximo e mínimo da biomassa total de macrófitas aquáticas nos períodos pré e pós-inundação, para os reservatórios de Cursai (A) e Tapacurá (B).

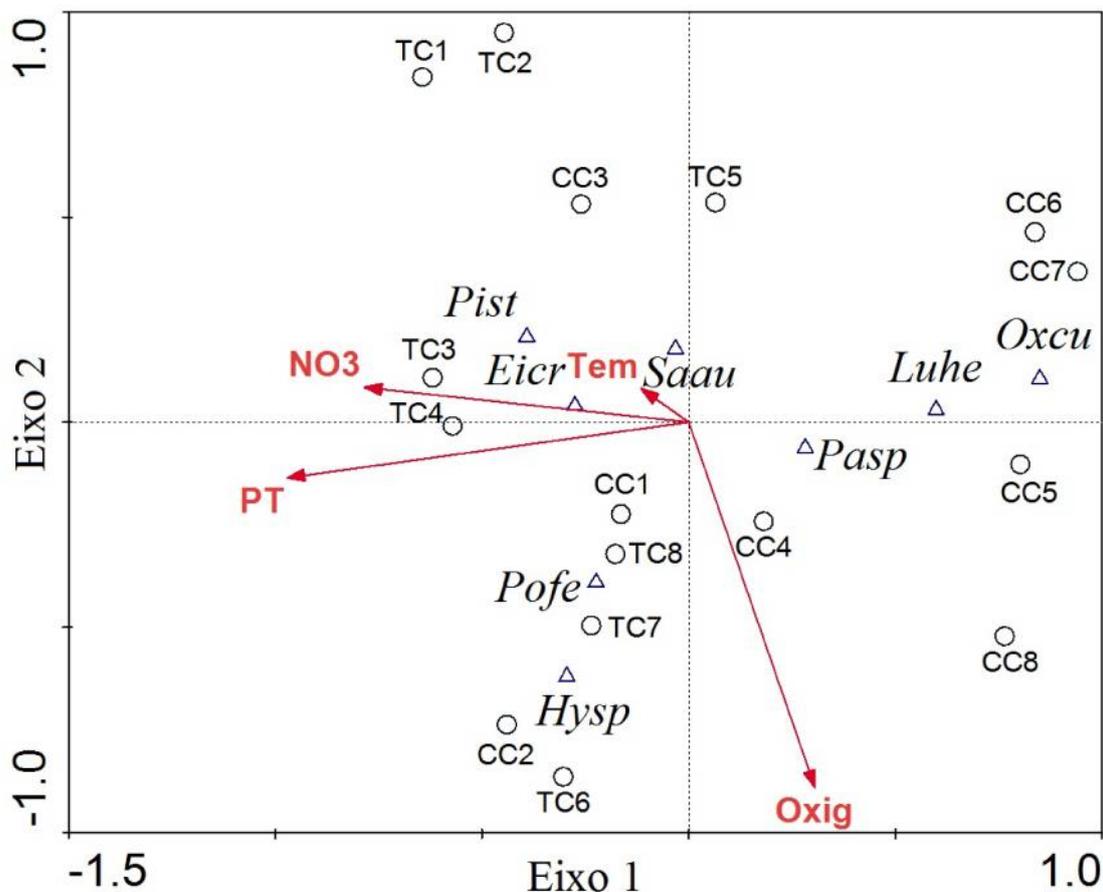


Fig. 5. Representação da Análise de Correspondência Canônica (CCA), segundo a biomassa das espécies de macrófitas aquáticas pelas unidades amostrais dos períodos pré e pós-inundação dos reservatórios de Cursai e Tapacurá. (CC) – coleta em Cursai; (TC) – coleta em Tapacurá; (1,2,3...8) – número de ordem da coleta; (O) – unidade amostral; (Δ) – espécie de macrófita; (Pist) – *Pistia stratiotes* L.; (Eicr) – *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms; (Saau) – *Salvinia auriculata* Aubl.; (Pofe) – *Polygonum ferrugineum* Wedd.; (Hysp) – *Hydrocotyle ranunculoides* L.f.; (Pasp) – *Paspalidium* sp.; (Luhe) – *Ludwigia helminthorriza* (Mart.) H. Hara; (Oxcu) – *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Palla; (Tem) – temperatura; (NO3) – nitrato; (PT) – fósforo total; (Oxig) – oxigênio dissolvido.

Tabela 1. Valores de precipitação acumulada a cada dez dias, registradas para a estação Metrológica da Reserva da Tapacurá, entre os anos de 2005 e 2011. Fonte: LAMEPE/ITEP (2011).

Mês	2005			2006			2007			2008			2009			2010			2011		
	Dias 1-9	Dias 10-19	Demais dias	Dias 1-9	Dias 10-19	Demais dias	Dias 1-9	Dias 10-19	Demais dias	Dias 1-10	Dias 10-20	Demais dias	Dias 1-10	Dias 10-20	Demais dias	Dias 1-10	Dias 10-20	demais	Dias 1-10	Dias 10-20	dias
Janeiro	0,6	3,0	0,6	13,6	17,4	0,0	64,8	2,2	1,3	0,0	76,3	53,7	0,0	14,2	13,6	25,4	23,6	23,4	20,0	1,8	64,6
Fevereiro	16,2	50,7	8,0	0,0	1,4	1,5	0,0	2,4	83,0	11,6	5,1	0,0	15,9	70,2	143,1	6,6	17,4	13,9	6,5	19,8	25,7
Março	0,0	3,2	34,1	7,7	26,9	31,9	65,6	55,9	3,8	12,1	77,0	129,5	71,2	2,2	0,0	0,0	20,4	68,2	58,8	11,4	18,8
Abril	20,7	62,6	12,3	36,1	31,1	85,9	0,0	129,0	88,0	54,6	43,6	71,7	5,8	145,5	82,4	26,2	103,0	19,4	67,5	41,9	112,7
Mai	10,5	171,1	95,6	38,7	28,9	71,5	76,0	19,8	56,3	71,7	73,4	49,0	56,0	27,4	27,4	8,6	47,0	4,8	268,6	120,3	77,3
Junho	371,0	158,8	88,4	66,5	76,9	165,8	82,1	91,8	123,5	58,1	68,8	36,0	45,4	77,4	56,1	47,2	307,0	94,6	29,4	106,5	72,2
Julho	54,4	52,3	18,0	18,6	29,3	66,3	29,1	22,0	47,9	113,5	75,4	60,8	100,1	36,0	98,0	56,7	39,5	40,0	87,8	168,2	70,5
Agosto	63,8	56,0	67,1	21,8	47,4	5,2	52,5	62,0	14,7	95,8	60,5	24,4	63,8	35,9	78,7	47,0	6,3	80,1	38,0	16	48,3
Setembro	6,0	3,6	0,0	14,4	10,4	0,0	78,4	32,5	1,9	32,8	6,9	3,2	8,6	31,4	0,0	25,2	4,2	5,2	-	-	-
Outubro	14,2	10,6	0,0	5,2	2,1	11,4	8,3	3,1	2,2	13,0	13,0	5,8	0,0	2,6	1,4	0,0	0,0	17,4	-	-	-
Novembro	0,0	0,6	1,2	1,6	41,4	6,2	2,6	12,1	1,9	0,0	0,0	0,0	4,6	9,0	6,8	9,2	2,2	4,4	-	-	-
Dezembro	76,8	1,8	6,9	3,0	84,6	6,4	0,0	11,8	53,5	0,0	0,0	0,0	3,8	10,0	12,4	0,0	48,4	3,8	-	-	-

Tabela 2. Variáveis abióticas analisadas e as respectivas metodologias utilizadas.

Variáveis	Abreviação	Unidade	Equipamento/Metodologia
Profundidade	Prof.	m	Profundímetro Hanna
Transparência da água	Tansp.	m	Disco de Secchi
Condutividade	Cond.	μS	Condutivímetro Hanna Modelo 8733
Temperatura de água	T°C	°C	Oxímetro Handylab OX1/SET
Oxigênio dissolvido	O ₂	mg.L^{-1}	Oxímetro Handylab OX1/SET
Turbidez	Turb.	UNT	Turbidímetro HANNA HI93703
pH	pH	pH	Potenciômetro DMPH - 2
Fósforo total	PT	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Valderrama (1981)
Fósforo total dissolvido	PTO	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Valderrama (1981)
Fosfato inorgânico	PO ₄	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Valderrama (1981)
Nitrato	NO ₃	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Golterman et al. (1978)
Nitrito	NO ₂	$\mu\text{g.L}^{-1}$	Mackareth et al. (1978)

Tabela 3. Lista de espécies (por família) e percentual de frequência de ocorrência FO(%) das espécies de macrófitas aquáticas identificadas nos reservatórios de Cursai e Tapacurá, nos períodos pré e pós-inundação. (+) – presença; (-) – ausência; (C1,C2,C3,C4) – parcelas do período anterior ao pulso de inundação; e (C5,C6,C7,C8) – parcelas posterior ao pulso de inundação.

Tabela 4. Média e desvio padrão da biomassa total das espécies registradas nos estantes amostrais dos reservatórios de Cursai e Tapacurá, nos períodos pré e pós-inundação. Legenda: (-) espécie não registrada nas amostras.

Tabela 5. Valores de média, desvio padrão e teste t (p) das variáveis hidrológicas: profundidade; transparência; temperatura; oxigênio dissolvido; condutividade; turbidez; pH; fósforo total; fósforo total dissolvido; fosfato inorgânico; nitrato; e nitrito, para os períodos pré e pós-inundação dos reservatórios de Cursai e Tapacurá.

Variáveis hidrológicas	Cursai				$p =$	Tapacurá				$p =$
	Pré-inundação		Pós-inundação			Pré-inundação		Pós-inundação		
	Media	Desvio	Media	Desvio		Media	Desvio	Media	Desvio	
Profundidade (m)	1,40	0,14	1,55	0,11	0,1682	1,32	0,12	1,40	0,11	0,4135
Transparência (m)	0,55	0,05	0,72	0,09	0,0203	0,40	0,08	0,52	0,05	0,04
Temperatura (°C)	28,35	2,25	28,17	2,35	0,918	28,97	0,86	28,35	2,07	0,5987
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,55	0,92	5,88	0,45	0,5428	4,05	1,17	5,77	1,74	0,1513
Condutividade (μ S)	286,00	28,08	310,25	43,43	0,3846	458,50	41,03	432,25	17,63	0,2843
Turbidez (NUT)	43,50	23,78	73,22	23,49	0,1257	57,67	30,25	71,42	4,60	0,4351
pH	7,42	0,29	7,53	0,53	0,7383	7,20	0,28	7,27	0,38	0,7646
Fosforo total (μ g,L-1)	2,31	0,27	1,505	0,17	0,0025	7,27	0,05	2,55	0,12	< 0,0001
Fosforo total dissolvido (μ g,L-1)	1,71	0,22	1,62	0,13	0,4955	2,45	0,17	2,37	0,12	0,5097
Fosfato inorgânico (μ g,L-1)	2,14	0,48	1,11	0,08	0,0248	2,62	0,22	2,30	0,08	0,0332
Nitrito (μ g,L-1)	1,07	0,33	1,6702	0,18	0,0218	1,15	0,40	2,20	1,00	0,1002
Nitrato (μ g,L-1)	0,78	0,32	0,2623	0,06	0,0505	1,05	0,33	0,70	0,23	0,1339

Tabela 6. Resultado da regressão linear múltipla (forward stepwise) entre as variáveis hidrológicas (independentes) e a riqueza de macrófitas aquáticas (dependente) dos reservatórios de Cursai e Tapacurá, R2 – percentual de explicabilidade da variável para com os valores de riqueza; GL – grau de liberdade; F – fator de interação; p – resultado da correlação; QM erro – quadrado médio do erro.

FATORES	R2	GL	F	p-valor	QM erro
Nitrato	50,27%	1,14	14,1500	0,0024	1,2411
Transparência	3,43%	2,13	7,5386	0,0069	1,2443
Fósforo total	0,08%	3,12	4,6546	0,0220	1,3456
Fosfato inorgânico	4,63%	4,11	3,8627	0,0336	1,3208
Profundidade	2,04%	5,1	3,0571	0,0623	1,3817
Oxigênio dissolvido	9,12%	6,9	3,4299	0,0479	1,1811
Nitrito	6,89%	7,8	3,7136	0,0431	1,0277
Fósforo total dissolvido	5,02%	8,7	3,8518	0,0465	0,9239
Temperatura	5,73%	9,6	4,5480	0,0403	0,7444
Condutividade	0,10%	10,5	3,4417	0,0930	0,8863
Turbidez	1,70%	11,4	2,9472	0,1539	0,9593
pH	0,11%	12,3	2,0495	0,2999	1,2661

Tabela 7. Resultado da correlação parcial entre o número de espécies de macrófitas aquáticas e as variáveis hidrológicas apontadas preliminarmente (através da regressão linear múltipla) como importantes para explicar os valores de riqueza de hidrófitas em Cursai e Tapacurá. SP – resultado da correlação sem a influência do pulso de inundação; CP – resultado da correlação com a influência do pulso de inundação.

Variáveis	Cursai		Tapacurá	
	SP (<i>p</i> - valor)	CP (<i>p</i> - valor)	SP (<i>p</i> - valor)	CP (<i>p</i> - valor)
Transparência	0,0427	0,0599	0,0631	0,0587
Temperatura	0,907	0,9388	0,4909	0,5321
Oxigênio dissolvido	0,0304	0,0559	0,5856	0,5704
Fósforo total	0,1409	0,2048	0,0283	0,044
Fósforo total dissolvido	0,7412	0,6558	0,1456	0,1875
Fosfato inorgânico	0,2587	0,3319	0,1616	0,1998
Nitrito	0,4055	0,5011	0,4854	0,4547
Nitrato	0,0264	0,0242	0,0198	0,0091

5. APÊNDICES

Apêndice 1. Valores brutos das variáveis hidrológicas: profundidade (Prof.); transparência (Transp.); temperatura (T°C); oxigênio dissolvido (O₂); condutividade (Cond.); turbidez (Turb.); pH; fósforo total (PT); fósforo total dissolvido (PTD); fosfato inorgânico (PO₄); nitrato (NO₃); e nitrito (NO₂), para os períodos pré e pós-inundação dos reservatórios de Cursai e Tapacurá.

Apêndice 2. Resultado do Fator de Inflação (FI) e da correlação de Pearson entre a biomassa das espécies e as variáveis hidrológicas analisadas na Análise de Correspondência Canônica (CCA) preliminar.

Fatores	<i>p</i> -valor	FI
Profundidade	0,28	4,21
Transparância	0,093	12,00
Temperatura	0,028	10,33
Oxigênio dissolvido	0,003	10,19
Condutividade	0,502	101,59
Turbidez	0,174	5,32
pH	0,113	4,26
Fosforo total	0,003	18,03
Fosforo total dissolvido	0,001	113,79
Fosfato inorgânico	0,05	34,78
Nitrito	0,063	4,68
Nitrato	0,015	7,80

6. NORMAS DA REVISTA HYDROBIOLOGIA

Instructions for Authors

General

Hydrobiologia publishes original articles in the fields of limnology and marine science that are of interest to a broad and international audience. The scope of Hydrobiologia comprises the biology of rivers, lakes, estuaries and oceans and includes palaeolimnology and – oceanology, taxonomy, parasitology, biogeography, and all aspects of theoretical and applied aquatic ecology, management and conservation, ecotoxicology, and pollution. Purely technological, chemical and physical research, and all biochemical and physiological work that, while using aquatic biota as test - objects, is unrelated to biological problems, fall outside the journal's scope.

There is no page charge, provided that manuscript length, and number and size of tables and figures are reasonable (see below). Long tables, species lists, and other protocols may be put on any web site and this can be indicated in the manuscript. Purely descriptive work, whether limnological, ecological or taxonomic, can only be considered if it is firmly embedded in a larger biological framework.

Language

Manuscripts should conform to standard rules of English grammar and style. Either British or American spelling may be used, but consistently throughout the article. Conciseness in writing is a major asset as competition for space is keen.

Editorial Policy

Submitted manuscripts will first be checked for language, presentation, and style. Scientists who use English as a foreign language are strongly recommended to have their manuscript read by a native English-speaking colleague. Manuscripts which are substandard in these respects will be returned without review.

Papers which conform to journal scope and style are sent to at least 2 referees, mostly through a member of the editorial board, who will then act as coordination editor. Manuscripts returned to authors with referee reports should be revised and sent back to the editorial as soon as possible. Final decisions on acceptance or rejection are made by the editor-in-chief. Hydrobiologia endeavours to publish any paper within 6 months of

acceptance. To achieve this, the number of volumes to be published per annum is readjusted periodically.

Categories of Contributions

There are four categories of contributions to *Hydrobiologia*:

- [1.] Primary research papers generally comprise up to 30 printed pages (including tables, figures and references) and constitute the bulk of the output of the journal. These papers MUST be organized according to the standard structure of a scientific paper: Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Tables, Figure captions.
- [2.] Review papers, and Taxonomic revisions are long papers; prospective authors should consult with the editor before submitting such a long manuscript, either directly or through a member of the editorial board. Review papers may have quotations (text and illustrations) from previously published work, but authors are responsible for obtaining copyright clearance wherever this applies.
- [3.] Opinion papers reflect authors' points of view on hot topics in aquatic sciences. Such papers can present novel ideas, comments on previously published work or extended book reviews.

Occasionally, regular volumes contain a special section devoted to topical collections of papers: for example, Salt Ecosystems Section and Aquatic Restoration Section.

Manuscript submission

Manuscript Submission

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

Permissions

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted

when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

Online Submission

Authors should submit their manuscripts online. Electronic submission substantially reduces the editorial processing and reviewing times and shortens overall publication times. Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

Title page

Title Page

The title page should include:

- The name(s) of the author(s)
- A concise and informative title
- The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- The e-mail address, telephone and fax numbers of the corresponding author

Abstract

Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined abbreviations or unspecified references.

Keywords

Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

Text

Text Formatting

Manuscripts should be submitted in Word.

- Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- Use italics for emphasis.
- Use the automatic page numbering function to number the pages.
- Do not use field functions.
- Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- Use the table function, not spreadsheets, to make tables.

- Use the equation editor or MathType for equations.

Note: If you use Word 2007, do not create the equations with the default equation editor but use the Microsoft equation editor or MathType instead.

- Save your file in doc format. Do not submit docx files.
- Word template (zip, 154 kB)

Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

- LaTeX macro package (zip, 182 kB)

Headings

Please use no more than three levels of displayed headings.

Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

Footnotes

Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.

Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Footnotes to the title or the authors of the article are not given reference symbols.

Always use footnotes instead of endnotes.

Acknowledgments

Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section before the reference list. The names of funding organizations should be written in full.

Scientific style

Authors are urged to comply with the rules of biological nomenclature, as expressed in the International Code of Zoological Nomenclature, the International Code of Botanical Nomenclature, and the International Code of Nomenclature of Bacteria. When a

species name is used for the first time in an article, it should be stated in full, and the name of its describer should also be given. Descriptions of new taxa should comprise official repository of types (holotype and paratypes), author's collections as repositories of types are unacceptable.

Genus and species names should be in italics.

References

References in the text will use the name and year system: Adam & Eve (1983) or (Adam & Eve, 1983). For more than two authors, use Adam et al. (1982). References to a particular page, table or figure in any published work is made as follows: Brown (1966: 182) or Brown (1966: 182, fig. 2). Cite only published items; grey literature (abstracts, theses, reports, etc) should be avoided as much as possible. Papers which are unpublished or in press should be cited only if formally accepted for publication.

References will follow the styles as given in the examples below, i.e. journals are NOT abbreviated (as from January 2003), only volume numbers (not issues) are given, only normal fonts are used, no bold or italic.

- Engel, S. & S. A. Nichols, 1994. Aquatic macrophytes growth in a turbid windswept lake. *Journal of Freshwater Ecology* 9: 97–109.
- Horne, D. J., A. Cohen & K. Martens, 2002. Biology, taxonomy and identification techniques. In Holmes, J. A. & A. Chivas (eds), *The Ostracoda: Applications in Quaternary Research*. American Geophysical Union, Washington DC: 6–36.
- Maitland, P. S. & R. Campbell, 1992. *Fresh Water Fishes*. Harper Collins Publishers, London.
- Tatrai, I., E. H. R. R. Lammens, A. W. Breukelaar & J. G. P. Klein Breteler, 1994. The impact of mature cyprinid fish on the composition and biomass of benthic macroinvertebrates. *Archiv für Hydrobiologie* 131: 309–320.

Tables

- All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the table.

- Identify any previously published material by giving the original source in the form of a reference at the end of the table caption.
- Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

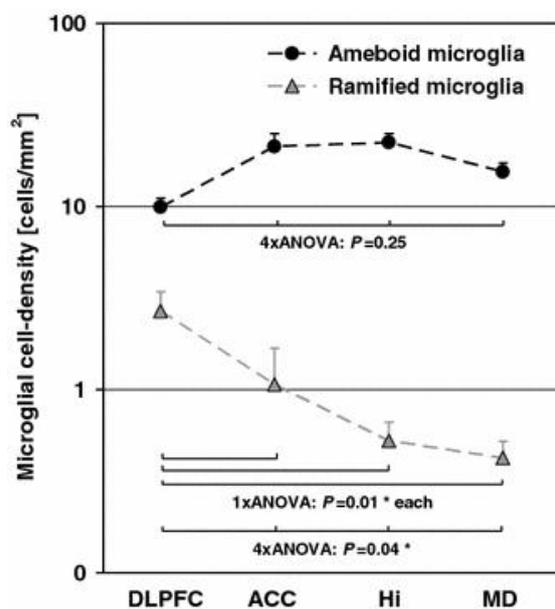
Artwork

For the best quality final product, it is highly recommended that you submit all of your artwork – photographs, line drawings, etc. – in an electronic format. Your art will then be produced to the highest standards with the greatest accuracy to detail. The published work will directly reflect the quality of the artwork provided.

Electronic Figure Submission

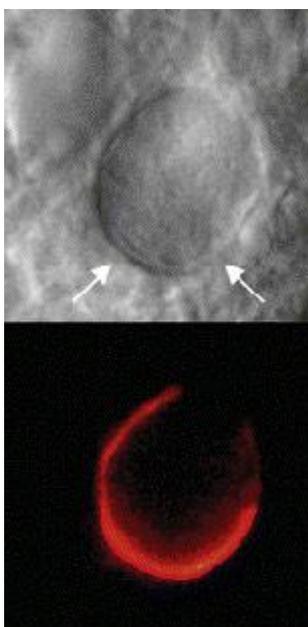
- Supply all figures electronically.
- Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format. MS Office files are also acceptable.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

Line Art



- Definition: Black and white graphic with no shading.
- Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size.
- All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.
- Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

Halftone Art



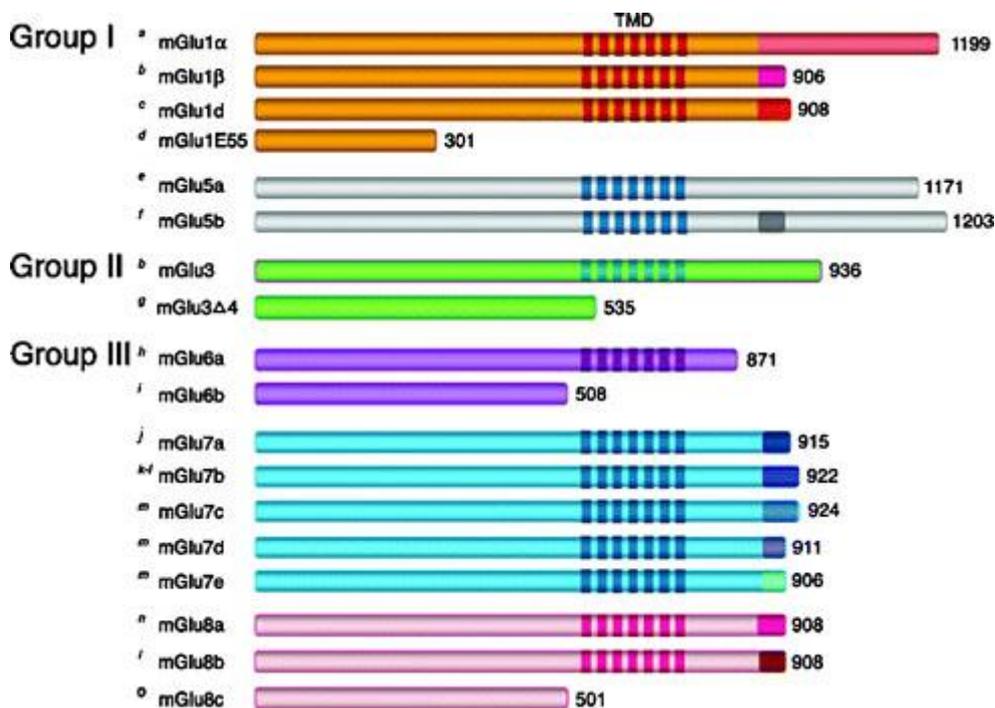
- Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

Color Art

- Color art is free of charge for online publication.
- If black and white will be shown in the print version, make sure that the main information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.

- If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

Combination Art



- Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

Figure Lettering

- To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt).
- Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type on an axis and 20-pt type for the axis label.
- Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- Do not include titles or captions within your illustrations.

Figure Numbering

- All figures are to be numbered using Arabic numerals.

- Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures, "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should, however, be numbered separately.

Figure Captions

- Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts. Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number, also in bold type.
- No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at the end of the caption.
- Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles, etc., as coordinate points in graphs.
- Identify previously published material by giving the original source in the form of a reference citation at the end of the figure caption.

Figure Placement and Size

- When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and not higher than 234 mm.
- For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and not higher than 198 mm.

Permissions

If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make sure that

- All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech software or a text-to-Braille hardware)
- Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information (color-blind users would then be able to distinguish the visual elements)
- Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

Electronic Supplementary Material

Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.

Submission

- Supply all supplementary material in standard file formats.
- Please include in each file the following information: article title, journal name, author names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may require very long download times and that some users may experience other problems during downloading.

Audio, Video, and Animations

- Always use MPEG-1 (.mpg) format.

Text and Presentations

- Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term viability.
- A collection of figures may also be combined in a PDF file.

Spreadsheets

- Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.

- If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should be submitted as .xls files (MS Excel).

Specialized Formats

- Specialized format such as .pdb (chemical), .vrl (VRML), .nb (Mathematica notebook), and .tex can also be supplied.

Collecting Multiple Files

- It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

Numbering

- If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the material as a citation, similar to that of figures and tables.
- Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4”.
- Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

Captions

- For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content of the file.

Processing of supplementary files

- Electronic supplementary material will be published as received from the author without any conversion, editing, or reformatting.

Accessibility

In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files, please make sure that

- The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
- Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

After acceptance

Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will receive the proofs.

Open Choice

In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online platform SpringerLink. We regret that Springer Open Choice cannot be ordered for published articles.

- Springer Open Choice

Copyright transfer

Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination of information under copyright laws.

Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In opting for open access, they agree to the Springer Open Choice Licence.

Offprints

Offprints can be ordered by the corresponding author.

Color illustrations

Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be expected to make a contribution towards the extra costs.

Proofreading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be hyperlinked to the article.

Online First

The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue and page numbers.

Charges for Colour Figures

Charges for colour figures (in print) are EUR 950/USD 1150 per article.

Developments in Hydrobiology

The book series *Developments in Hydrobiology* reprints verbatim, but under hard cover, the proceedings of specialized scientific meetings which also appear in *Hydrobiologia*, with the aim of making these available to individuals not necessarily interested in subscribing to the journal itself. Papers in these volumes must be cited by their original reference in *Hydrobiologia*. In addition, *Developments in Hydrobiology* also publishes monographic studies, handbooks, and multi-author edited volumes on aquatic ecosystems, aquatic communities, or any major research effort connected with the aquatic environment, which fall outside the publishing policy of *Hydrobiologia*, but are printed in the same format and follow the same conventions. Guest editors of such volumes should follow the guidelines presented above and are responsible for all aspects of presentation and content, as well as the refereeing procedure and the compilation of an index. Prospective editors of special, subject-oriented volumes of *Hydrobiologia/Developments in Hydrobiology* are encouraged to submit their proposals to the editor-in-chief.