

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
AMBIENTES AQUÁTICOS CONTINENTAIS**

SOLANGE DE FÁTIMA LOLIS

**Macrófitas aquáticas do reservatório Luís Eduardo Magalhães - Lajeado -
Tocantins: biomassa, composição da comunidade e riqueza de espécies**

Maringá, PR
2008

SOLANGE DE FÁTIMA LOLIS

**Macrófitas aquáticas do reservatório Luís Eduardo Magalhães - Lajeado -
Tocantins: biomassa, composição da comunidade e riqueza de espécies**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.
Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Sidinei Magela Thomaz

Maringá, PR
2008

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

L837m Lolis, Solange de Fátima, 1961-
Macrófitas aquáticas do reservatório Luís Eduardo Magalhães - Lajeado - Tocantins :
biomassa, composição da comunidade e riqueza de espécies / Solange de Fátima Lolis. --
Maringá, 2008.
91 f. : il.
Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)--Universidade
Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2008.
Orientador: Prof. Dr. Sidinei Magela Thomaz.
1. Macrófitas aquáticas - Variação espaço-temporal - Reservatório de Lajeado -
Tocantins. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de
Pós-Graduação em "Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais".

CDD 22. ed. -581.763098117
NBR/CIP - 12899 AACR/2

FOLHA DE APROVAÇÃO

SOLANGE DE FÁTIMA LOLIS

**Macrófitas aquáticas do reservatório Luís Eduardo Magalhães - Lajeado -
Tocantins: biomassa, composição da comunidade e riqueza de espécies**

**Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos
Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da
Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de
Doutor em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:**

COMISSÃO JULGADORA

**Prof. Dr. Sidinei Magela Thomaz
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)**

**Prof. Dr. Antonio Fernando Monteiro Camargo
Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP)**

**Prof. Dr. Irineu Bianchini Junior
Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR)**

**Prof. Dr. Thomaz Aurélio Pagioro
Universidade Tecnológica Federal do Paraná**

**Prof^ª Dr^ª Liliana Rodrigues
Nupélia/ Universidade Estadual de Maringá**

Aprovada em: 09 de maio de 2008.

**Local de defesa: Anfiteatro do Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual
de Maringá.**

Dedico

Aos meus pais Luis e Maria (*in
memoriam*) pelo grande exemplo de
força e honestidade. E pelo incentivo
enquanto estiveram do meu lado.

AGRADECIMENTOS

O caminho percorrido para a realização desse trabalho, só foi possível graças à ajuda de inúmeras pessoas que estenderam a mão. A todos o meu muito obrigado.

Gostaria de agradecer ao Nei, pela orientação, dedicação, conhecimentos transmitidos, amizade e paciência.

Ao Rafael, pela amizade, apoio e esclarecimento das minhas dúvidas em estatística.

A Elineide pela grande amiga que é; pelo apoio e pela leitura dos manuscritos e sugestões.

Ao Sérgio pela amizade, leitura e sugestões dos manuscritos.

Ao Gilmar (Caçula) e Jânio que, sem a preciosa e incansável ajuda nas coletas de campo, este trabalho não seria realizado.

A todos os alunos e ex-alunos Christiane, Deivid, Eliana, Elton, Mac, Sara e Zenilde do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Tocantins que, sem ajuda esse trabalho não seria possível.

A Maria do Carmo (Dú), amiga de sempre. Capaz de mover montanhas para ajudar.

A Josi e Fernando (brevemente vizinhos) pela amizade, leitura dos manuscritos.

A Nátaia, Bia, Márcio, Franciele e Rodrigo, pela grande ajuda prestada durante as análises de laboratório.

Ao pessoal do Laboratório de Limnologia e Macrófitas Aquáticas do Núpelia, Roberta, Solana, Priscila pela amizade e convívio.

Aos meus amigos do curso Susi, Henrique, Cris, Sandra e Junior pelas horas de estudos e descontração na extensão.

Ao PEA, especialmente a Aldenir e demais funcionários, por geral as condições necessárias para realização do curso.

A Salete e João, da Biblioteca do Nupélia pela grande gentileza no atendimento e colaboração na busca de bibliografia.

Ao Jaime, pela confecção dos mapas de localização das áreas de estudo.

Aos meus familiares e amigos que sempre me incentivaram nessa caminhada.

A INVESTCO pelo auxílio financeiro para coletas de campo.

A Universidade Federal do Tocantins e ao Curso de Ciências Biológicas pela concessão do afastamento para realização do Doutorado.

A CAPES pela concessão da bolsa de Doutorado.

Macrófitas aquáticas do reservatório Luís Eduardo Magalhães – Lajeado – Tocantins: biomassa, composição da comunidade e riqueza de espécies

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar a composição e riqueza da comunidade de macrófitas aquáticas e a biomassa de duas espécies. As coletas foram realizadas em cinco regiões do reservatório Luís Eduardo Magalhães – Lajeado – TO, no período de março de 2005 a fevereiro de 2006. Este trabalho foi dividido em três capítulos, sendo o primeiro intitulado “Composição da comunidade e distribuição de espécies de macrófitas aquáticas no reservatório Luís Eduardo Magalhães, Lajeado, Tocantins – Brasil” no qual foram avaliadas a distribuição, riqueza e diversidade beta-1 da comunidade de macrófitas aquáticas durante o período de um ano com coletas bimestrais. No segundo capítulo intitulado “Variação espacial e temporal da comunidade de macrófitas aquáticas em dois períodos no reservatório Luís Eduardo Magalhães – Tocantins – Brasil, objetivou verificar a variação espacial e temporal da comunidade de macrófitas aquáticas frente a algumas variáveis abióticas. E o terceiro capítulo intitulado “Variação temporal da biomassa de *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Lye (Cyperaceae) e *Salvinia auriculata* Aubl. (Salviniaceae) no Reservatório Luís Eduardo Magalhães – Tocantins – Brasil” objetivou verificar a variação espacial e temporal da biomassa das duas espécies e algumas variáveis abióticas.

Palavras-chave: Macrófitas aquáticas. Reservatório. Tocantins. Variação espacial e temporal.

Water macrophytes in the Luis Eduardo Magalhães – Lajeado Reservoir – Tocantins: biomass, community composition and species richness

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the composition and richness of the water macrophyte community of the Lajeado Reservoir and the biomass of two species. Samples were collected at five different locations from March/2005 through February/2006. This thesis was divided into three chapters. The first, entitled “Community composition and water macrophyte species distribution in the Luis Eduardo Magalhães Reservoir, Lajeado – Tocantins, Brazil”, reports a twelve-month evaluation of the water macrophyte community distribution, richness and beta 1 diversity for which bi-monthly samplings were carried out. In the second chapter, entitled “Spatial-temporal variation of the water macrophyte community in two periods of time in the Luis Eduardo Magalhães Reservoir – Tocantins – Brazil”, the spatial and temporal variation of the water macrophyte community in relation to some abiotic variables was analyzed. The third chapter, entitled “Temporal variation in the biomass of *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Lye (Cyperaceae) and *Salvinia auriculata* Aubl. (Salviniaceae) in the Lajeado Reservoir, Tocantins, Brazil”, evaluated the spatial-temporal variation in the biomass of those two species and some abiotic variables.

Keywords: Water macrophytes. Reservoir. Tocantins. Spatial-temporal variation.

Tese elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Acta Limnologica Brasiliensia*. Disponível em: <http://www.sblimno.org.br>

SUMÁRIO

Introdução geral	10
Referências	14
Composição da comunidade e distribuição de espécies de macrófitas aquáticas no reservatório Luis Eduardo Magalhães, Lajeado, Tocantins-Brasil.....	16
Resumo	17
Abstract.....	18
Introdução.....	19
Material e Métodos	20
Área de Estudo	20
Amostragem e levantamento de dados.....	21
Análise dos dados	23
Resultados.....	24
Variáveis abióticas.....	24
Macrófitas aquáticas.....	27
Discussão.....	32
Referências.....	38
Variação espacial e temporal da comunidade de macrófitas aquáticas em dois períodos no reservatório Luís Eduardo Magalhães – Tocantins – Brasil	43
Resumo	44
Abstract.....	45
Introdução.....	46
Material e métodos.....	47
Área de Estudo	47
Levantamento de dados	48
Análise dos dados	51
Resultados.....	51
Variáveis abióticas.....	51
Macrófitas aquáticas.....	53
Discussão.....	58
Referências.....	62
Variação temporal da biomassa de <i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. & Kunth) Lye (Cyperaceae) e <i>Salvinia auriculata</i> Aubl. (Salviniaceae) no reservatório Luis Eduardo Magalhães – TO – Brasil.....	66
Resumo	67
Abstract.....	68
Introdução.....	69
Material e Métodos	70
Área de Estudo	70
Levantamento dos dados	72
Variáveis abióticas.....	74
Biomassa	75
Análise dos dados	75
Resultados.....	75
Variáveis abióticas.....	75
Biomassa	81
Discussão.....	83
Referências.....	87

Introdução geral

Em todas as grandes bacias hidrográficas brasileiras estão presentes os reservatórios artificiais, construídos principalmente para produção de energia elétrica, caracterizando de forma marcante a paisagem em algumas regiões (Agostinho *et al.* 2007). A contenção dos cursos de água por barragem determina profundas alterações no ambiente, diminuindo significativamente o fluxo de água e aumentando, por consequência, seu tempo de residência. Nos tributários, as condições limnológicas diferem do corpo central no que se refere à velocidade da água, profundidade e condições físicas, químicas e biológicas.

Nesses ambientes é comum observar a colonização de macrófitas aquáticas de diferentes grupos ecológicos. As espécies enraizadas, por exemplo, limitam-se a ocupar as regiões litorâneas, onde encontram condições adequadas de luminosidade, fixação e nutrição; as espécies livres e flutuantes podem ocupar áreas mais amplas (Bianchini Jr. 2003). O ritmo de colonização depende das características morfométricas do reservatório, de fatores físicos e químicos da coluna de água e do sedimento, além de processos biológicos, tais como o “pool” regional de espécies, mecanismos de dispersão e de interações inter-específicas (Thomaz & Bini 2007).

Reservatórios recém formados geralmente são colonizados por macrófitas flutuantes que crescem rapidamente, como foi observado em Tucuruí-PA (Tundisi 1994), Serra da Mesa-GO (De Fellipo 2003) e Luís Eduardo Magalhães-TO (obs. pessoal). O desenvolvimento de espécies flutuantes logo após a formação de um reservatório está associado ao aumento de aporte de nutrientes a partir do solo inundado, da decomposição do folheto acumulado e da própria vegetação alagada (Esteves & Camargo 1986).

As macrófitas aquáticas normalmente constituem a principal comunidade produtora de biomassa em ambientes aquáticos, podendo interferir de diferentes maneiras na dinâmica

desses ecossistemas (Esteves 1998). O aumento de produtividade em reservatórios de hidrelétricas pode resultar na colonização de macrófitas aquáticas, o que tem acarretado problemas de importância crescentes. No Brasil algumas usinas já têm sua eficiência comprometida pela elevada infestação de plantas emersas e submersas (Marcondes *et al.* 2003). Além disso, a proliferação de macrófitas aquáticas produz elevada quantidade de matéria orgânica, a qual se decompõe, liberando nutrientes para o ambiente e agravando problemas com eutrofização (Bianchini Jr. 2003). Além de causar transtornos para a hidroeletricidade, a quantidade excessiva de plantas pode dificultar a navegação, reduzir a biodiversidade, causar prejuízos aos esportes náuticos, entupimento de tubulação e canais de irrigação (Carvalho *et al.* 2003). Vale destacar que a proliferação excessiva de macrófitas aquáticas reflete outras alterações em andamento no ambiente aquático, como, por exemplo, o desequilíbrio causado pela poluição e/ou as diversas modificações hidrológicas causadas por uma barragem.

De acordo com Branco (1986), existem várias espécies de macrófitas aquáticas com potencial para causar prejuízos em ecossistemas aquáticos. Os aguapés (*Eichhornia* spp), por exemplo, têm sido motivo de grande preocupação em reservatórios. As plantas deste grupo tendem a cobrir a superfície das represas, com perigo de serem absorvidas ou entupirem as grades de proteção dos sistemas de turbinas geradoras de energia elétrica. Ao mesmo tempo em que são enfatizados os riscos negativos das macrófitas aquáticas, essas apresentam um importante papel ecológico como fonte de alimento e local de refúgio para diversas espécies de vertebrados e invertebrados, e na ciclagem de nutrientes em vários ecossistemas aquáticos continentais (Esteves 1998; Pompêo & Moschini-Carlos 2003, Agostinho *et al.* 2003, Pelicice *et al.* 2005). Os dados sobre manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios são ainda incipientes, podendo ser atribuídos a pouca idade dos reservatórios brasileiros, e a menor atenção de pesquisa direcionada a esse grupo.

Com o tempo, ou o envelhecimento do reservatório, alterações na composição e densidade das macrófitas (sucessão) são comumente observadas. Na maioria dos ecossistemas aquáticos, a interação de vários fatores determina a sucessão de espécies, podendo ocorrer mesmo em curtos períodos de tempo (e.g. alterações sazonais). Entre os fatores que determinam a sucessão destacam-se as concentrações de nutrientes, profundidade, velocidade da água e do vento, temperatura do ar e da água e, ainda, eventos de competição e herbivoria (Esteves 1998). No processo de sucessão, grupos ecológicos podem ser completamente substituídos ao longo do tempo (Thomaz 2002).

No rio Tocantins está prevista a construção de 11 usinas hidrelétricas em longo e médio prazo, sendo que (i) cinco já estão em operação: UHE's Serra da Mesa e Cana Brava (Estado de Goiás), Peixe-Angical e Luís Eduardo Magalhães (Estado do Tocantins), e Tucuruí (Estado do Pará); (ii) duas em construção: UHE's São Salvador (Estado do Tocantins) e Estreito (Estado do Maranhão); (iii) quatro encontram-se em diferentes fases de estudo e licenciamento: UHE's de Ipueiras e Tupiratins (Estado do Tocantins) e Marabá e Serra Quebrada (Estado do Pará).

O reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães (Lajeado) está situado no limite entre o médio e o alto rio Tocantins, o fechamento da barragem ocorreu no ano de 2000. Atualmente, observa-se a presença de bancos de macrófitas em vários pontos do reservatório. A primeira espécie a colonizar o reservatório foi *Salvinia auriculata* Aubl, formando extensos bancos tanto no reservatório como nos braços. Posteriormente, outras espécies colonizaram o ambiente, tais como *Pistia stratiotes*, *Utricularia* sp, *Najas* sp, *Ludwigia* spp e espécies de Cyperaceae e Poaceae.

Considerando o histórico de problemas com a infestação de macrófitas em outras bacias do país, é de extrema importância investigar e compreender a dinâmica de colonização das macrófitas aquáticas em Lajeado. Como comentado, esse reservatório faz parte de uma

cadeia de reservatórios já em operação e planejados para bacia do rio Tocantins. Espera-se, portanto, que infestações de macrófitas se tornem preocupação comum ao manejo dos reservatórios da bacia, e que a manutenção da qualidade ambiental em áreas influenciadas por represamentos dependa do conhecimento da dinâmica de infestações. Nesse contexto, o presente estudo se propôs a realizar um acompanhamento da dinâmica das áreas ocupadas por macrófitas aquáticas na UHE Luís Eduardo Magalhães. Em particular, deu-se ênfase a investigação dos padrões de composição e colonização das macrófitas no reservatório (Capítulo 1), padrões de variação temporal e espacial da comunidade (Capítulo 2), além da intensidade de colonização de algumas espécies (Capítulo 3).

Referências

Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. & Julio Jr., H. F. 2003. Relações entre macrófitas aquáticas e fauna de peixes. In: Thomaz, S. M. & Bini, L. M. (Eds). **Ecologia e Manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá, PR: EDUEM. 261-279.

Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. & Pelicice, F. M. 2007. **Ecologia e Manejo de Recursos Pesqueiros em Reservatórios do Brasil**. Maringá, PR: EDUEM. 501.

Bianchini, I. Jr. 2003. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S. M. & Bini, L. M. (Eds). **Ecologia e Manejo de macrófitas aquáticas**. Maringá, PR: EDUEM. 85-126.

Branco, S. M. 1986. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. São Paulo. CETESB/ASCETESB.

Carvalho, F. T.; Galo, M.L.B.T; Velini, E.D.; Martins, D. 2003. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no Reservatório de Barra Bonita, no Rio Tiete. **Plantas Daninhas**, 21: 15-19.

De Fellipo, R. 2003. Colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa – Goiás. In: Thomaz, S. M. & Bini, L. M. (Eds). **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá, PR:EDUEM. 281-297.

Esteves, F. A. & Camargo, A. F. M. 1986. Sobre o papel das macrófitas aquáticas na estocagem e ciclagem de nutrientes. **Acta Limnol. Bras.**, 1: 177-189.

Esteves, F.A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro, RJ:Interiência/FINEP. 575.

Marcondes, D. A. S.; Velini, E. D.; Martins, D.; Tanaka, R. H.; Carvalho, F. T.; Cavenaghi, A. L.; Bronhara, A. A. 2003. Eficiência de Fluridone no controle de plantas aquáticas submersas no reservatório de Jupia. **Planta Daninha**, 21: 69-77.

Pelicice, F. M.; Agostinho, A. A. & Thomaz, S. M. 2005. Fish Assemblages Associated With *Egeria* in a Tropical Reservoir: Investigating the Effects of Plant Biomass and Diel Period. **Acta Oecologica**, 27: 9-16.

Pompêo, M. L. M.; Moschini-Carlos, V. 2003. **Macrófitas aquáticas e perífiton**: Aspectos ecológicos e metodológicos. São Carlos, SP: Rima/FAPESP. 124.

Thomaz, S. M. 2002. Fatores ecológicos associados a colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Plantas Daninhas**, 20: 15-19.

Thomaz, S. M.; Bini, L.M. 2007. A Expansão de macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatórios: Um estudo na Represa de Itaipu. In: Raoul, H. **Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais**. Botucatu, SP: FAPESP/FUNDIBIO. 798.

Tundisi, J. G. 1994. Tropical South America: Present and perspectives. In: Margalef R. (ed) **Limnology now: a paradigm of planetary problems**. Amsterdam: Elsev

Composition of the community and distribution of the species of aquatic macrophytes in the Luis Eduardo Magalhães (Lajeado) Reservoir, Tocantins - Brazil

Lolis, S.F.¹; Thomaz, S. M.²

E-emails: slolis@uft.edu.br; smthomaz@gmail.com

Composição da comunidade e distribuição de espécies de macrófitas aquáticas no reservatório Luis Eduardo Magalhães, Lajeado, Tocantins-Brasil.

Resumo

O presente trabalho objetivou verificar a composição e estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas frente a algumas variáveis abióticas no reservatório Luis Eduardo Magalhães, localizado entre o alto e médio rio Tocantins. Realizaram-se coletas bimestralmente no período de março de 2005 a janeiro de 2006 em cinco regiões. Em cada uma das regiões foram demarcados 15 pontos de coletas, perfazendo um total de 75. As variáveis abióticas mensuradas foram a transparência da água, a condutividade elétrica, temperatura do ar, precipitação pluviométrica e cota altimétrica. Para avaliar a composição da comunidade e a distribuição das espécies, utilizou-se um esforço amostral padronizado. Em cada ponto foi percorrida uma distância de cerca de 100 m de margem com embarcação em baixa velocidade, por aproximadamente 10 minutos. As espécies submersas foram inventariadas com um rastelo com 4 m de profundidade. Para cada região foi calculada a frequência de ocorrência, diversidade beta e estimadores de riqueza de espécies. Os dados de presença e ausência das espécies para cinco regiões foram analisados utilizando Análise de Correspondência "detrended" (DCA). Teste ANOVA One-Way foi empregado para avaliar separadamente o efeito do período e região de amostragem sobre as variáveis abióticas e bióticas. Foi aplicado o teste a posteriori de Tukey, quando houve diferenças significativas entre as variáveis analisadas ($p < 0,05$). As espécies de maior frequência foram *Salvinia auriculata* e *Oxycaryum cubense*, sendo que esta última apresentou uma frequência menor que 25% apenas na região do braço do rio Santa Luzia. *Najas microcarpa*, espécie submersa, ocorreu com uma frequência maior que 40% nas regiões do Tocantins e Areias, enquanto *Utricularia foliosa* foi frequente na região do Água Suja. A riqueza de espécies registrada foi de 50 táxons, incluindo todos os grupos ecológicos. A região do Tocantins foi a que apresentou maior número de espécies. Cyperaceae foi a família que apresentou maior número de espécies. A diversidade beta-1 apresentou o maior valor para região do Areias e a menor para região do Mangues. A região do Mangues diferiu significativamente das regiões do Santa Luzia e Areias. Os dois primeiros eixos da DCA retiveram 53% da variabilidade dos dados. Para o primeiro eixo apenas a estação Areias não diferiu significativamente da estação Santa Luzia; para a variação temporal esse eixo não mostrou diferenças significativas. Para o segundo eixo, a estação Santa Luzia difere das demais regiões, para a variação temporal, sendo que os meses de março, maio e novembro diferiram significativamente entre si. De forma geral, os resultados obtidos evidenciaram um padrão espacial e temporal de macrófitas aquáticas para o reservatório. A maior riqueza de espécies ocorreu na região fluvial do reservatório (Areias e Tocantins). A pequena oscilação do nível de água do reservatório e as condições climáticas relativamente constantes parecem ser os principais fatores que permitem a estabilidade na composição de espécies.

Palavras-chave: Composição, Distribuição, Macrófitas Aquáticas, Reservatório do Lajeado, Tocantins.

Abstract

In this study it was assessed the composition and structure of the community of macrophytes, in response to abiotic factors, in the Luis Eduardo Magalhães reservoir, located between the high and middle Tocantins River. Samplings were carried out every two months from March 2005 to January 2006 in five regions of the reservoir. In each region, 15 stations were selected (total of 75 stations). The abiotic variables measured were the Secchi disk depth, electrical conductivity, air temperature, rain and water levels. A standardized sampling effort was applied to assess the species distribution and the community composition. In each station, a distance of 100 m of shore was investigated with a boat maintaining low and constant velocity, for approximately 10 minutes. The submerged species were surveyed with a rake attached to a 4m pipe. Incidence data were used in a Detrended Correspondence Analysis (DCA). A two way ANOVA was applied to assess the effects of the periods and regions on the abiotic and biotic variables. The Tukey test a posteriori was applied when significant differences ($P < 0.05$) between the variables were found. The most frequent species were *Salvinia auriculata* and *Oxycaryum cubense* (this last one with a frequency lower than 25% in the region of the Santa Luzia arm). *Najas microcarpa*, a submerged species, was found with frequency higher than 40% in the regions of Tocantins River and Areias, while *Utricularia foliosa* was frequent in the Água Suja region. A total of 50 taxons were recorded, including macrophytes of all life forms. The region of Tocantins was the one with the highest species richness. Cyperaceae was the family with the highest number of species. The beta diversity was highest at the region of Areias and lowest at the Mangues region. Mangues region was significantly different from Santa Luzia and Areias. The two first DCA axes explained 53% of the total variability of the data. For the first axis, only the station Areias did not differ significantly from Santa Luzia station; no significant differences were found for periods. For the second axis, the Santa Luzia station differed from all other regions, concerning the periods. March, May and November were significantly different among themselves. In general, results did not show a clear space and temporal pattern of variation in the reservoir. The higher species richness was recorded in the upper region of the reservoir (Areias and Tocantins). The small oscillation of the water level together with the relatively constant climate are probably the main determinants the stability of the water macrophyte community in the reservoir.

Keywords - Composition, Distribution, Macrophyte, Lajeado Reservoir, Tocantins.

Introdução

Geralmente, num mesmo lago, rio ou reservatório, são observados diferentes tipos ecológicos de macrófitas aquáticas coexistindo, porém com certa segregação espacial (Esteves, 1998; Pott & Pott, 2000). As diversas espécies de macrófitas aquáticas variam consideravelmente quanto sua morfologia, fisiologia, ciclo de vida e estratégias adaptativas que as permitem tolerar diferentes tipos de estresse, tais como a variação de nível hidrológico, luminosidade, disponibilidade de nutrientes e temperatura. Como resultado existe formas de vida adaptadas a ocupar diferentes tipos de ambientes dulcícolas.

Condições ecológicas particulares (*e.g.* meio abiótico, competição, herbivoria e condições ambientais) geralmente limitam e/ou favorecem a distribuição espacial de algumas espécies e formas de vida. As espécies fixas, por exemplo, limitam-se a ocupar as regiões litorâneas, onde encontram condições adequadas de fixação e nutrição, enquanto que as espécies livres e flutuantes podem ocupar áreas mais amplas (Bianchini Jr., 2003). Por outro lado, algumas espécies apresentam nível elevado de plasticidade e podem ocupar extensas áreas em habitats consideravelmente diferenciados (Freedman & Lacoul, 2006).

A formação de um reservatório resulta na criação de um ambiente propício para a colonização de macrófitas aquáticas de diferentes tipos biológicos (Bianchini Jr., 2003), e grandes infestações têm sido frequentemente observadas. Alguns estudos enfocam a distribuição e os fatores ecológicos associados à presença e crescimento de plantas aquáticas em reservatórios brasileiros (Bini et al., 1999; Tanaka et al., 2002; Carvalho et al., 2003; Martins et al., 2003; Bini et al., 2005), mas poucos foram realizados nas fases iniciais de formação do reservatório, quando esse efetivamente começa a ser colonizado pelas plantas aquáticas (*e.g.* De Filippo, 2003). Em estudos realizados em reservatórios brasileiros de grande porte, situados na região tropical, tais como Tucuruí e Balbina, observou-se a infestação de espécies flutuantes-livre e a expansão de suas populações nos primeiros anos do reservatório, em função da eutrofização do corpo d'água (De Filippo, 2003; Bianchini Jr.,

2003). Durante a formação do reservatório de Tucuruí, por exemplo, uma grande extensão de florestas foi alagada, resultando em incremento de matéria orgânica e conseqüentemente no aumento das concentrações nutrientes, o que provocou rápida proliferação de formas flutuantes. No entanto, no decorrer dos anos essa cobertura diminuiu (Graciani & Novo 2003).

Nos primeiros anos de operação do UHE Lajeado, foi observada uma grande colonização de plantas aquáticas no espelho de água, principalmente espécies flutuantes livres. Diante disso, se faz necessário o entendimento de processos que afetam a distribuição e composição de espécies nesse ambiente.

No presente trabalho, dados de presença de espécies da comunidade de macrófitas aquáticas, obtidos em cinco regiões do reservatório Luís Eduardo Magalhães (Lajeado), rio Tocantins, foram analisados com o objetivo de responder a seguinte questão: (i) há um padrão na distribuição e estrutura das espécies de macrófitas aquáticas no reservatório?

Material e Métodos

Área de Estudo

A bacia do rio Tocantins (entre 2° e 18° S; 46° e 55° O) possui área de drenagem de 767.000 Km², totalmente localizada em território brasileiro. A maioria dos afluentes apresenta baixo volume hídrico na estação seca, sem grandes áreas marginais inundáveis, e com formação de enchentes de resposta rápida às variações pluviométricas (Welcomme, 1979).

O rio Tocantins tem seu curso no sentido sul-norte, sendo formado pela junção dos rios Paranã e Maranhão, cujas nascentes ocorrem no Planalto de Goiás, em níveis superiores a 925 m. O rio percorre 2.500 Km através dos estados de Goiás, Tocantins, Maranhão e Pará, onde deságua próximo ao estuário do rio Amazonas (Paiva, 1982).

O período de chuvas se estende de outubro a abril, e o de seca, de maio a setembro, com as menores precipitações registradas em setembro (Ribeiro et al., 1995). O relevo apresenta variações de altitudes médias entre 200 e 500 m. Na parte central da bacia, são encontradas superfícies aplainadas dissecadas em colinas, com altitudes de 200 a 300 m. Nos divisores, os terrenos chegam até 600 ou 700 m, formando serras como a do Estrondo no município de Paraíso, entre os rios Tocantins e Araguaia, ou chapadas sedimentares, como as do divisor entre o Tocantins e São Francisco (Paiva, 1982).

O reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães está localizado no limite entre o alto e médio rio Tocantins (Paiva, 1982), entre os municípios de Miracema do Tocantins e Brejinho de Nazaré. O represamento apresenta extensão de 172 Km, área superficial de 626 Km², área de drenagem 184.219,00 Km², nível a montante de 212 m e a jusante de 175,80 m. O reservatório foi concluído em outubro de 2000 e o enchimento completou-se em fevereiro 2001. A UHE Luís Eduardo Magalhães opera como fio d'água e a oscilação do nível está relacionada à operação da própria usina e de outros represamentos localizados a montante.

Amostragem e levantamento de dados

Os bancos de macrófitas aquáticas avaliados foram selecionados e demarcados com aparelho GPS (Global Position System), em quatro braços (Santa Luzia, Mangues, Água Suja e Areias) e um trecho entre a região fluvial e intermediária do corpo principal (rio Tocantins) do reservatório da UHE Lajeado (Fig. 1). Em cada região estudada foram demarcados 15 bancos de macrófitas aquáticas, totalizando 75, onde coletas bimestrais foram conduzidas (março, maio, julho, setembro e novembro de 2005 e janeiro de 2006). Para a seleção dos bancos para a amostragem, foram priorizadas regiões mais rasas, conforme sugestão de Thomaz et al. (2004).

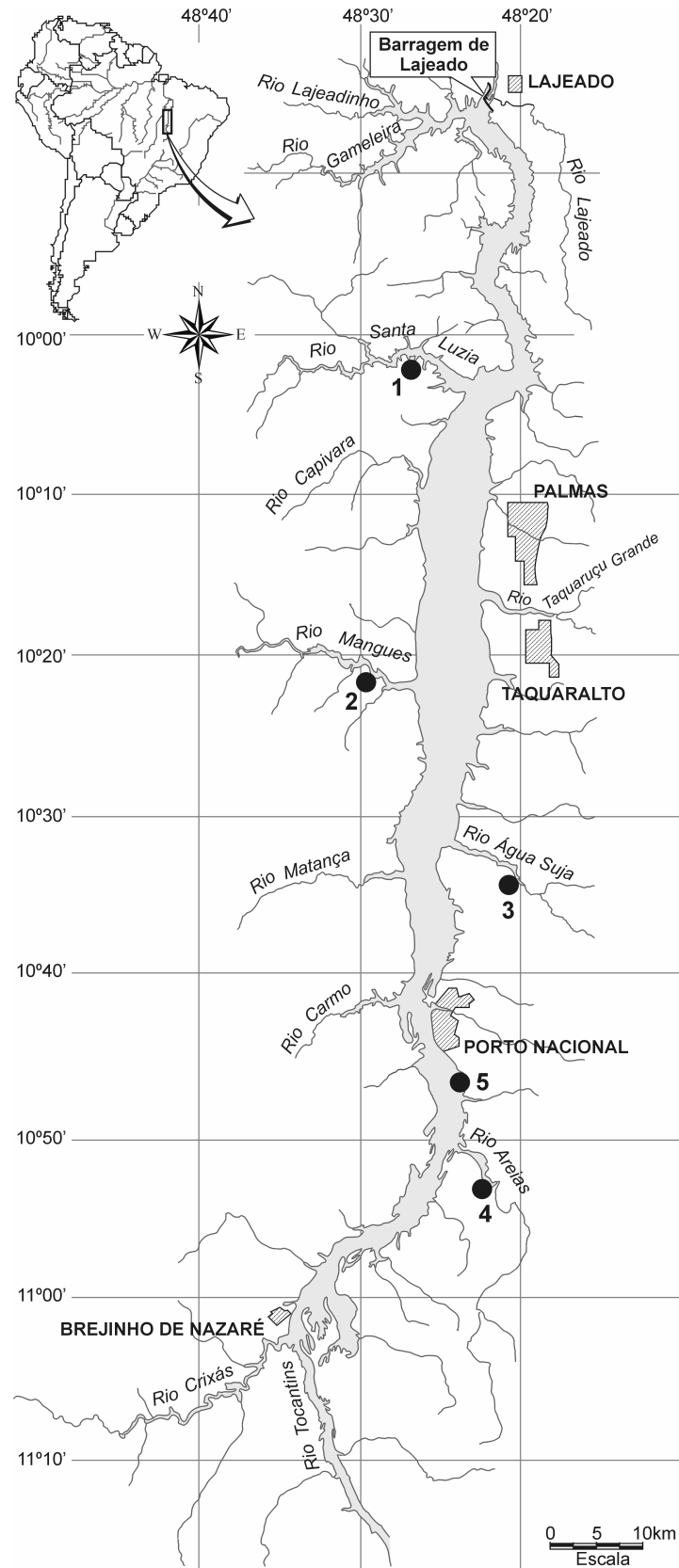


Figura 1. Reservatório de Lajeado, rio Tocantins, e indicação das regiões de estudo. 1= Santa Luzia; 2= Mangues; 3= Água Suja; 4= Areias e 5= Tocantins

A transparência da água (disco de Secchi; m) e a condutividade elétrica (medidor digital Digimed; $\mu\text{S}/\text{cm}$) foram medidas no momento da coleta. Os dados referentes à temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), precipitação (mm) e cota altimétrica do reservatório (m), foram obtidos da estação localizada próximo à barragem, no município de Lajeado (TO), e fornecidos pela INVESTCO S/A. Esses dados têm como objetivo a caracterização do reservatório como um todo.

A cota altimétrica do reservatório foi medida diariamente. Para a temperatura do ar e precipitação pluviométrica as medidas foram tomadas diariamente com intervalo de trinta minutos, nesse trabalho são apresentadas médias diárias.

O inventário e avaliação da distribuição espacial e temporal das espécies no reservatório foram realizados utilizando-se um esforço amostral padronizado. Em cada ponto percorreu-se cerca de 100 m de margem com uma embarcação em baixa velocidade, por um tempo aproximado de 10 minutos. Para o levantamento de espécies submersas, foi utilizado rastelo até uma profundidade de 4 metros.

Todas as espécies foram registradas. Quando a identificação não foi possível em campo, o material botânico foi coletado, herborizado e levado para o Laboratório de Taxonomia Vegetal da Universidade Federal do Tocantins para posterior identificação. Todo material fértil coletado foi incluído na coleção de referência do Herbário da Universidade Federal do Tocantins (HTO).

Análise dos dados

A frequência de ocorrência de cada espécie (F_i) foi calculada para cada região estudada, dividindo-se o número de bancos de macrófitas aquáticas em que a espécie i ocorria pelo número total de bancos amostrados.

A riqueza de espécies de macrófitas aquáticas nas regiões inventariadas foi estimada através de índices extrapoladores não-paramétricos. Esses são baseados na incidência das espécies (presença/ausência) (Chazdon et al., 1998) e o programa EstimateS (Colwell, 1997) foi utilizado para tais estimativas. Entre os estimadores considerados, foram selecionados SChao1, SChao2, SJack1 e SJack2, pois os mesmos mostraram-se eficientes em outros estudos com macrófitas que utilizaram metodologia de coleta semelhante ao aqui adotado (Bini et al., 2001).

O índice de diversidade beta-1 foi calculado dentro de cada região estudada, com o objetivo de medir alterações na composição, (Wilson & Shimida, 1984; Harrison et al., 1992).

Padrões de composição de espécies (presença e ausência) nas cinco regiões foram sumarizados com uma Análise de Correspondência com remoção do efeito do arco (DCA), conferindo menor peso para espécies raras. A DCA foi executada usando o programa PCORD v.3.15 para Windows (McCune & Mefford, 1997).

Análises de Variância unifatoriais (ANOVA one-way) foram empregadas com o objetivo de testar separadamente o efeito do período (meses) e regiões (Santa Luzia, Mangues, Água Suja, Areias e Tocantins) sobre as variáveis abióticas (condutividade e transparência), e bióticas (riqueza de espécies, diversidade Beta-1 e os dois primeiros eixos da DCA). O teste post-hoc de Tukey foi aplicado para investigar diferenças entre as médias, quando houve influência significativa dos fatores analisados ($\alpha < 0,05$). Os testes foram executados através do programa STATISTICA v. 6.0.

Resultados

Variáveis abióticas

A temperatura do ar variou de 26°C (fevereiro) a 32°C (setembro), com valor médio de 27 °C durante o período de coleta (Fig. 2A). Os meses de inverno foram os mais secos. A chuva foi ausente no período de junho a novembro e os maiores valores médios de

precipitação pluviométrica foram registrados nos meses de março a maio de 2005 e janeiro 2006 (Fig. 2B). Em geral, os maiores níveis de precipitação ocorreram nos meses de menor temperatura (Figs. 2A e B). A cota altimétrica do reservatório permaneceu relativamente constante durante o período de amostragem, oscilando, em geral, menos de 0,5 m no período (Fig. 2C).

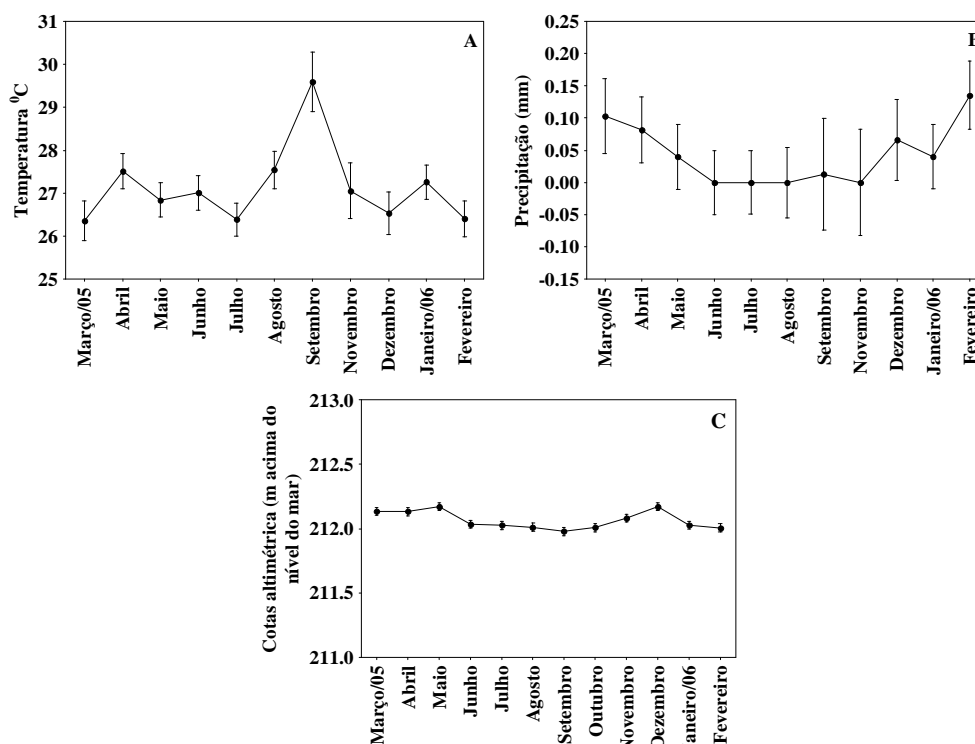


Figura 2. Valores médios mensais e desvio padrão para (A) temperatura do ar, (B) precipitação e (C) cota altimétrica do reservatório de Lajeado.

O menor valor médio da condutividade elétrica foi registrado para Mangues (54,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$; DP=23,42) e o maior para Santa Luzia (79,19 $\mu\text{S}/\text{cm}$; DP=57,88). A condutividade elétrica foi significativamente diferente entre as regiões ($F(4, 445) 9,35$; $P=0,001$) (Fig. 3A). Para todas as regiões estudadas a variação temporal da condutividade elétrica apresentou diferenças significativas ($F(4, 444)=34,22$; $P=0,001$) (Figs. 3B a 3F).

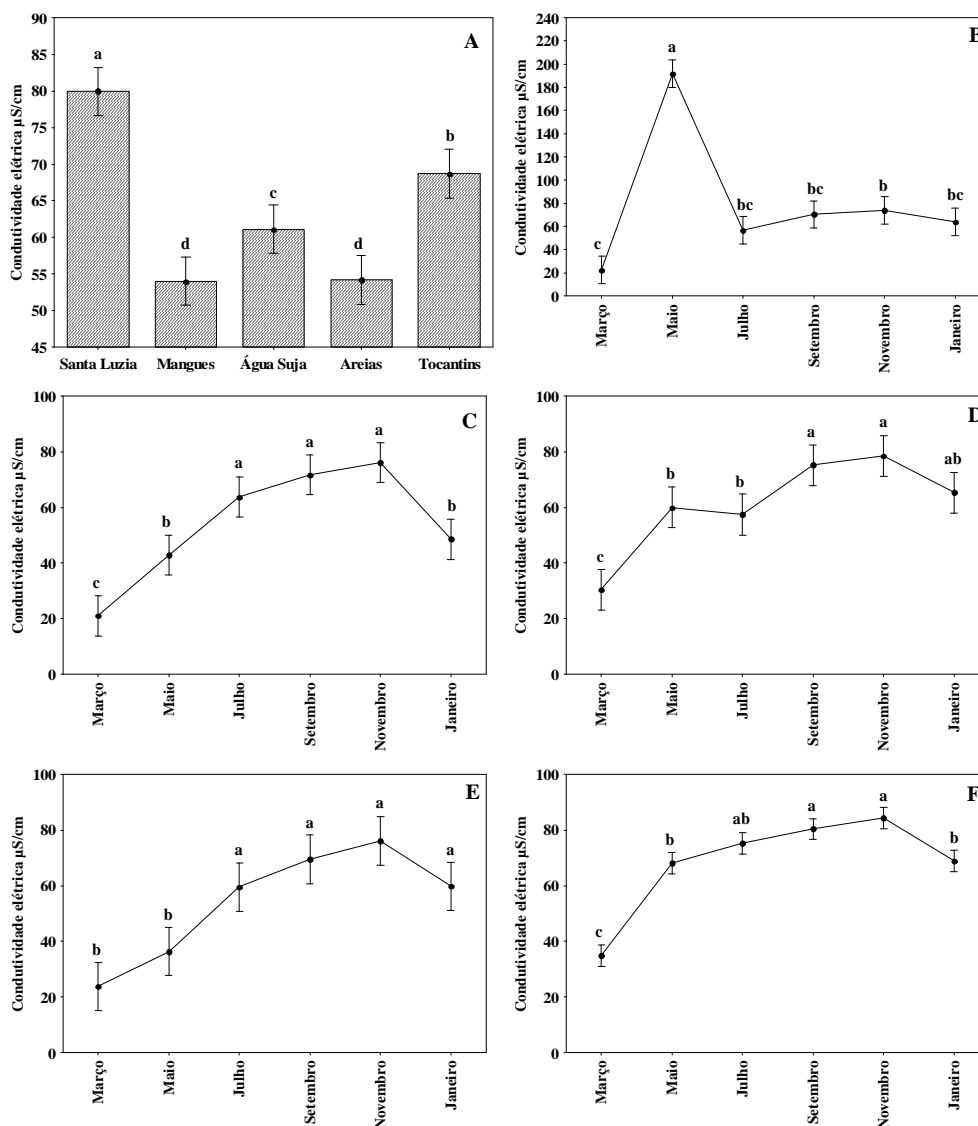


Figura 3. Valores médios e desvio padrão de condutividade elétrica nas 5 regiões do reservatório (A), e variação mensal na região de Santa Luzia (B), Mangues (C), Água Suja (D), Areias (E) e Tocantins (F). Letras iguais indicam ausência de diferenças estatísticas (Tukey; $p > 0.05$).

Os valores de transparência da coluna da água oscilaram entre 4,78 m (DP=0,96) para região do Mangues e 0,28 m (DP=0,43) para região do Areias. Entre as regiões a transparência da água apresentou diferenças significativas ($F(4, 445)=27,46$; $P=0,001$) (Fig. 4A), o mesmo ocorrendo para os meses de coleta ($F(4, 444)=50,44$; $P=0,001$) (Figs. 4B a 4F). Em geral, os maiores valores de transparência foram registrados de maio a setembro (período de seca) e os menores em março (período chuvoso). O aumento da condutividade elétrica na região de Santa Luzia coincidiu com a maior transparência da coluna de água (Figs. 3B e 4B).

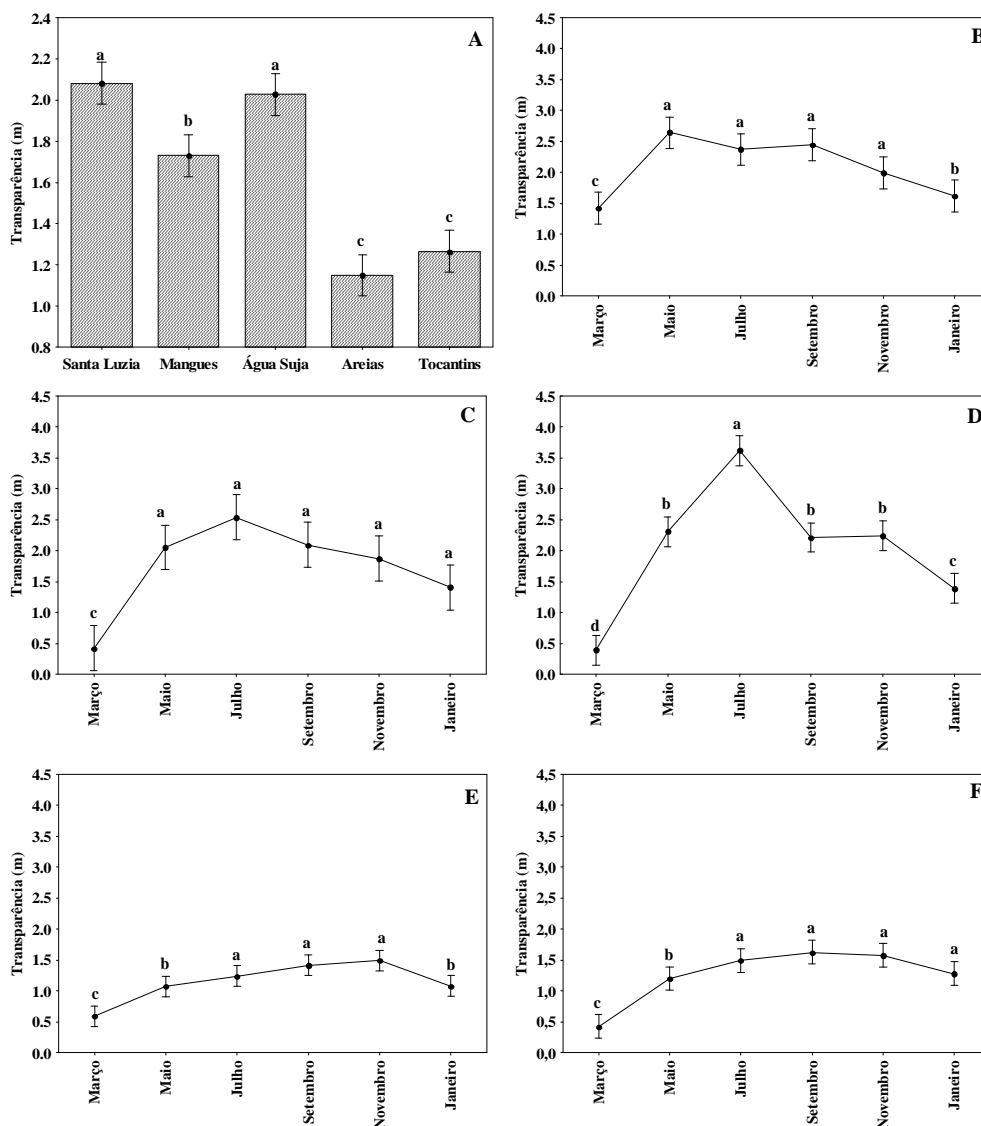


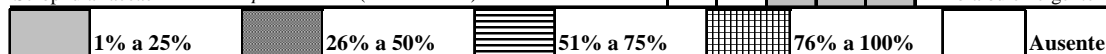
Figura 4. Valores médios e desvio padrão na transparência da água (Secchi; m) nas 5 regiões do reservatório (A), e variação mensal na região de Santa Luzia (B), Mangues (C), Água Suja (D), Areias (E) e Tocantins (F). Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas (Tukey; $p > 0.05$).

Macrófitas aquáticas

A riqueza de espécies registrada em todas as regiões de amostragem ao longo do período de estudo compreendeu um total de 50 táxons (Tab. I), incluindo todos os grupos ecológicos de macrófitas aquáticas. A família Cyperaceae foi a que apresentou o maior número de espécies (14). Observou-se também o predomínio de espécies pertencentes ao tipo emergente (14), enquanto as submersas livres apresentaram o menor número de espécies (3).

Tabela I. Inventário e frequência de ocorrência das espécies nas assembléias de macrófitas aquáticas registradas nas cinco regiões do reservatório de Lajeado (SL= Santa Luzia; MA= Mangues; AS= Água Suja; AR= Areias e TO= Tocantins).

Família	Espécie	Regiões					Grupos ecológicos	
		SL	MA	AS	AR	TO		
Alismataceae	<i>Echinodorus longipetalus</i> Micheli						Emergente	
	<i>Echinodorus paniculatus</i> Micheli						Emergente	
	<i>Echinodorus tenellus</i> (Mart.) Buch.						Submersa fixa ou emergente	
	<i>Sagittaria guayanensis</i> H.B.K.						Emergente	
Araceae	<i>Pistia stratiotes</i> L.						Flutuante livre	
	<i>Urospatha sagittifolia</i> (Rudge) Schott.						Emergente	
	<i>Xanthosoma striatipes</i> (Kunth & Bouché) Mad.						Anfíbia	
Asteraceae	<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.						Anfíbia	
Cabombaceae	<i>Cabomba furcata</i> Schult. & Schult.						Submersa fixa	
Characeae	<i>Chara</i> sp						Submersa fixa	
Commelinaceae	<i>Commelina</i> sp						Flutuante fixa	
Cyperaceae	<i>Cyperus digitatus</i> Roxb.						Anfíbia	
	<i>Cyperus esculentus</i> L.						Anfíbia	
	<i>Cyperus gardneri</i> Nees						Anfíbia	
	<i>Cyperus giganteus</i> Vahl.						Emergente	
	<i>Cyperus haspan</i> L.						Anfíbia	
	<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz.						Emergente	
	<i>Cyperus surinamensis</i> Rottb.						Anfíbia	
	<i>Eleocharis filiculmis</i> Kunth						Emergente	
	<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl) Roem. & Schult.						Emergente	
	<i>Eleocharis sellowiana</i> Kunth						Emergente	
	<i>Fiurema umbellata</i> Rottb.						Emergente	
	<i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. & Kunth) Lye						Epífita	
	<i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britt.						Emergente ou Anfíbia	
	<i>Bulbotyles</i> sp						Submersa fixa	
	Hydrocharitaceae	<i>Apalanthe granatensis</i> (Humb & Bonpl.) Planch.						Submersa fixa
	Lentibulariaceae	<i>Utricularia breviscarpa</i> Wright ex Griseb.						Submersa livre
		<i>Utricularia foliosa</i> L.						Submersa livre
		<i>Utricularia gibba</i> L.						Submersa livre
	Limnocharitaceae	<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buch.						Emergente
	Menyanthaceae	<i>Nymphoides indica</i> (L.) Kuntze						Flutuante fixa
N. Identificada	Sp							
	Sp1							
	Sp2							
Najadaceae	<i>Najas guadalupensis</i> (Spreng.) Magnus						Submersa fixa	
	<i>Najas microcarpa</i> K. Schum.						Submersa fixa	
Onagraceae	<i>Ludwigia sedoides</i> (H.B.K.) Hara						Flutuante fixa	
Poaceae	<i>Paspalum repens</i> Berg.						Flutuante fixa	
	Poaceae sp1							
	Poaceae sp2							
Polygonaceae	<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.						Emergente	
	<i>Polygonum hidropiperoides</i> Michx.						Emergente ou Anfíbia	
	<i>Polygonum punctatum</i> Elliot.						Emergente ou Anfíbia	
Pontederiaceae	<i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth.						Flutuante fixa	
	<i>Eichhornia crassipes</i> (Sw.) Kunth						Flutuante livre	
	<i>Eichhornia diversifolia</i> (Vahl) Urb.						Flutuante fixa	
	<i>Heteranthera</i> sp						Emergente	
	<i>Pontederia parviflora</i> Alexander						Emergente	
Salviniaceae	<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.						Flutuante livre	
Scrophulariaceae	<i>Bacopa arenaria</i> (J.A. Schmidt) Edwal						Anfíbia ou emergente	



Entre as espécies de plantas aquáticas encontradas neste estudo, a espécie de maior ocorrência foi *Salvinia auriculata*, que apresentou uma frequência superior do que 75% para todas as regiões estudadas. *Oxycaryum cubense*, apresentou uma frequência menor que 25% somente na região do Santa Luzia, e *Bulbotyles* sp., com frequência entre 33% (Mangues) e 85% (Tocantins). *Najas microcarpa* destacou-se entre as espécies de maior frequência no Tocantins e Areias (77% e 41%, respectivamente), Enquanto que *Utricularia foliosa* está entre as espécies mais frequentes na região Água Suja (Tab. I).

A região com maior riqueza de espécies foi Tocantins (39), enquanto que Mangues foi a região que apresentou a menor riqueza total (17). Houve diferenças estatísticas nos valores médios de riqueza entre as regiões ($F(4, 445)=27,46$; $P=0,001$). Na verdade, houve um aumento gradual nos valores médios ao longo do gradiente longitudinal do reservatório, com maiores valores nas regiões de montante (Fig. 5A).

Analisando as variações temporais em todas as regiões estudadas, houve diferenças significativas na riqueza média ao longo dos meses ($F(5, 444)=2,44$; $P=0,005$). Observou-se tendência de aumento na riqueza média entre setembro e janeiro, com maior valor em novembro (Fig. 5B).

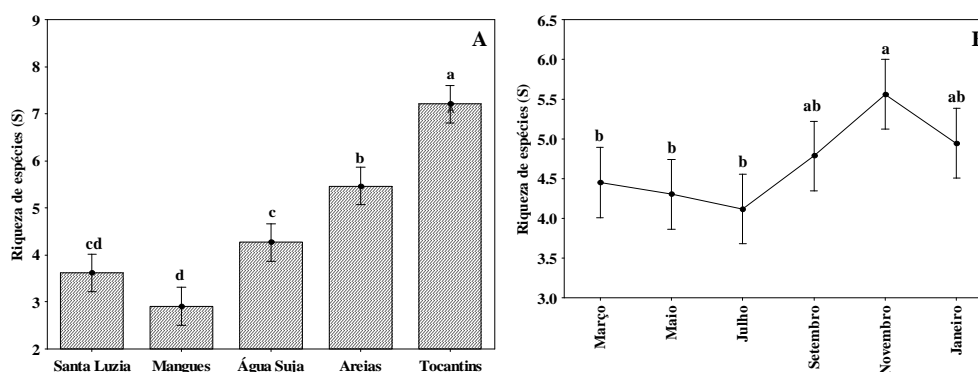


Figura 5. Valores médios e desvio padrão de riqueza de espécies nas 5 regiões do reservatório (A), e variação mensal considerando toda a área de estudo (B). Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas (Tukey; $p>0.05$).

Os valores de riqueza observados, comparados com os estimados, mostram que a região Água Suja foi a menos subestimada. Esses resultados indicam que novas espécies de macrófitas seriam registradas com a tomada de amostras adicionais, principalmente nas regiões Santa Luzia, Mangues, Areias e Tocantins (Tab. II).

Tabela II. Riqueza total estimada (Chao1, Chao2, Jackknife1, Jackknife2) e observada nas 5 regiões do reservatório.

Regiões	S _{Chao1}	S _{Chao2}	S _{Jack1}	S _{Jack2}	S _{obs}
Santa Luzia	33 ± 8,05	32,9 ± 7,97	32,9 ± 3,73	38,8	24
Mangues	38 ± 17,35	37,77 ± 17,16	23,92 ± 3,78	30,77	17
Água Suja	21 ± 4,56	20,97 ± 4,51	20,97 ± 1,69	23,9	19
Areias	47 ± 12,86	46,83 ± 12,72	41,89 ± 3,57	49,73	32
Tocantins	48 ± 8,05	47,9 ± 7,97	47,9 ± 2,83	53,8	39

A diversidade beta-1 atingiu seu maior valor (0,58) para a região de Areias e menor 0,00 para a região de Mangues. As demais regiões apresentaram valores intermediários (Fig. 6A). A região que apresentou maior amplitude de variação foi Tocantins. A região do Mangues diferiu significativamente de Santa Luzia e Areias ($F(4, 57)=4,45$, $P=0,003$) (Fig. 6B).

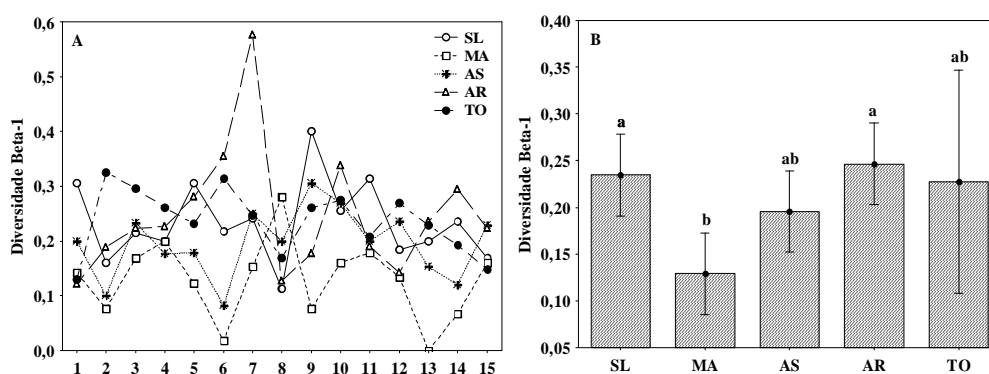


Figura 6. Variação na diversidade Beta-1 dentro das regiões do reservatório (A) e valores médios para as cinco regiões (B). Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas (Tukey; $p>0,05$).

O primeiro e segundo eixos da DCA retiveram 53% da variância total dos dados. Os escores da DCA mostraram que os eixos separam as regiões. As espécies que contribuíram positivamente para formação do primeiro eixo foram *Bulbotyles* sp. e *N. microcarpa*, e negativamente *O. cubense* e *S. auriculata*. Para a formação do eixo 2, *R. corymbosa* e *C. digitatus* contribuíram positivamente, enquanto que *O. cubense* e *N. microcarpa* foram as que mais contribuíram negativamente (Fig. 7).

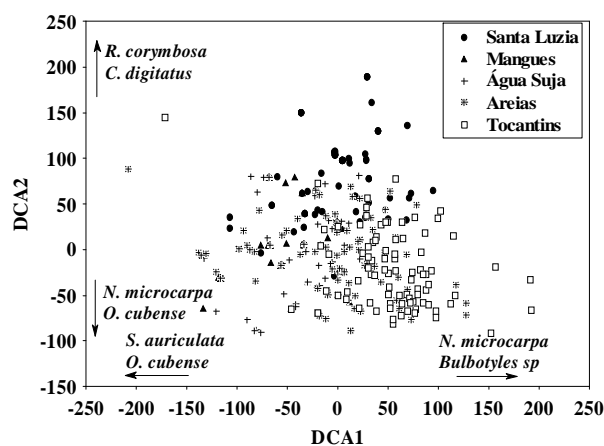


Figura 7. Escores de uma Análise de Correspondência com remoção do efeito de arco (DCA), calculada sobre a matriz de presença/ausência de espécies nas cinco regiões estudadas.

Os escores médios do eixo 1 diferiram estatisticamente entre as regiões do reservatório ($F(4, 445)=99,2; P=0,001$). Com exceção de Santa Luzia, houve um aumento gradual na média dos escores ao longo do gradiente longitudinal do reservatório, indicando alterações progressivas na composição da comunidade em direção a montante (Fig. 8A). Com relação a variação temporal nos escores, não houve diferença significativa na composição de espécies entre os meses amostrados ($F(5, 444)=0,74; P=0,59$) (Fig. 8B).

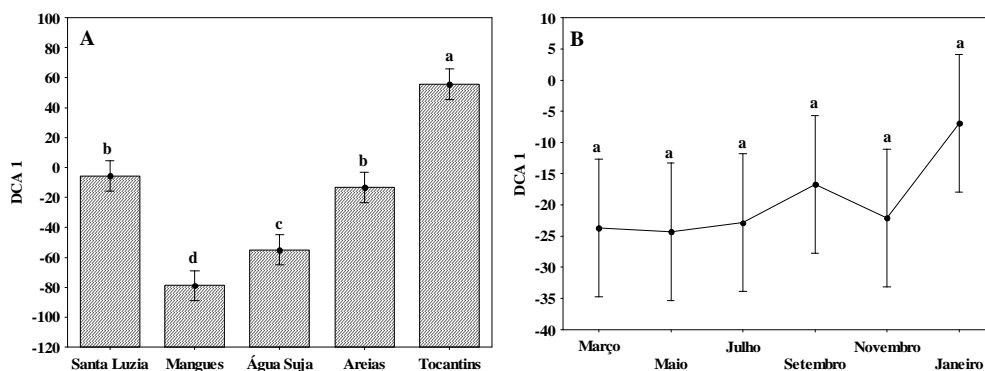


Figura 8. Valores médios e desvio padrão dos escores do primeiro eixo da DCA, nas 5 regiões do reservatório (A), e a variação temporal considerando toda a área de estudo (B). Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas (Tukey; $p > 0.05$).

Para os escores do segundo eixo, a região de Santa Luzia foi a única que diferiu estatisticamente ($F(4, 445)=63,8$, $P=0,001$) (Fig. 9A). Esse eixo sumarizou certa variação temporal na composição das assembléias de macrófitas, com diferenças significativas a partir de maio ($F(5, 444)=8,54$, $P=0,001$) (Fig. 9B).

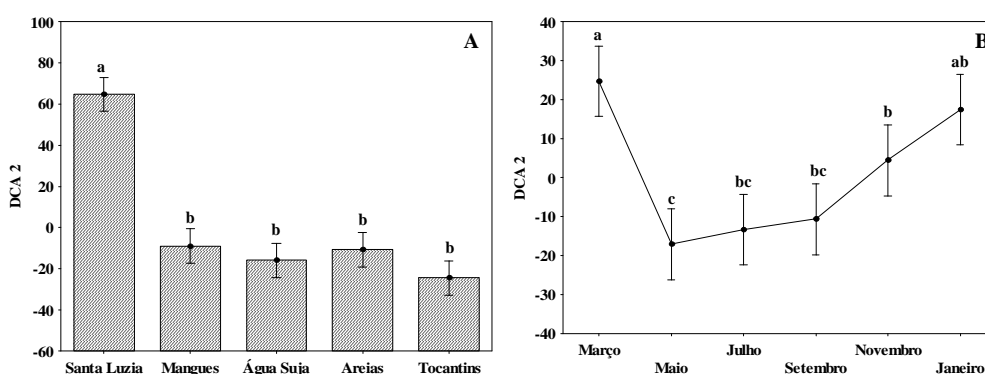


Figura 9. Valores médios e desvio padrão dos escores do segundo eixo da DCA, nas 5 regiões do reservatório (A), e a variação temporal considerando toda a área de estudo (B). Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas (Tukey; $p > 0.05$).

Discussão

Vários estudos têm demonstrado a colonização por macrófitas aquáticas flutuantes em ambientes tropicais, como, por exemplo, *Salvinia molesta* no lago Kariba (Mitchell, 1969), *Eichhornia crassipes*, *S. auriculata* e *Pistia stratiotes* em um braço do reservatório de Itaipu (Thomaz et al., 1999) e *S. molesta* em um braço do rio Preto, Itanhaém (Rubim & Camargo, 2001). No reservatório de Guri (Venezuela) a colonização por plantas aquáticas somente

ocorreu na segunda etapa de enchimento, quando grandes áreas de floresta foram inundadas (Vilarrubia & Cova, 1993). Nos reservatórios localizados a jusante e a montante do reservatório Lajeado, como Tucuruí e Serra da Mesa, também foram observadas infestações por *S. auriculata* (Junk & Melo, 1990; De Felippo, 2003).

Nas cinco regiões estudadas no reservatório Lajeado, foi observada uma alta frequência de *S. auriculata*. Essa espécie é comum em ambientes aquáticos tropicais e tem ampla distribuição geográfica, sendo ausente em regiões frias (Boschilia et al., 2006). Em ambientes tropicais, essa espécie apresenta alta taxa de crescimento e capacidade reprodutiva, principalmente dos módulos vegetativos (Thomaz, 2006).

Em reservatórios recém-formados, durante a fase de enchimento e nos primeiros anos de operação, a invasão de plantas aquáticas flutuantes tem sido atribuída à disponibilidade de nutrientes, que caracteriza a fase inicial e oferece condições favoráveis a sua proliferação (Agostinho & Gomes, 1997; De Filippo, 2003). Porém, Neiff et al. (2000) discutem a ausência de uma relação direta entre a presença de macrófitas e a disponibilidade de nutrientes na água. Além destes, Rubim & Camargo (2001) avaliaram o crescimento de *S. molesta* em um braço do rio Preto, em Itanhaém (SP), e observaram que mesmo em baixas concentrações de nutrientes essa espécie prolifera rapidamente. Esses autores, concluíram que a temperatura elevada e constante favoreceu o crescimento dessa espécie.

Observando a frequência temporal dessa espécie no reservatório Luís Eduardo Magalhães, verificou-se uma diminuição de aproximadamente 10% em sua frequência, considerando o período de amostragem (março/05 a janeiro/06). Essa diminuição provavelmente está relacionada à redução das concentrações de nutrientes ao longo do tempo. Para o reservatório de Serra da Mesa-GO, foi estimada uma redução de 30% nas concentrações de nutrientes, o que foi atribuído à entrada de água dos rios e geração de energia (De Felippo 2003). Esse mesmo autor também constatou uma diminuição na

densidade de plantas aquáticas flutuantes nesse reservatório, após a redução das concentrações de nutrientes.

Uma riqueza total de 50 táxons foi registrada no reservatório Luís Eduardo Magalhães. Valores sutilmente maiores foram obtidos em outros reservatórios tropicais e subtropicais, como em Itaipu (62 táxons; Thomaz et al., 1999), Jupuíá (76 táxons; Marcondes et al., 2003) e Volta Grande (66 táxons; Pedralli, 1990). Porém, a riqueza em Lajeado foi maior do que no reservatório de Barra Bonita (SP), onde foram registradas somente 17 espécies (Carvalho et al., 2003) e no reservatório de Cachoeira Dourada (GO-MG), onde ocorreram 16 espécies (Bini et al., 2005). Diferenças nas riquezas de espécies podem ser explicadas por diversos fatores, sendo um dos padrões mais comuns a relação direta entre o aumento da riqueza de espécies com a área de estudo. Raramente em um levantamento todas as espécies são coletadas. Entretanto, é importante enfatizar que a falta de uma padronização no esforço amostral nos estudos pode resultar em diferentes valores de riqueza. As diferenças de riqueza podem ser ainda atribuídas à concentração de nutrientes da coluna de água. Com a formação do reservatório Lajeado, grandes áreas de vegetação nativa foram alagadas, e conseqüentemente, a decomposição da vegetação inundada contribui para elevar a concentração de nutrientes. Mas, ao mesmo tempo, o período de permanência de nutrientes é pequeno, uma vez que o período de residência da água no reservatório é de apenas 24 dias, isso faz com que os nutrientes sejam carregados rapidamente, o que pode explicar a menor riqueza quando comparada com outros reservatórios brasileiros, os quais têm um maior período de residência da água.

O número de espécies variou entre as regiões amostradas no reservatório. Por exemplo, a riqueza de espécies foi mais elevada na região do Areias e Tocantins, o que pode estar relacionado ao aporte de nutrientes, uma vez que esses locais se concentram na região fluvial do reservatório. Thornton et al. (1990) ressaltam que, ao longo de um gradiente

longitudinal, no sentido rio-barragem, ocorrem três zonas (fluvial, de transição e lacustre), com distintas características físicas, químicas e biológicas. Na região fluvial há maior aporte de nutrientes e carga de sedimento no reservatório, oriundos de tributários localizados a montante da barragem (Pagioro & Thomaz, 2002). Nos trechos onde a taxa de sedimentação é maior ocorre uma redução da profundidade, propiciando a formação de áreas adicionais para colonização por macrófitas aquáticas (Thomaz et al., 2003). De fato, os aportes de sólidos são indicados pelos valores reduzidos de transparência nessa região (Figs. 4E e 4F).

O número de espécies submersas é proporcionalmente maior nas regiões onde ocorre maior incidência de luz, como por exemplo, a região do braço do Água Suja, onde foram registradas sete espécies submersas. A flutuação reduzida no nível do reservatório também favorece o desenvolvimento de uma comunidade de macrófitas submersas (Thomaz et al., 1999). Carvalho et al. (2003) realizaram levantamento das macrófitas aquáticas em cinco reservatórios localizados no rio Tietê, e observaram que naqueles com menor índice de turbidez, as principais infestantes foram as espécies submersas.

Os valores de estimadores de riqueza, obtidos através de diferentes índices, resultaram sempre em valores maiores do que a riqueza observada para a maioria das regiões, exceto em Água Suja. O método empregado no presente trabalho foi pontual; dessa maneira as espécies registradas foram restritas àquelas áreas delimitadas e acessíveis ao método de coleta. Estas limitações podem explicar a diferença entre a riqueza observada e esperada. Outro fator que pode ter contribuído para a diferença “estimada versus observada” é a extensão das áreas amostradas. As regiões com maiores diferenças foram aquelas com maior extensão espacial, onde a distância entre pontos amostrais também era maior (relação espécie x área).

A diversidade beta avalia a mudança ou taxa de substituição na composição de espécies, nas diferentes regiões e estações amostrais (Whittaker, 1960; Harrison et al., 1992). Na análise realizada para as cinco regiões estudadas, o maior valor foi observado na região

Areias, enquanto que o menor foi constatado na região de Mangues. No geral, houve baixa variação nos valores de diversidade beta dentro das regiões, indicando certa homogeneidade espacial. A maior heterogeneidade, registrada em Areias, é provavelmente, resultado de sua localização na região fluvial do reservatório, onde ocorre maior taxa de sedimentação, áreas mais rasas são formadas propiciando um ambiente adequado para a colonização de espécies de macrófitas aquáticas. Outro fator seria a grande área de vegetação alagada, onde a decomposição contribui para o aumento das concentrações de nutrientes. O capítulo 2 demonstra como as concentrações de fósforo e nitrogênio da água e do sedimento são mais elevadas no Areias, enquanto que na região do Mangues esses valores são reduzidos. Este fato acaba refletindo em menor riqueza de espécies no Mangues (ver Fig. 5A) e, conseqüentemente, em menor diversidade.

O primeiro eixo da DCA separou as regiões do Mangues, Água Suja e Tocantins, mostrando um gradiente longitudinal sentido barragem montante. O segundo eixo separa claramente a região do Santa Luzia que se localiza na região lacustre do reservatório. Os dados deste eixo mostram um padrão temporal, pois os meses de maio a setembro (período de seca) e de outubro a abril (período de chuva), mostram-se diferenciados.

A variação espacial, com a maior riqueza de espécies de macrófitas aquáticas registrada na região do Tocantins, localizado entre a região intermediária e fluvial do reservatório. Essa variação espacial sugere a chegada e estabilização de propágulos nessa região. Enquanto que, provavelmente fatores climáticos estão influenciando a variação temporal.

A infestação por plantas aquáticas em um ambiente hídrico é uma indicação de que a água apresenta problemas, como, por exemplo, a eutrofização (Patton & Starnes, 1970). Esta tem como origem a intensificação de atividades antrópicas nas bacias hidrográficas e normalmente encontra-se associada ao aporte de nutrientes para o rio, através de despejos

domésticos, industriais e fertilizantes químicos empregados nos cultivos (Valente et al., 1997, Velini, 2000). Reis-Pereira (2002) destaca que no reservatório da UHE Lajeado, considerando a inexistência de indústrias e atividades agrícolas de grande porte na área de influência, a geologia e o uso do solo são as principais fontes de nutrientes para o reservatório. Porém, deve-se destacar que solos de cerrado são pobres em nutrientes e, assim, sua contribuição para elevar a concentração de nutrientes é pequena. A alteração do nível de água também afeta as assembléias de macrófitas aquáticas, mas os efeitos desse processo variam conforme o tipo biológico, o que depende também da amplitude e duração dessa variação (Thomaz, 2003).

De forma geral, os resultados obtidos neste estudo evidenciam um padrão de variação espacial e temporal de distribuição de macrófitas aquáticas para o reservatório. A maior riqueza de espécies foi registrada nas regiões fluviais do reservatório (Areias e Tocantins). A riqueza de espécies foi mais elevada nos meses de março e novembro final e início do período chuvoso respectivamente. Entre as variáveis abióticas consideradas neste estudo, a transparência da água parece ser a variável que mais contribui para o aumento das espécies submersas na região do Água Suja. Os eventos que determinam o surgimento de macrófitas aquáticas em reservatórios recém construídos, ainda não são claramente estabelecidos. Estudos de caracterização do diferentes fatores devem ser realizados para avaliação prévia dos riscos de desenvolvimento de macrófitas aquáticas em novos empreendimentos.

Agradecimentos

Agradecemos ao Núcleo de Estudos Ambientais (NEAMB) da Universidade Federal do Tocantins e Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (Universidade Estadual de Maringá) pelas facilidades concedidas para coletas de campo e análises de laboratório; ao MsC. Rafael José de Oliveira (UFT) pelo auxílio nas análises estatísticas; a Dra. Elineide E. Marques, Dr. Carlos Sérgio Agostinho e Dr. Fernando Mayer Pelicice (UFT),

Dr. Fábio Amodeo Lansac Tôha e o mestrando Roger Mormul (UEM Núpelia), pelas valiosas sugestões do manuscrito. Investco pelo auxílio financeiro para realização deste trabalho e pelos dados cedidos.

Referências

- Agostinho, A.A. & Gomes, L.C. 1997. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. EDUEM, Maringá. 387p.
- Bianchini Jr., I. 2003. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. (eds.) Ecologia e Manejo de macrófitas aquáticas. EDUEM, Maringá. p.85-126
- Bini, L.M., Thomaz, S.M., Murphy, K.J. & Camargo, A.F.M. 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*, 415:147-154.
- Bini, L.M., Thomaz, S.M. & Souza, D.C. 2001. Species richness and beta-diversity of aquatic macrophytes in the Upper Parana River floodplain. *Archiv. Hydrobiol.*, 151:511-525.
- Bini, L.M., Oliveira, L.G., Souza, D.C., Carvalho P. & Pinto, M.P. 2005. Patterns of the aquatic macrophyte cover in Cachoeira Dourada reservoir (GO-MG). *Braz. J. Biol.*, 64:767-770.
- Boschilia, S.M., Thomaz, S.M. & Piana P.A. 2006. Plasticidade morfológica de *Salvinia Herzogii* (de La Sota) em resposta à densidade populacional. *Acta Sci. Biol.*, 28:35-39.
- Carvalho, F.T., Galo, M.L.B.T., Velini, E.D. & Martins, D. 2003. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Barra Bonita, no rio Tietê. *Planta daninha*, 21:105-108.
- Chazdon, R.L., Colwee, R.K., Denslow, J.S. & Guariguata, M.R. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forest os

- Northeastern Costa Rica. In: Dallmeier, F. & Comiskey, J.A. (eds.) Forest biodiversity research, monitoring and modeling. Parthenon Publishing Group, Washington. p.285-309.
- Colwell, R.K. 1997. EstimateS 8.0: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Use Guide, Web site: viceroy.eeb.uconn.edu/estimates, 22.
- De Fellipo, R. 2003. Colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa – Goiás. In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. (eds.) Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. EDUEM, Maringá. p.281-297.
- Esteves, F.A. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2º ed. Interciência, Rio de Janeiro. 575p.
- Freedman, B. & Lacoul P. 2006. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. *Envir. Rev.*, 14:89-136.
- Graciani, S.D. & Novo, E.M.L.M. 2003. Determinação da cobertura de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais. *Anais... XI SBSR, Belo Horizonte. INPE.* 2509-2512.
- Harrison, S., Ross, S.J. & Jawton, J.H. 1992. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *J. Ani. Ecol.*, 61:151-158.
- Junk, W.J. & Melo, J.A.S.N. 1990. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. *Estudos Avançados*, 4:126-148.
- Marcondes, D.A.S., Mustafá, A.L. & Tanaka, R.H. 2003. Estudos para manejo integrado de plantas aquáticas no reservatório de Jupia. In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. (eds.) Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. EDUEM, Maringá. p.299-317.
- Martins, D., Velini, E.D. & Piteli, R.A. 2003. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Light-RJ. *Planta daninha*, 21:105-108.
- McCune, B. & Mefford, M.J. 1997. Multivariate analysis of ecological data. Version 3.15 MJM software Gleneden Beach, Oregon, USA.

- Neiff, J.J., Poi de Neiff, A.S.G., Patiño, C.A. & Basterra de Chiozzi, I. 2000. Prediction of colonization by macrophytes in the Yciretá Reservoir of the Paraná River (Argentina and Paraguay). *Braz. J. Biol.*, 60:615-626.
- Pagioro, T.A. & Thomaz, S.M. 2002. Longitudinal patterns of sedimentation in a deep, monomictic subtropical reservoir (Itaipu – Brazil-Paraguay). *Archiv. Hydrobiol.*, 154:515-528.
- Paiva, M.P. 1982. *Grandes Represas do Brasil*. Editerra, Brasília. 292p.
- Patton, V. D.; Starnes, W. E. 1970. Aquatic weeds and water pollution. **Hyacinth Control Journal**, v. 8, n. 2, p. 48-49.
- Pott, V.J. & Pott, A. 2000. *Plantas aquáticas do pantanal*. Embrapa, Brasília. 404p.
- Pedralli, G. 1990. *Macrófitas aquáticas: técnicas e métodos de estudos*. Estudos de Biologia, 26:5-24.
- Reis-Pereira, V.L. 2002. *A limnologia e o gerenciamento integrado do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães – UHE Lajeado, Tocantins*. São Carlos/SP. São Carlos, USP, 191p (Máster Thesis).
- Ribeiro, M.C.L.B., Petrere, M., Juras, A.A. 1995. Ecological integrity and fisheries ecology of the Araguaia-Tocantins Basin, Brazil. *Regulated Rivers: Res. Manag.*, 2:325-335.
- Rubim, M.A.L. & Camargo, A.F.M. 2001. Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia molesta* Mitchell em um braço do Rio Preto, Itanhaém, São Paulo. *Acta Limnol. Bras.*, 13:75-83.
- Tanaka, R.H., Cardoso, L.R., Martins, D., Marcondes, D.A.S. & Mustafá, A.L. 2002. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da companhia energética de São Paulo. *Plantas Daninhas*, 20:101-111.

- Thomaz, S.M., Bini, L.M., Souza, M.C., Kita, K.K. & Camargo, A.F.M. 1999. Aquatic macrophytes of Itaipu reservoir, Brazil: survey of species and ecological considerations. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 42:15-22.
- Thomaz, S.M. 2003. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e o desafio de manejo. *Plantas Daninhas*, 20:21-33.
- Thomaz, S.M., Bini, L.M. & Pagioro, T.A. 2003. Macrófitas aquáticas em Itaipu: ecologia e perspectivas para o manejo. In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. (eds.) *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. EDUEM, Maringá. p.319-341.
- Thomaz, S.M., Bini, L.M. & Pagioro, T.A. 2004. Métodos em Limnologia: Macrófitas Aquáticas. In: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. (eds.) *Amostragem em Limnologia*. Rima, São Carlos. p.193-210.
- Thomaz, S.M. 2006. Fatores que afetam a distribuição e o desenvolvimento de macrófitas aquáticas em reservatório: Uma análise em diferentes escalas. In: Nogueira, M.G., Henry, R., Jorcín, A. (eds.) *Ecologia de Reservatório: Impactos potenciais, ações de manejo e sistema cascata*. p.165-181.
- Thornton, K.W., Kimel, B.L. & Payne, F.E. 1990. *Reservoir limnology: Ecological perspectives*. A Wiley Intersciences Publications. John Wiley & Sons, Inc. 248.
- Valente, J.P., Padilha, P.M. & Silva, A.M.M. 1997. Contribuição da cidade de Botucatu-SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita Ecletic. *Quím.*, 22:31-48.
- Velini, E.D. 2000. Controle de plantas daninhas aquáticas. In: *Congresso Brasileiro da Ciências das Plantas Daninhas*, 22. Foz do Iguaçu. Palestra... Foz do Iguaçu: SBCPD. p.137-147.

Vilarrubia, T.V. & Cova, M. 1993. Estudio sobre la distribución y ecología de macrófitos acuáticos en el embalse de Guri. *Interciência*, 18:77-82. URL: <http://www.interciencia.org.ve>. Acesso em 27 out. 2006.

Welcomme, R.L. 1979. *The fisheries ecology of floodplain rivers*. London: Longman, 317.

Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecol. Monog.*, 30:279-338.

Wilson, M.V. & Shimida, A. 1984. Measuring beta diversity with presence-absence data. *J. Ecol.*, 72:1055-1064.

Spatio-temporal variation of the aquatic macrophyte community in two periods in the Luis Eduardo Magalhães Reservoir – Tocantins – Brazil.

Lolis, S.F.¹; Thomaz, S. M.²
E-emails: slolis@uft.edu.br; smthomaz@gmail.com

Varição espacial e temporal da comunidade de macrófitas aquáticas em dois períodos no reservatório Luís Eduardo Magalhães – Tocantins – Brasil.

Resumo

O reservatório Luis Eduardo Magalhães, está localizado no limite entre o alto e médio rio Tocantins. O presente trabalho objetivou verificar a variação espacial e temporal da comunidade frente a algumas variáveis abióticas. Foram realizadas duas coletas, em julho de 2005 e janeiro de 2006 em cinco regiões. Em cada uma das regiões foram demarcados 15 pontos, perfazendo um total de 75 estações de amostragem. As variáveis abióticas mensuradas foram a transparência da água, a condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido e temperatura da água. Amostras de água e sedimentos foram coletadas para determinação das concentrações de fósforo e nitrogênio total. Os dados referentes à temperatura do ar, precipitação pluviométrica e cota altimétrica foram cedidos pela Investco. Para avaliar a composição da comunidade e a distribuição das espécies, utilizou-se um esforço amostral padronizado. Em cada ponto foi percorrida uma distância de cerca de 100 m de margem com embarcação em baixa velocidade, por aproximadamente 10 minutos. As espécies submersas foram inventariadas com um rastelo com 4 m de cabo. Para cada região foi calculada a frequência e riqueza (S). Os dados de presença e ausência das espécies para cinco regiões foram analisados utilizando Análise de Correspondência de Canônica (CCA). As regiões com maior riqueza de espécies foram Areias e Tocantins. As espécies de maior frequência foram *Salvinia auriculata*, *Oxycaryum cubense*. *Najas microcarpa*, espécie submersa, ocorreu com uma frequência maior do Tocantins e Areias, enquanto *Utricularia foliosa* foi frequente na região do Água Suja. Os dois primeiros eixos da CCA mostraram escores significativos ($P < 0,05$), de acordo com o teste de Monte Carlo, os quais explicaram 5,6% da variabilidade dos dados. As regiões do Mangues e Água Suja foram discriminadas com maiores valores de transparência e concentrações de fósforo total do sedimento, a região do Tocantins com maiores valores de pH, e a região do Areias, principalmente com as maiores concentrações de nitrogênio total do sedimento. Esta análise também evidenciou um gradiente temporal, com menor dispersão dos dados no mês janeiro (período chuvoso). De forma geral, os resultados obtidos neste estudo mostraram uma variação espacial e temporal. A maior riqueza de espécies foi registrada nas regiões fluviais do reservatório (Areias e Tocantins), o que deve ter sido favorecido pela formação de áreas mais rasas, facilitando a colonização por macrófitas aquáticas e maior aporte de propágulos oriundos de tributários, especialmente no Tocantins.

Palavras-chave – Comunidade, Variação espacial e temporal, Macrófitas aquáticas Reservatório, Tocantins

Abstract

In this work, the spatial and temporal oscillation of the macrophyte community, in response to abiotic variables, were analyzed in the Luis Eduardo Magalhães Reservoir (Tocantins River). Two samplings were carried out in July 2005 (dry season) and January 2006 (rainy season) in five regions of the reservoir. Fifteen stations were sampled in each region (total of 75 sampling stations). The abiotic variables measured were the Secchi disk depth, conductivity, pH, dissolved oxygen and water temperature. Samples of water and sediment were collected for phosphorus and nitrogen determinations. A standard sampling effort was used to assess the composition of the community and species distribution. In each sampling station, c. 100m of the shore was surveyed with a boat at low and constant velocity, during c. 10 minutes. The submerged species were collected with a rake fixed in a 4m pipe. For each region, the frequency of species and total richness were estimated. Incidence data (species presence/absence) were analyzed through a Canonical Correspondence Analysis. The regions with higher species richness were Areias and Tocantins. The most frequent species were *Salvinia auriculata* and *Oxycaryum cubense*. *Najas microcarpa*, a submerged species, was recorded in higher frequencies at the Tocantins and Areias regions, while *Utricularia foliosa* was more frequent at the Água Suja region. The two first CCA axes had significant scores ($P < 0.05$), according to Monte Carlo analysis and both explained 5.6% of the data variability. The Mangues and Água Suja regions were discriminated by having higher Secchi disk depths and sediment total phosphorus, while the Tocantins regions had higher pH. Areias region had higher sediment nitrogen. This analysis also showed a temporal gradient with lower dispersion of the data in January (rain period). In general the results showed a spatial and temporal variation. CCA discriminated the regions of Mangues, Água Suja, Tocantins and Areias. The highest species richness was found in the riverine region of the reservoir, what was probably caused by formation of shallower areas, which facilitates the colonization by macrophytes, and by the higher income of propagules from upstream.

Keywords – Community, Spatio-temporal variation, Aquatic macrophytes, aquáticas. Lajeado Reservoir, Tocantins.

Introdução

O crescimento populacional e, conseqüentemente, o aumento da demanda por energia produzida por hidrelétricas, vem alterando o regime hidrológico e a dinâmica ecológica de rios e bacias hidrográficas. A construção de um reservatório provoca alterações nas características físicas e químicas da água, como a redução no fluxo da água, transparência, e menor variação de nível hidrométrico. Essas modificações variam com o tempo em um mesmo reservatório, e os impactos ecológicos resultantes dessas alterações são de grande complexidade (Vilarrubia & Cova, 1993; Bini et al., 2005).

O desenvolvimento de macrófitas aquáticas é uma característica comum em reservatórios localizados na região tropicais e subtropicais (Bini et al., 2005). A colonização por macrófitas aquáticas em reservatórios brasileiros tem merecido destaque, principalmente pelo prejuízo que essas representam para a geração de energia (Velini, 1998; Carvalho et al., 2003). A ocorrência de diferentes grupos ecológicos é determinada por fatores abióticos distintos, podendo destacar-se a radiação subaquática e nutrientes, como fatores limitantes para a ocorrência de espécies submersas e flutuantes livres, respectivamente (Bini et al., 1999; Camargo et al., 2003). Durante o enchimento e nos primeiros meses de operação, a disponibilidade de nutrientes é um dos principais fatores que proporciona o crescimento de macrófitas aquáticas em reservatórios (De Felippo, 2003). Pitelli (2006) ressalta que o comprometimento da qualidade de água em reservatórios durante o enchimento leva, em geral, a um nível de eutrofização suficiente para promover o crescimento de macrófitas submersas, flutuantes e emersas.

As macrófitas são importantes componentes estruturais dos ecossistemas aquáticos e são fundamentais para dinâmica desses ambientes. Essas plantas elevam a heterogeneidade espacial e temporal e fornecem substrato para a colonização, crescimento e conservação de várias comunidades aquáticas, como por exemplo, na conservação e diversidade de peixes

(Agostinho et al., 2002; Pelicici et al., 2005), comunidades zooplanctônicas (Lansac-Tôha et al., 2003) e de macroinvertebrados (Takeda et al., 2003), o que favorece a biodiversidade (Pitelli, 1998).

O levantamento da ocorrência de plantas aquáticas em reservatórios permite avaliar a evolução da comunidade e, respaldado por outras informações, como os dados de qualidade de água, possibilitam inferir sobre as causas de eventuais alterações nas populações e infestações.

No presente trabalho, dados de presença e ausência de espécies da comunidade de macrófitas aquáticas, obtidos em cinco regiões do reservatório Luís Eduardo Magalhães (Lajeado), rio Tocantins, em dois períodos (seca e chuvoso), foram analisados com o objetivo responder as seguintes questões: (i) há um padrão na variação espacial e temporal de distribuição das espécies de macrófitas aquáticas no reservatório? (ii) entre as variáveis abióticas consideradas nesse estudo quais estão influenciando este padrão?

Material e métodos

Área de Estudo

O rio Tocantins tem seu curso no sentido sul-norte, sendo formado pela conjunção dos rios Paranã e Maranhão. A bacia do rio Tocantins localiza-se entre 2° e 18° S; 46° e 55° O. As nascentes se localizam no Planalto de Goiás, e o rio percorre 2.500 Km através dos estados de Goiás, Tocantins, Maranhão e Pará, onde deságua próximo ao estuário do rio Amazonas (Paiva, 1982). Possui uma área de drenagem de 767.000 Km², sendo totalmente localizada em território brasileiro. A rede de drenagem é razoavelmente densa, porém com predomínio de afluentes de baixo volume hídrico na estação seca, sem grandes áreas marginais alagadiças. Esses fatores concorrem para a formação de enchentes de resposta rápida (Welcomme, 1979).

O reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães (Lajeado), está localizado no limite entre o alto e médio rio Tocantins (Paiva, 1982), entre os municípios de Miracema do Tocantins e Brejinho de Nazaré. O represamento apresenta extensão de 172 Km, área de 626 Km², área de drenagem 184.219 Km², nível a montante de 212 m e a jusante de 175,80 m (Fig. 1). A construção da barragem foi concluída em outubro de 2000 e o enchimento do reservatório completou-se em fevereiro 2001. A UHE Luís Eduardo Magalhães opera a fio d'água e a oscilação do nível está relacionada a operação da própria usina e de outros empreendimentos localizado a montante.

O período chuvoso (outubro a abril), e seco (maio a setembro) é bem definido, com as menores precipitações registradas em setembro (Ribeiro et al., 1995).

Levantamento de dados

Os bancos avaliados foram selecionados e demarcados com aparelho GPS (*Global Position System*) em cinco regiões (Santa Luzia, Mangues, Água Suja, Areias e Tocantins) do reservatório da UHE Lajeado (Fig. 1). Em cada região foram selecionados 15 pontos de amostragem, priorizando áreas mais rasas, conforme sugestão de Thomaz et al. (2004).

As coletas foram realizadas em dois períodos, julho 2005 (seco) e janeiro de 2006 (chuvoso), totalizando 75 pontos de amostragem em cada. Para caracterização do meio abiótico em cada ponto foram selecionadas as seguintes variáveis: transparência da água (disco de Secchi; m), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$, medidor Digimed) e pH (medidor Digimed), oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$; medidor digital YSI Coporation Modelo 550A). Amostras de água foram obtidas com garrafa de Van Dorn na sub-superfície da coluna de água. Estas amostras foram congeladas para determinação em laboratório das concentrações nitrogênio total através do método de digestão com persulfato de potássio (APHA 1989) e leitura em espectrofotômetro acoplado a um sistema de injeção de

fluxo - FIA (Giné et al., 1980) e o fósforo total (Mackereth et al., 1978). Amostras de sedimento foram obtidas com auxílio de draga do tipo Petersen modificada, sendo congeladas no mesmo dia. Posteriormente, a porcentagem de matéria orgânica no sedimento foi determinada por gravimetria, após incineração em mufla a 550°C (Wetzel & Likens, 1991). As concentrações de fósforo total e nitrogênio total no sedimento foram também estimadas através do método de digestão sulfúrica (Ruzicka & Stewart, 1975; Stewart et al., 1976).

O inventário e avaliação da distribuição espacial e temporal das espécies no reservatório foram realizados através de um esforço amostral padronizado. Em cada ponto percorreu-se cerca de 100m de margem com uma embarcação em baixa velocidade, por um tempo aproximado de 10 minutos. Para o levantamento de espécies submersas, foi utilizado rastelo até a profundidade de 4 metros.

As espécies presentes inventariadas e registradas. Quando a identificação não foi possível em campo, o material botânico foi coletado, herborizado e levados para o Laboratório de Taxonomia Vegetal da Universidade Federal do Tocantins para posterior identificação. Todo material fértil coletado foi incluído na coleção de referência do Herbário da Universidade Federal do Tocantins (HTO).

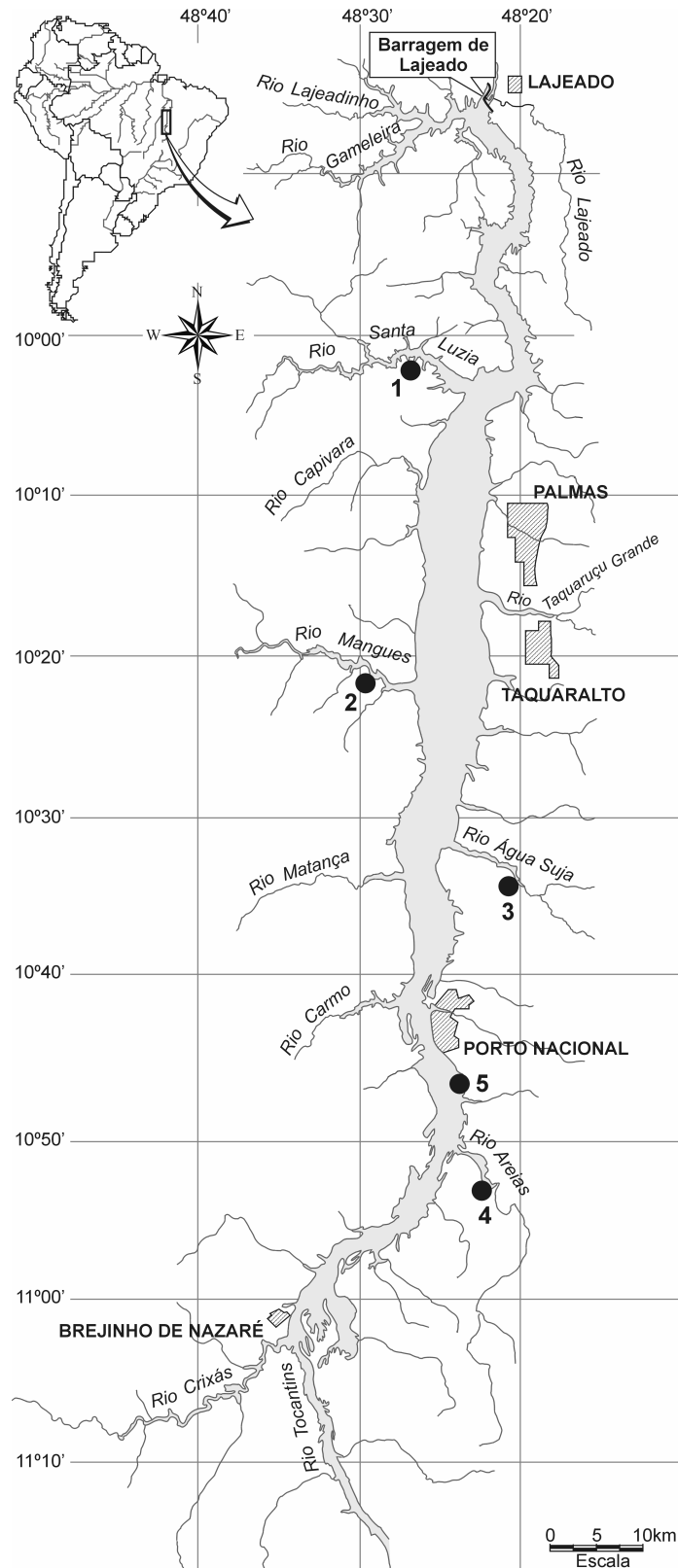


Figura 1. Reservatório de Lajeado, rio Tocantins, e indicação das regiões de estudo. 1= Santa Luzia; 2= Manguês; 3= Água Suja; 4= Areias e 5= Tocantins

Análise dos dados

A frequência de ocorrência de cada espécie (F_i) foi calculada para cada região estudada, dividindo-se o número de bancos de macrófitas aquáticas em que a espécie i ocorria pelo número total de bancos amostrados.

Uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) foi utilizada para investigar a influência das variáveis ambientais determinando a distribuição espaço/temporal da comunidade de plantas. Para isso, a matriz de presença e ausência das espécies e a matriz de variáveis ambientais (logaritmizada) nas cinco regiões foram analisadas. A CCA foi executada usando o programa PCORD, v.3.15 para Windows (McCune & Mefford, 1997).

Resultados

Variáveis abióticas

Na tabela I são apresentados os valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão das variáveis abióticas consideradas neste estudo. Os valores de condutividade elétrica para os períodos amostrados apresentam elevada amplitude de variação, exceto para a região Tocantins. A maior amplitude de variação na transparência da água ocorreu nas regiões de Santa Luzia e Mangues durante o mês de julho. De forma geral, os dados mostram que o conteúdo de matéria orgânica, fósforo e nitrogênio total na água e no sedimento apresentaram altas amplitudes de variação para todas as regiões.

Tabela I. Variáveis abióticas nas cinco regiões medidas nos meses de julho/05 e janeiro/06.

Região Mês Variáveis	Santa Luzia Julho				Mangues Julho				Água suja Julho				Areias Julho				Tocantins Julho			
	Méd	Mín	Máx	D.P	Méd	Mín	Máx	D.P	Méd	Mín	Máx	D.P	Méd	Mín	Máx	D.P	Méd	Mín	Máx	D.P
Condutividade elétrica (µS/cm)	56,75	44,00	72,30	8,96	64,05	32,10	76,00	15,64	57,45	27,10	70,90	17,43	59,56	30,90	79,10	18,90	75,38	70,71	79,40	2,48
Secchi (m)	2,37	0,93	4,06	0,97	2,60	1,00	4,78	1,16	3,66	3,00	4,30	0,46	1,24	0,78	2,00	0,44	1,50	0,71	2,00	0,45
Óxigênio dissolvido (mg/L)	7,46	6,62	7,89	0,36	6,76	5,89	7,94	0,56	6,67	5,00	8,50	0,92	6,13	5,30	6,84	0,54	6,44	5,26	7,32	0,52
pH	7,18	6,88	7,42	0,15	7,42	7,00	7,95	0,29	7,09	6,22	7,60	0,40	7,25	6,70	7,82	0,31	7,81	7,10	9,57	0,71
Temperatura da água (°C)	27,64	22,10	29,20	1,64	28,00	26,00	30,00	1,10	26,55	25,60	27,00	0,48	27,29	26,50	28,90	0,55	27,97	25,80	31,20	1,68
Matéria orgânica (%)	2,95	0,33	11,52	3,19	14,80	2,58	77,50	19,94	8,87	0,67	25,33	7,15	7,18	1,30	31,90	10,11	3,13	1,62	5,94	1,33
Fósforo total da água (µg/L)	10,48	6,03	31,37	6,49	13,86	6,18	71,04	16,04	8,85	3,79	24,61	5,20	12,58	5,86	20,96	5,30	13,12	7,29	36,31	7,02
Nitrogênio total da água (µg/L)	227,23	186,60	355,81	46,19	195,00	165,35	244,46	21,92	198,01	115,45	337,28	54,71	139,23	64,33	438,79	94,55	205,16	89,23	898,27	202,64
Fósforo total do sedimento (µgP/gPS)	1,67	0,01	5,12	1,69	4,67	0,84	10,50	3,52	2,63	0,87	7,40	2,24	2,78	0,51	10,40	2,28	2,90	0,21	5,82	1,43
Nitrogênio total do sedimento (µgN/gPS)	5,60	0,88	25,88	6,35	23,54	6,18	62,94	19,64	15,05	2,76	57,49	15,85	4,50	1,73	18,62	4,09	4,18	1,26	9,80	2,50

Região Mês Variáveis	Santa Luzia Janeiro				Mangues Janeiro				Água suja Janeiro				Areias Janeiro				Tocantins Janeiro			
	Méd	Mín	Máx	D.P	Méd	Mín	Máx	D.P	Méd	Mín	Máx	D.P	Méd	Mín	Máx	D.P	Méd	Mín	Máx	D.P
Condutividade elétrica (µS/cm)	64,19	40,70	84,70	11,96	48,55	33,40	71,10	15,32	65,29	37,60	76,70	16,09	59,77	27,00	79,10	19,81	68,94	53,80	83,20	9,64
Secchi (m)	1,62	1,20	1,90	0,19	1,41	0,60	2,00	0,33	1,39	1,13	1,70	0,17	1,08	0,70	1,50	0,23	1,28	0,80	2,00	0,37
Óxigênio dissolvido (mg/L)	8,07	7,65	8,88	0,36	5,73	4,33	7,31	0,99	6,47	5,47	7,35	0,59	7,80	6,36	9,81	1,24	7,92	4,33	9,78	1,32
pH	7,79	7,52	8,28	0,25	6,97	6,55	7,43	0,31	7,27	6,75	7,83	0,34	7,75	6,86	9,39	0,83	8,09	6,96	9,31	0,75
Temperatura da água (°C)	31,05	30,00	32,50	0,95	29,41	25,50	30,80	1,30	31,89	30,00	33,00	0,95	33,48	29,40	35,50	1,86	32,30	29,70	34,00	1,38
Matéria orgânica (%)	8,70	0,51	80,23	20,04	12,77	2,21	28,05	8,11	11,36	3,31	60,34	14,85	7,42	1,85	23,92	6,87	4,53	1,76	16,63	3,93
Fósforo total da água (µg/L)	19,79	11,79	57,44	12,49	14,43	7,55	22,95	4,82	14,71	11,43	18,29	2,10	19,20	15,71	25,72	2,58	19,52	9,09	45,82	8,22
Nitrogênio total da água (µg/L)	277,42	117,99	760,35	161,16	59,03	13,92	178,37	44,06	194,98	85,26	328,50	74,72	306,98	249,35	343,52	24,23	388,91	243,01	1036,87	184,18
Fósforo total do sedimento (µgP/gPS)	1,33	0,07	5,21	1,50	5,55	0,97	11,18	3,59	2,08	0,04	5,99	1,45	1,13	0,00	5,39	1,43	0,58	0,00	1,65	0,54
Nitrogênio total do sedimento (µgN/gPS)	8,15	3,10	25,08	6,07	32,39	7,98	89,94	27,21	8,30	1,13	31,43	8,48	22,59	1,29	62,04	22,45	5,75	2,09	13,86	3,88

Macrófitas aquáticas

A riqueza de espécies total registrada em todas as regiões ao longo do período somou 31 táxons pertencentes a 16 famílias (Tab. II). Os maiores valores da riqueza de espécies foram registrados na região de Tocantins 25 (S= 1-13; média= 6,4; DP= 2,65), enquanto os menores foram registrados nas regiões de Mangues 11 (S= 2-7; média= 3,13; DP=1,33) e Água Suja 11 (S= 1-8; média 4,27; DP= 2,02).

Tabela II. Lista de famílias e espécies de macrófitas aquáticas registradas nas 5 regiões do reservatório (célula vazia = ausente), o código das espécies usado nos gráficos e seus respectivos grupos ecológicos.

Família	Espécie	Regiões					Código	Grupo ecológico
		SL	MA	AS	AR	TO		
Alismataceae	<i>Echinodorus longipetalus</i> Micheli						Echilo	Emergente
	<i>Echinodorus paniculatus</i> Micheli						Echipa	Emergente
	<i>Sagittaria guayanensis</i> H.B.K.						Sagigu	Emergente
Araceae	<i>Pistia stratiotes</i> L.						Pistst	Flutuante livre
	<i>Urospatha sagittifolia</i> (Rudge) Schott.						Urossa	Emergente
	<i>Xanthosoma striatipes</i> (Kunth & Bouché) Mad.						Xantst	Anfíbia
Asteraceae	<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.						Eclipr	Anfíbia
Cabombaceae	<i>Cabomba furcata</i> Schult. & Schult.						Cabofu	Submersa fixa
Characeae	<i>Chara</i> sp						Chara sp	Submersa fixa
Commelinaceae	<i>Commelina</i> sp						Comm sp	Flutuante fixa
Cyperaceae	<i>Bulbotyles</i> sp						Bulb sp	Submersa fixa
	<i>Cyperus digitatus</i> Roxb.						Cypedi	Anfíbia
	<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz.						Cypelu	Emergente
	<i>Eleocharis sellowiana</i> Kunth						Eleose	Emergente
	<i>Fuirema umbellata</i> Rottb.						Fiurum	Emergente
	<i>Oxycaryum cubense</i> (Poepp. & Kunth) Lye						Oxyccu	Epífita
	<i>Rhynchospora corymbosa</i> (L.) Britt.						Rychco	Emergente ou Anfíbia
Hydrocharitaceae	<i>Apalanthe granatensis</i> (Humb & Bonpl.) Planch.						Apalgr	Submersa fixa
Lentibulariaceae	<i>Utricularia breviscapa</i> Wright ex Griseb.						Utribr	Submersa livre
	<i>Utricularia foliosa</i> L.						Utrifo	Submersa livre
	<i>Utricularia gibba</i> L.						Utrigi	Submersa livre
Limnocharitaceae	<i>Limnocharis flava</i> (L.) Buch.						Linnfl	Emergente
Najadaceae	<i>Najas guadalupensis</i> (Spreng.) Magnus						Najagu	Submersa fixa
	<i>Najas microcarpa</i> K. Schum.						Najami	Submersa fixa
Onagraceae	<i>Ludwigia sedoides</i> (H.B.K.) Hara						Ludwse	Flutuante fixa
Poaceae	<i>Poaceae</i> sp						Poaceae sp	
Polygonaceae	<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.						Polyfe	Emergente
Pontederiaceae	<i>Eichhornia azurea</i> (Sw.) Kunth.						Eichaz	Flutuante fixa
	<i>Eichhornia crassipes</i> (Sw.) Kunth						Eichcr	Flutuante livre
	<i>Pontederia parviflora</i> Alexander						Pontpa	Emergente
Salviniaceae	<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.						Salvau	Flutuante livre

SL=Santa Luzia; MA= Mangues; AS= Água Suja; AR= Areias e TO= Tocantins

As espécies mais frequentes em Santa Luzia foram *Cyperus digitatus* e *Salvinia auriculata* no mês julho, enquanto que *Bulbotyles* sp e *Rhynchospora corymbosa* foram as espécies mais frequentes em janeiro. Para essa região observou-se um incremento de cinco espécies no mês de janeiro (Fig. 2A). Para Mangues, *S. auriculata*, *Oxycaryum cubense*,

Bulbotyles, *Utricularia gibba*, *U. foliosa*, *Polygonum ferrugineum* e *Najas microcarpa* mantiveram a mesma frequência durante os dois períodos estudados, havendo também nesta região um incremento de três espécies no mês de janeiro. No entanto, *S. auriculata* e *O. cubense* foram as espécies mais frequentes nos dois períodos (Fig. 2B).

A região de Água Suja teve *S. auriculata* e *O. cubense* como mais frequentes, nos dois períodos. No mês de janeiro observou-se um aumento na frequência de duas espécies submersas, *U. breviscapa* e *Cabomba furcata*. Já *R. corymbosa* foi registrada somente no mês de janeiro (Fig. 2C).

Na região de Areias as espécies de maior frequência foram *S. auriculata* e *O. cubense*, em julho e janeiro, respectivamente. Nesta região quatro espécies foram registradas apenas no mês de julho, enquanto que outras três apenas no mês de janeiro (Fig. 2D).

A maior riqueza de espécies foi registrada na região de Tocantins. *Bulbotyles* sp., *S. auriculata* e *N. microcarpa* (enraizada) estiveram entre as espécies de maior ocorrência, nos dois períodos. Nesse caso, foram observados extensos bancos de *N. microcarpa* nas regiões mais rasas do reservatório. Oito espécies de plantas aquáticas foram registradas apenas no mês de julho, enquanto apenas uma foi restrita a janeiro (Fig. 2E).

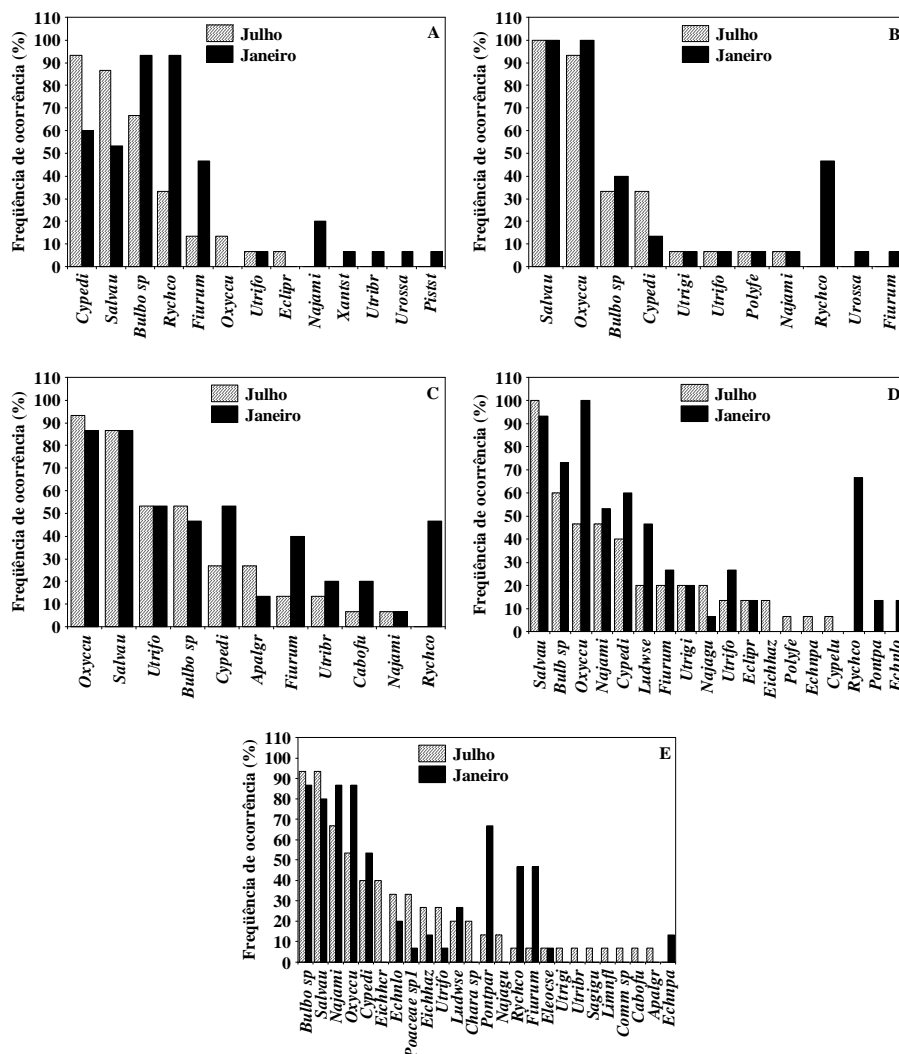


Figura 2. Frequência de ocorrência das espécies de macrófitas aquáticas registradas nos meses de julho e janeiro, nas cinco regiões do reservatório de Lajeado: Santa Luzia (A); Mangues (B); Água Suja (C); Areias (D); Tocantins (E).

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) mostrou escores significativos para os dois primeiros eixos canônicos ($P < 0,05$), de acordo com o teste de Monte Carlo, os quais explicaram 5,6% da variabilidade total dos dados. As variáveis com maior coeficiente de estrutura no eixo 1 foram pH (0,57), Secchi (-0,63) e fósforo total no sedimento (-0,44). Essas variáveis evidenciaram um gradiente espacial no diagrama: à esquerda se concentram as regiões Mangues e Água Suja, com maiores profundidades de disco de Secchi e maiores concentrações de fósforo total no sedimento; à direita, a região de Tocantins, com maiores valores de pH, concentração de fósforo e nitrogênio na água. No eixo 2, as variáveis mais

importantes foram nitrogênio total no sedimento (0,69), condutividade elétrica (-0,38) e nitrogênio total na água (-0,56). Houve maior concentração dos pontos de Areias na porção superior do diagrama, com maiores concentrações de nitrogênio total do sedimento (Fig. 3A).

Esta análise também evidenciou um gradiente temporal, principalmente no eixo 2 (Fig. 3B), com menor dispersão dos dados no mês de janeiro (período chuvoso). Com relação aos tipos ecológicos das plantas, espécies submersas e flutuantes se concentraram a direita do gradiente no eixo 1 (Fig. 3C), influenciadas positivamente pelo pH, concentração de fósforo e nitrogênio na água, e negativamente pela transparência e concentração de fósforo no sedimento. Espécies emergentes não apresentaram padrão claro de distribuição no diagrama.

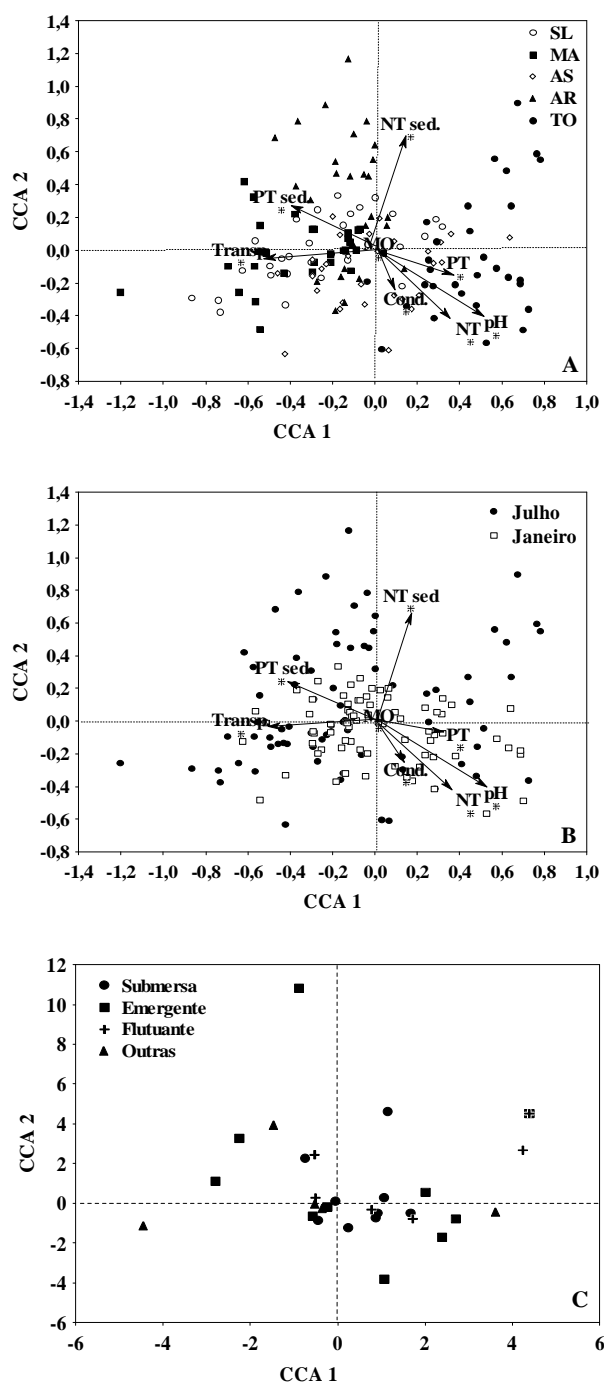


Figura 3. Escores de uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) aplicada sobre a matriz de presença e ausência da comunidade de macrófitas aquáticas e a matriz de variáveis ambientais. Os escores são discriminados para as cinco regiões do reservatório de Lajeado (A), para os dois períodos do ano (B), e para os tipos ecológicos (B). PT sed.= Fósforo total no sedimento; NT sed.= Nitrogênio total no sedimento; PT= Fósforo total na água; NT= Nitrogênio total na água; Transp.= Transparência da água; MO= Matéria orgânica no sedimento; Cond.= Condutividade elétrica.

Discussão

Ainda na fase de enchimento e durante os primeiros anos de operação, a invasão do espelho de água por plantas flutuantes é um fato comum em reservatórios (De Felippo, 2003).

A proliferação por macrófitas aquáticas em alguns reservatórios localizados em região tropical tem trazido problemas para o aproveitamento tanto hidrelétrico como agrícola (Vilarrubia & Cova, 1993). No reservatório Lajeado um total de 31 espécies foi registrado no presente trabalho, número superior ao registrado no reservatório Guri, Venezuela (27 táxons, Vilarrubia & Cova, 1993), porém inferior ao registrado no reservatório de Santana, RJ (41 táxons, Pitelli, 2006). Os maiores valores de riqueza de espécies foram registrados nas regiões de Areias e Tocantins, localizadas a montante do represamento. A maior riqueza nas regiões do Areias e Tocantins provavelmente estão relacionadas a sua localização na região fluvial do reservatório, que preserva aspectos da heterogeneidade fluvial original. Nesta região ocorre também maior aporte de nutrientes e maior taxa de sedimentação com a conseqüente redução da profundidade e formação de áreas adicionais, propiciando maior colonização por macrófitas aquáticas (Thomaz et al., 2003).

Logo após o enchimento do reservatório de Lajeado foi observada a presença de *S. auriculata* cobrindo grandes extensões. Durante o período de estudo, essa espécie foi registrada com alta frequência em todas as regiões estudadas, nos dois períodos. Em reservatórios, vários fatores influenciam a colonização por macrófitas aquáticas. Segundo Junk & Melo (1990), a alta capacidade reprodutiva, o alto nível de nutrientes, as condições climáticas favoráveis, a falta de espécies competidoras e a falta de animais herbívoros, pragas e doenças, são fatores que contribuem para o sucesso da colonização. *S. auriculata* propaga-se por divisão da planta ou por esporos, podendo cobrir extensas superfícies do espelho de água em poucas semanas (Pott & Pott, 2000). Em relação à absorção de nutrientes, alguns estudos evidenciam que a taxa de crescimento das macrófitas aquáticas flutuantes está diretamente

relacionada à intensidade de luz. Conseqüentemente, a intensidade de luz, junto com a temperatura, são fatores importantes ao potencializar a colonização e produtividade dessas plantas (Urbanc-Bercic & Gaberscik, 1989; Sharma & Edem, 1991). Segundo Junk & Willians (1984), a presença de espécies tais como *P. stratiotes*, *E. crassipes* e *S. auriculata* ocorrem em habitats com maiores concentrações de nutrientes. De fato, no presente estudo, espécies flutuantes (e submersas) apresentaram forte associação com locais onde a concentração de fósforo e nitrogênio na água era maior, caso de Tocantins. Dessa forma, as características reprodutivas de *S. auriculata*, aliadas a alta concentração de nutrientes e a fatores climáticos (elevada temperatura e luminosidade), parecem ser os fatores que influenciaram o sucesso dessa espécie no reservatório.

Nas regiões de Areias e Tocantins, *N. microcarpa* (espécie submersa fixa) esteve entre as espécies com maior frequência. Segundo Pott & Pott (2000), essa é uma espécie abundante em solos férteis. No Brasil, a espécie submersa mais comum encontrada colonizando densamente os reservatórios é *Egeria densa*. Essa espécie foi registrada nos reservatórios de Três Irmãos (SP), Jupiá (SP/MS), Porto Primavera (SP/MS) (Marcondes et al., 2000) e Itaipu (Thomaz & Bini, 2003), na bacia do rio Paraná, e no reservatório de Paulo Afonso (PE/BA) (Marcondes et al., 2000), bacia do rio São Francisco.

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) usada para identificar correlações entre variáveis ambientais e a distribuição das plantas, demonstrou que, no gradiente principal (eixo1), a concentração do fósforo no sedimento foi uma importante variável discriminatória. Esse fator explicou a ocorrência de espécies nas regiões de Mangues e Água Suja, incluindo espécies submersas, flutuantes e algumas emergentes. As espécies flutuantes obtêm predominantemente nutrientes da coluna de água. Porém, segundo Bini et al. (1999), existe uma forte relação entre a concentração de fósforo contido no sedimento e fósforo da coluna de água. Na região do Tocantins, os altos valores de pH e nutrientes na água devem ter

favorecido a colonização de espécies submersas, pois nesta região ocorreram oito espécies desse grupo, sendo *N. microcarpa* a espécie de maior frequência. A elevação do pH e do oxigênio dissolvido está provavelmente relacionada com a atividade fotossintética de *N. microcarpa*, que forma extensos bancos nessa região. Vale destacar que os menores valores da transparência na coluna de água nessa região não prejudicaram sua colonização, indicando que essa espécie apresenta elevada plasticidade quando aos requerimentos de radiação subaquática, ou que a variação na transparência não foi suficiente a ponto de limitar sua colonização. Porém, não se dispõem de dados acerca de ecofisiologia para essa espécie, sendo difícil conclusões a esse respeito.

Considerando-se o eixo 2, a concentração de nitrogênio total do sedimento foi a variável discriminatória mais importante. Essa variável esteve relacionada com a ocorrência de espécies na região de Areias, especialmente as emergentes enraizadas. O sedimento constitui-se na principal fonte de nitrogênio e fósforo para espécies de macrófitas aquáticas enraizadas (Camargo et al., 2003). A concentração de nitrogênio total do sedimento apresentou um aumento significativo no mês de janeiro, momento em que três espécies enraizadas foram registradas (*R. corymbosa*, *P. parviflora* e *E. longipetalus*), sendo *R. corymbosa* e *P. parviflora* de ocorrência restrita à região de Areias e Tocantins.

O diagrama temporal demonstrou maior variabilidade na distribuição das espécies durante o mês de julho, período de seca, enquanto que em janeiro a variabilidade foi menor. Provavelmente, neste primeiro período ocorreu um aumento de dispersão de propágulos. Devido à ausência de distúrbios naturais em reservatórios, por exemplo, o pulso de inundação, o principal fator relacionado a essa variabilidade é provavelmente a ocorrência de chuvas e ventos fortes. Esses fatores fazem com que alguns bancos de espécies flutuantes sejam fragmentados, e espécies submersas enraizadas se soltem principalmente nas áreas mais rasas do reservatório. Riis & Biggs (2003) relatam que a presença e o desenvolvimento das

macrófitas aquáticas em sistemas lóticos são controlados pelo regime hidrológico, como a frequência de inundação e a elevada velocidade da água. Sistemas mais estáveis são influenciados principalmente pela profundidade, velocidade da água e qualidade do sedimento. Esses autores verificaram que a abundância e a diversidade das macrófitas aquáticas diminuíram quando a frequência do distúrbio de inundação aumentou. Eventos sazonais fazem com que a população de algumas espécies seja fragmentada, favorecendo a colonização em outros ambientes no período de menor turbulência no reservatório. Criando assim, a oportunidade para o estabelecimento de novos indivíduos em diferentes trechos (Sousa, 1984)

De forma geral, os resultados obtidos neste estudo demonstraram que a distribuição espaço/temporal da comunidade de macrófitas em Lajeado é influenciada por alguns fatores ambientais, em particular a concentração de nutrientes e a transparência da água. A transparência e fósforo total da água foram as variáveis que mais influenciaram a distribuição de espécies comuns, como *S. auriculata*, *O. cubense* e *U. foliosa*. No geral, a maior riqueza de espécies foi registrada nas regiões fluviais do reservatório (Areias e Tocantins), provavelmente favorecida pela formação de áreas mais rasas, heterogêneas, mais ricas em nutrientes e com maior aporte de propágulos oriundos de tributários.

Agradecimentos

Agradecemos ao Núcleo de Estudos Ambientais (NEAMB) da Universidade Federal do Tocantins e Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (Universidade Estadual de Maringá) pelas facilidades concedidas para coletas de campo e análises de laboratório; a Maria do Carmo Roberto, Nátafia Fernanda Santana, Franciele P. Camacho, Beatriz S. Toyshima, Márcio José da Silveira (Laboratório de Limnologia e Macrófitas Aquáticas-Núpelia) pelo auxílio nas análises de laboratório; Dr. Fernando Mayer Pelicice

(UFT); Dra. Luzia Cleide Rodrigues pelo auxílio nas análises estatísticas, Dr. Fábio Amodeo Lansac Tôha e o mestrando Roger Mormul (Núpeia-UEM). Investco pelo auxílio financeiro para realização deste trabalho e pelos dados cedidos.

Referências

- Agostinho, A.A., Thomaz, S.M., Baltar, L.S.M.A. & Gomes, L.C. 2002. Influence of aquatic macrophytes on fish assemblages structure of the upper Paraná River floodplain (Brazil) In: Proceedings of the 11th EWRS International Symposium on Aquatic Weeds. p.69-72.
- American Public Health Association – APHA. 1989. Standard Methods. 1971. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th ed. APHA, Washington. 1268p.
- Bini, L.M., Oliveira, L.G., Souza, D.C., Carvalho P. & Pinto, M.P. 2005. Patterns of the aquatic macrophyte cover in Cachoeira Dourada reservoir (GO-MG). Braz. J. Biol., 64:767-770.
- Bini, L.M., Thomaz, S.M., Murphy, K.J. & Camargo, A.F.M. 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu reservoir, Brazil. Hydrobiologia, 415:147-154.
- Camargo, A.F.M., Pezzato, M.M. & Henry-Silva, G.G. 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S.M & Bini, L.M. (eds.) Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. EDUEM, Maringá. p.59-83.
- Carvalho, F.T., Galo, M.L.B.T., Velini, E.D. & Martins, D. 2003. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Barra Bonita, no rio Tietê. Planta Daninha, 21:43-52.

- De Fellipo, R. 2003. Colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa – Goiás. In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. (eds.). *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. EDUEM, Maringá. p.281-297.
- Esteves, F.A. 1998. *Fundamentos de Limnologia*. 2^o ed. Interciência, Rio de Janeiro. 575p.
- Giné, M.F., Bergamin, F., Zagatto, E.A.G. & Reis, B.F. 1980. Simultaneous determination of nitrate and nitrite by flow injection analysis. *Anal. Chim. Acta*, 114:191-197.
- Junk, W. & Williams, H. 1984. Ecology of aquatic macrophytes in Amazônia. In: Sioli, H. (ed). *The Amazon: Limnology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht: p.269-293.
- Junk, W.J. & Melo, J.A.S.N. 1990. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. *Estudos avançados*, 4:126-143.
- Lansac-Tôha, F.M.: Velho, L.F.M. & Bonecker, C.C. 2003 Influence de macrófitas aquáticas sobre a estrutura da comunidade zooplancônica. In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. (eds.) *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. EDUEM, Maringá. p.231-242.
- Mackereth, F.Y.H., Heron, J.G. & Talling, J.J. 1978. Water analysis some revised methods for limnologist. *Freshw. Biol. Assoc.*, 36:1-120.
- Marcondes, D.A.S., Mustafá, A.L., Tanaka, R.H., Martins, D., Velini, E.D., & Pitelli, R.A. 2000. Studies form aquatic plant management in hydro electrical lakes in Brazil. In: *Annual Meeting of Aquatic Plant Management*. 40:05-10.
- McCune, B. & Mefford, M.J. 1997. *Multivariate analysis of ecological data*. Version 3.15 MJM software Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Paiva, M.P. 1982. *Grandes Represas do Brasil*. Editerra, Brasília. 292p.
- Pelicice, F.M., Agostinho, A.A. & Thomaz, S.M. 2005. Fish Assemblages Associated With *Egeria* in a Tropical Reservoir: Investigating the Effects of Plant Biomass and Diel Period. *Acta Oecologica*, 27:9-16.

- Pitelle, R.A. 2006. Abordagens multivariadas no estudo da dinâmica de comunidades de macrófitas aquáticas. Botucatu, UNESP, 60p (Master Thesis).
- Pitelli, R.A. 1998. Macrófitas Aquáticas do Brasil, na condição de problema. In: Workshop Controle de Plantas Aquáticas. Brasília. Resumos, Brasília: IBAMA. 19.
- Pott, V.J. & Pott, A. 2000. Plantas aquáticas do pantanal. Embrapa, Brasília. 404p.
- Ribeiro, M.C.L.B., Petrere, M. & Juras, A.A. 1995. Ecological integrity and fisheries ecology of the Araguaia-Tocantins Basin, Brazil. *Regulated Rivers: Resear. & Manag.*, 2:325-335.
- Riis, T. & Biggs, B.J.F. 2003. Hydrologic and hydraulic control of macrophyte establishment and performance in streams. *Limnol. Oceanogr.*, 48:1488–1497.
- Ruzicka, J. & Stewart, J.W.B. 1975. Flow injection analysis. Part. II. Ultrast determination of phosphorus in plant material by continuous flow spectrophotometry. *Anal. Chim. Acta*, 79
- Sharma, B.M. & Edem, E.S. 1991. Ecophysiological studies on water hyacinth in the Nigerian waters. *Arch. Hidrobiol.*, 38:381-395.
- Sousa, W.P. 1984. The role of disturbance in natural communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 15:353-391.
- Stewart, J.W.B., Ruzicka, J., Bergamin F.H. & Zagatto, E.A.G. 1976. Flow injection analysis. Part III. Comparison of continuous flow spectrophotometry and potentiometry for the rapid determination of the total nitrogen content in plant digests. *Anal. Chim. Acta*, 81:371-386.
- Takeda, A.M., Souza-Franco, G.M., Melo, S.M. & Monkolski, A. 2003. Invertebrados associados as macrófitas aquáticas da planície de inundação do alto rio Paraná (Brasil). In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. (eds.) *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. EDUEM, Maringá. p.243-260.
- Thomaz, S.M. & Bini, L.M. 1998. Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios. *Acta Limnol. Bras.*, 10:103-116.

Thomaz, S.M. & Bini, L.M. 2003. 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.

Thomaz, S.M., Souza, D.C. & Bini, L.M. 2003. Species richness and beta diversity of aquatic macrophytes in a large subtropical reservoir (Itaipu Reservoir, Brazil): the limnology and morphometry. *Hydrobiologia*, 505:119-128.

Thomaz, S.M., Bini, L.M. & Pagioro, T.A. 2004. Métodos em Limnologia: Macrófitas Aquáticas. In: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. Amostragem em Limnologia. Rima, São Carlos. p.193-210.

Urbanc-Bercic, O. & Gaberscik, A. 1989. The influence of temperature and light intensity on activity of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.). *Aquat. Bot.*, 35:403-408.

Velini, E.D. 1998. Controle mecânico de plantas daninhas. In: Workshop sobre controle de plantas aquáticas. Brasília. Resumos, Brasília, DF. IBAMA. p.32-35.

Vilarrubia, T.V. & Cova, M. 1993. Estudio sobre la distribución y ecología de macrófitos acuáticos em el embalse de Guri. *Interciência* 18:77-82. URL: <http://www.interciencia.org.ve>. Acesso em 27 out. 2006.

Welcomme, R. L. 1979. The fisheries ecology of floodplain rivers. Longman, London. 317p.

Wetzel, R.G. & Likens, G.E. 1991. Limnological analyses. Spring-Verlag, New York.

Temporal variation in the biomass of *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Lye (Cyperaceae) and *Salvinia auriculata* Aubl. (Salviniaceae) in the Lajeado Reservoir, Tocantins, Brazil.

Lolis, S.F.¹; Thomaz, S. M.²
E-emails: slolis@uft.edu.br; smthomaz@gmail.com

Variação temporal da biomassa de *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Lye (Cyperaceae) e *Salvinia auriculata* Aubl. (Salviniaceae) no reservatório Luis Eduardo Magalhães – TO – Brasil.

Resumo

O presente trabalho avaliou a variação espacial e temporal da biomassa de *Oxycaryum cubense* e *Salvinia auriculata* e algumas variáveis abióticas no reservatório Luis Eduardo Magalhães, localizado no limite entre o alto e médio rio Tocantins. Realizaram-se coletas mensais no período de março de 2005 a fevereiro de 2006 em quatro pontos localizados próximos ao Município de Porto Nacional. As amostras para biomassa foram coletadas com auxílio de um quadrado 0,5 x 0,5 m, com cinco repetições para cada espécie. O material coletado foi separado por espécie e lavado para remoção de detritos orgânicos, perifíton e partículas inorgânicas associadas. As variáveis abióticas mensuradas foram transparência da água, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água e fósforo e nitrogênio total da água e do sedimento. Os dados referentes à temperatura do ar, precipitação e cota altimétrica foram obtidos da estação localizada próximo a barragem no Município de Lajeado – TO. Teste ANOVA One-Way foi empregado para avaliar separadamente o efeito do período e ponto de amostragem sobre as variáveis abióticas e bióticas. Foi aplicado o teste a post-hoc de *Tukey*, quando houveram diferenças significativas entre as variáveis analisadas ($p < 0,05$), e correlação de Spearman para verificar a existência de correlação entre biomassa e as variáveis abióticas. Os valores de biomassa de *O. cubense* e *S. auriculata* diferiram significativamente entre os pontos de amostragem. A variação temporal da biomassa foi significativamente diferente apenas *S. auriculata*, porém, não foi possível identificar um padrão claro ao longo do ano. Esses resultados provavelmente estão relacionados à relativa estabilidade climática da região e à pequena oscilação do nível de água no reservatório. As variáveis abióticas consideradas para esse estudo apresentaram poucos efeitos diretos sobre a biomassa. Provavelmente outros fatores não considerados no presente estudo, como por exemplo, a competição por espaço e recursos sejam importantes na determinação da pequena variação temporal observada.

Palavras chave – Biomassa, *Oxycaryum cubense*, *Salvinia auriculata*, Reservatório Lajeado, Tocantins.

Abstract

The present study evaluated the spatial-temporal variation in the biomass of *Oxycaryum cubense* and *Salvinia auriculata* and some abiotic variables in the Lajeado Reservoir situated at the borderline between upper and lower Tocantins River. Monthly samples were collected from March/2005 thorough April/2006 at four sites located near the town of Porto Nacional. The samples for biomass analysis were collected by using a 0.5 x 0.5m quadrat and five replications were made for each species. The collected material was separated by species, then washed off for organic debris, periphyton and associated inorganic particles elimination. The measured abiotic variables were water transparency, electrical conductivity, pH, dissolved oxygen, water temperature and total phosphorus and nitrogen content of water and sediment. Data about air temperature, rainfall and altitude were obtained from a meteorological station situated near the dam in Lajeado County, Tocantins. One-way ANOVA was used to evaluate the effects of sampling time and site on the biotic and abiotic variables. The Tukey pos-hoc ($P < 0,05$), and the Spearman correlation to verify if there was a positive relationship between biomass and the abiotic variables. The biomass values for *O. cubense* and *S. auriculata* differed significantly between the sampling sites. A significant temporal variation in biomass was only detected for *S. auriculata*. However, it was not possible to identify a clear pattern along the year. These results are probably related to a relative climatic stability of the region and to a small oscillation of the water level of the reservoir. None of the abiotic variables analyzed in the present study caused direct effects on the biomass. Probably, other factors not considered in this study, as competition for space and resources for example, are more important in the determination of the small temporal variation observed.

Key words – Biomass, *Oxycaryum cubense*, *Salvinia auriculata*, Lajeado Reservoir, Tocantins.

Introdução

As macrófitas aquáticas habitam os mais variados ambientes, desde solos saturados em água até sedimentos permanentemente submersos. Esses vegetais tiveram origem terrestre, mas ao longo de sua evolução sofreram adaptações para colonizar o ambiente aquático, existindo, atualmente, diferentes grupos ecológicos. Dentre os grupos, as plantas podem ser agrupadas em submersas enraizadas, emergentes, submersas enraizada com folhas flutuantes, além de flutuantes e submersas livres (Bianchini Jr. et al., 2002; Camargo et al., 2003a).

As macrófitas aquáticas caracterizam-se pelas elevadas taxas de produção primária, e considerando que a maior parte da biomassa produzida por essas plantas não é consumida por herbívoros, essas constituem importantes fontes de detritos para os corpos aquáticos (Kuehn et al., 1999).

Em ambientes aquáticos tropicais, o crescimento de macrófitas aquáticas ocorre continuamente ao longo do ano devido às condições climáticas relativamente constantes e favoráveis (Neiff, 1990; Nogueira & Esteves, 1990; Junk & Piedade, 1993; Moschini-Carlos et al., 1993; Camargo & Esteves, 1996). Ao contrário das regiões temperadas, as diferenças sazonais de temperatura e fotoperíodo são menos acentuadas nos trópicos, onde se destaca a importância do nível hidrométrico como mediador do crescimento, reprodução e morte de macrófitas (Penha et al., 1999; Pompêo et al., 2001), sendo que essa variação pode determinar variações sazonais conspícuas nas taxas de crescimento de macrófitas aquáticas, mesmo em regiões tropicais (Camargo & Esteves, 1995). Uma das questões mais frequentes no estudo dessas plantas é estabelecer quais fatores determinam seu crescimento (Camargo et al., 2003a).

A colonização das macrófitas aquáticas está relacionada principalmente com a luminosidade, temperatura, disponibilidade de nutrientes, pH, alcalinidade, salinidade, velocidade de corrente e oscilações no nível de água, sendo que tais variáveis atuam em

conjunto sobre a população ou sobre o indivíduo (Henry-Silva & Camargo, 2005; Murphy, 2002).

Camargo et al. (2003a) avaliaram taxas de crescimento de macrófitas em experimentos *in situ* e em laboratório, e demonstraram que taxas mais elevadas de crescimento ocorrem em águas com altas concentrações de nutrientes. Embora prolifere em ambientes com altas concentrações de nitrogênio e fósforo, a obtenção de nutrientes pode ser distinta entre os grupos ecológicos. Plantas flutuantes, por exemplo, freqüentemente ocorrem em ambientes eutrofizados, apresentando altos valores de biomassa e cobrindo extensas áreas. Por outro lado, para plantas enraizadas a principal fonte de nitrogênio e fósforo é o sedimento, o que faz com que as mesmas se desenvolvam mesmo em locais pobres em nutrientes na água (Camargo et al., 2003b).

No presente estudo, desenvolvido no reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (Lajeado), avaliou-se a dinâmica temporal da biomassa de duas espécies que colonizam amplamente o reservatório, no caso *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Lye e *Salvinia auriculata* Aubl. Por pertencem a grupos ecológicos muito diferentes, sendo a primeira epífita e segunda flutuante livre, espera-se que fatores distintos determinem sua abundância no reservatório. Dessa forma, variáveis abióticas da água e do sedimento também foram analisadas com o intuito de investigar seu efeito sobre a dinâmica da biomassa das duas espécies.

Material e Métodos

Área de Estudo

O reservatório Luís Eduardo Magalhães está localizado na bacia do rio Tocantins. Esta bacia possui uma área de drenagem de 767.000 Km² e situa-se entre 2° e 18° S; 46° e 55° O. A bacia se encontra totalmente localizada em território brasileiro, com a maioria dos afluentes de baixo volume hídrico na estação seca, sem grandes áreas marginais inundáveis e com

formação de enchentes de resposta rápida (Welcomme, 1979). O rio Tocantins tem seu curso no sentido sul-norte, sendo formado pela conjunção dos rios Paranã e Maranhão, cujas nascentes ocorrem no Planalto de Goiás, abrangendo os estados de Goiás, Tocantins, Maranhão e Pará, onde deságua próximo ao estuário do rio Amazonas (Paiva, 1982).

O reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães está localizado no limite entre o alto e médio rio Tocantins (Paiva, 1982), entre os municípios de Miracema do Tocantins e Brejinho de Nazaré. O corpo de água apresenta extensão de 172 Km, área de 626 Km², área de drenagem 184.219 Km², nível a montante de 212 m e a jusante de 175,80 m. O reservatório foi concluído em outubro de 2000 e o enchimento completou-se em fevereiro 2001. A UHE Luís Eduardo Magalhães opera a fio d'água e a oscilação do nível está relacionada à operação da própria usina e de outros empreendimentos localizado a montante.

As características climáticas da região são bem definidas, com um período chuvoso que se estende de outubro a abril, e um seco que se estende de maio a setembro, com as menores precipitações registradas em setembro (Ribeiro et al., 1995).

Nos primeiros anos de formação do reservatório, extensas áreas foram cobertas por *Oxycaryum cubense* (Poepp. & Kunth) Lye e *Salvinia auriculata* Aubl. A primeira espécie no início do seu desenvolvimento é uma epífita colonizando principalmente espécies flutuantes, tais como *Eichhornia azurea*, *Salvinia auriculata* e *Pistia stratiotes*, até tornar-se dominante. O desenvolvimento de bancos flutuantes dessas espécies pode provocar a exclusão de espécies submersas devido ao sombreamento (Pott & Pott 2000). Como dito, *S. auriculata* é uma espécie flutuante livre, que possui algumas características ecológicas que podem explicar seu sucesso na colonização: i) plasticidade morfológica; ii) rápida propagação vegetativa; iii) alta taxa de crescimento; iv) fácil dispersão por fragmentos de planta pela ação do vento, correnteza, ondas ou mesmo embarcações (Kissmann, 1997).

Levantamento dos dados

Os dados abióticos e de biomassa de *O. cubense* e *S. auriculata* foram obtidos mensalmente no período de março/2005 a fevereiro/2006, em quatro pontos de amostragem selecionadas aleatoriamente na região litorânea do reservatório, próximo à cidade de Porto Nacional (TO) (Fig. 1). A posição geográfica desses pontos foi demarcada com aparelho GPS (*Global Position System*).

Os locais selecionados apresentavam fisionomias semelhantes, porém não eram homogêneos. Espécies submersas fixas como *Bulbostyles* sp. e *Chara* sp., submersa livre *Utricularia foliosa*, e emergentes *Pontedeira parviflora*, *Echinodorus longipetalus* e *Sargittaria indica* foram abundantes nos locais. Os pontos P1, P2 e P4 localizam-se em áreas com reduzida declividade e relativamente protegidos do vento. No ponto P3, o terreno era plano e exposto à ação do vento.

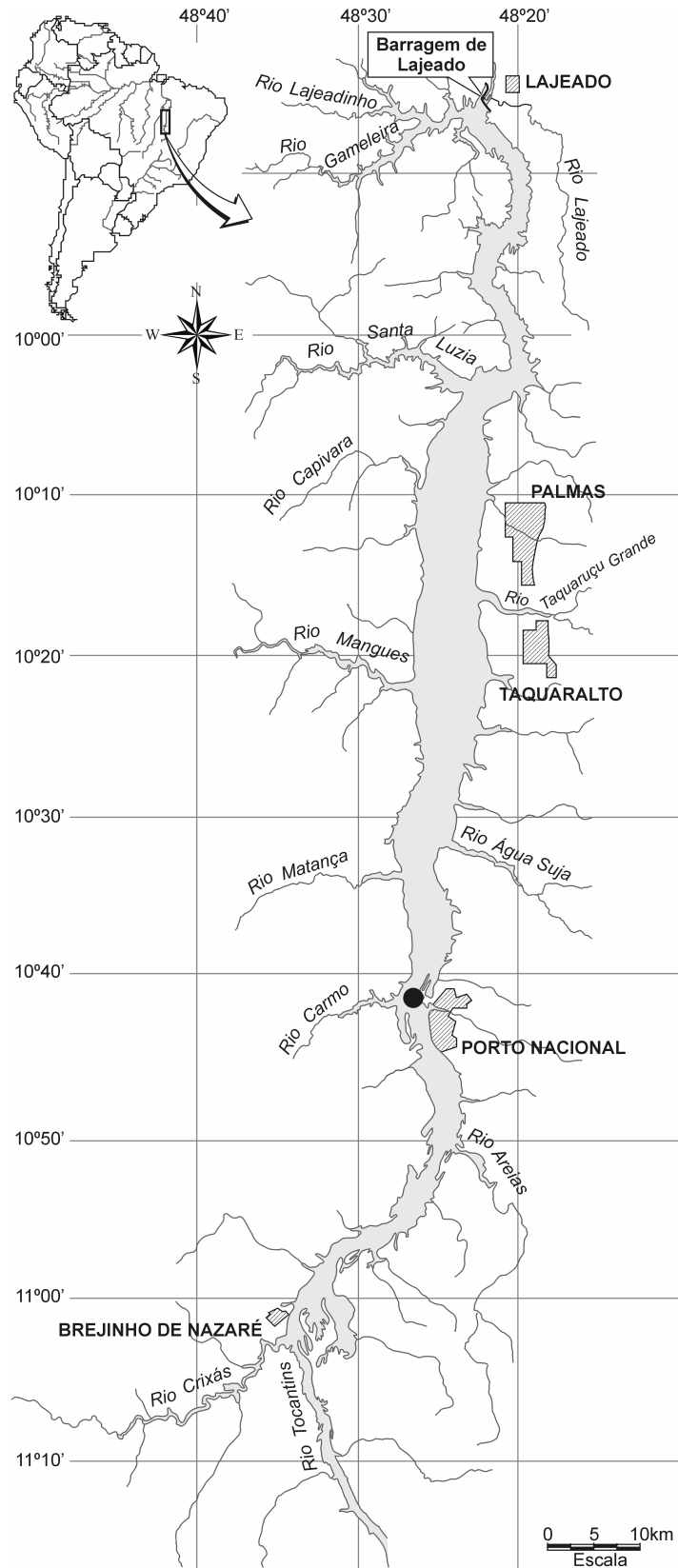


Figura 1. Reservatório de Lajeado, rio Tocantins, e indicação da área em que os bancos foram monitorados (●).

Variáveis abióticas

O monitoramento dos fatores abióticos teve como objetivo a caracterização dos locais amostrados quanto à qualidade da água e do sedimento, e a caracterização dos possíveis fatores influenciando o desenvolvimento das macrófitas aquáticas. As variáveis selecionadas foram: transparência da água (disco de Secchi m), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e pH (medidor digital marca Digimed), oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura ($^{\circ}\text{C}$) (medidor digital marca YSI corporated Modelo 550A). Todas as variáveis foram mensuradas no momento da coleta de biomassa. Além destas, outras variáveis ambientais também foram medidas. A alcalinidade total foi determinada através de titulação Gran (Carmouze, 1994). Amostras de água foram coletadas com garrafa de Van Dorn à sub-superfície e congeladas, para determinação em laboratório das concentrações nitrogênio total através do método de digestão com persulfato de potássio (APHA 1989) e leitura em espectrofotômetro acoplado a um sistema de injeção de fluxo - FIA (Giné et al., 1980) e o fósforo total (Mackereth et al., 1978). Amostras de sedimento foram obtidas com auxílio de draga tipo Petersen modificado e congeladas no mesmo dia. Posteriormente, a porcentagem de matéria orgânica foi determinada por gravimetria, após incineração em mufla a 550°C (Wetzel & Likens, 1991). As concentrações de fósforo e nitrogênio totais no sedimento foram estimadas através do método de digestão sulfúrica (Ruzicka & Stewart, 1975; Stewart et al., 1976).

Os dados referentes à temperatura do ar, precipitação e cota altimétrica do reservatório, foram obtidos na estação localizada próximo à barragem no município de Lajeado (TO), e cedidos pela INVESTCO S.A. A cota altimétrica do reservatório foi medida diariamente e, para a temperatura do ar e precipitação, as medições foram realizadas diariamente com intervalo de trinta minutos. Para as análises de correlação são apresentadas as médias diárias de 15 dias que antecederam a coleta. Esse procedimento teve como objetivo

considerar a ocorrência de uma defasagem temporal entre os fatores acima descritos e a sua influência sobre a biomassa de *S. auriculata* e *O. cubense*.

Biomassa

Amostras de biomassa de *O. cubense* e *S. auriculata* foram coletadas com um quadrado de 0,5 X 0,5 m (área de 0,25 m²). Em cada banco foram realizadas cinco repetições ao acaso, coletando-se todo material contido dentro dos quadrados.

O material coletado foi separado por espécie e limpo através de sucessivas lavagens para remoção de detritos orgânicos, perifíton e partículas orgânicas/inorgânicas associadas. A biomassa das espécies foi determinada após secagem em estufa a 105°C até peso seco constante e expressa em g PS m⁻² (Wetzel & Likens, 1991).

Análise dos dados

Análises de variância uni-fatoriais (ANOVA one-way) foram empregadas com o objetivo de testar separadamente o efeito do período (meses) e pontos (P1, P2, P3 e P4) sobre as variáveis abióticas e biomassa de *O. cubenses* e *S. auriculata*. Para determinar diferenças entre médias, o teste *post-hoc* de *Tukey* foi aplicado quando houve diferenças estatísticas entre as variáveis analisadas ($p < 0,05$).

Correlações de Spearman foram utilizadas para investigar a relação entre os dados abióticos e variações na biomassa das espécies. Os testes estatísticos foram executados através do programa STATISTICA v.6.0.

Resultados

Variáveis abióticas

A temperatura média do ar durante o período de coleta foi de 27°C , com menor valor em fevereiro ($23,5^{\circ}\text{C}$) e maior em setembro (32°C) (Fig. 2A). Os maiores valores de precipitação pluviométrica foram registrados nos meses de março a maio de 2005 e janeiro de 2006. No período de junho a novembro a chuva foi ausente (Fig. 2B). Em geral, os maiores níveis de precipitação ocorreram nos meses de menor temperatura (Figs. 2A e B). A cota altimétrica do reservatório permaneceu relativamente constante durante o período de amostragem, oscilando, em geral, menos de 0,5 m no período (Fig. 2C).

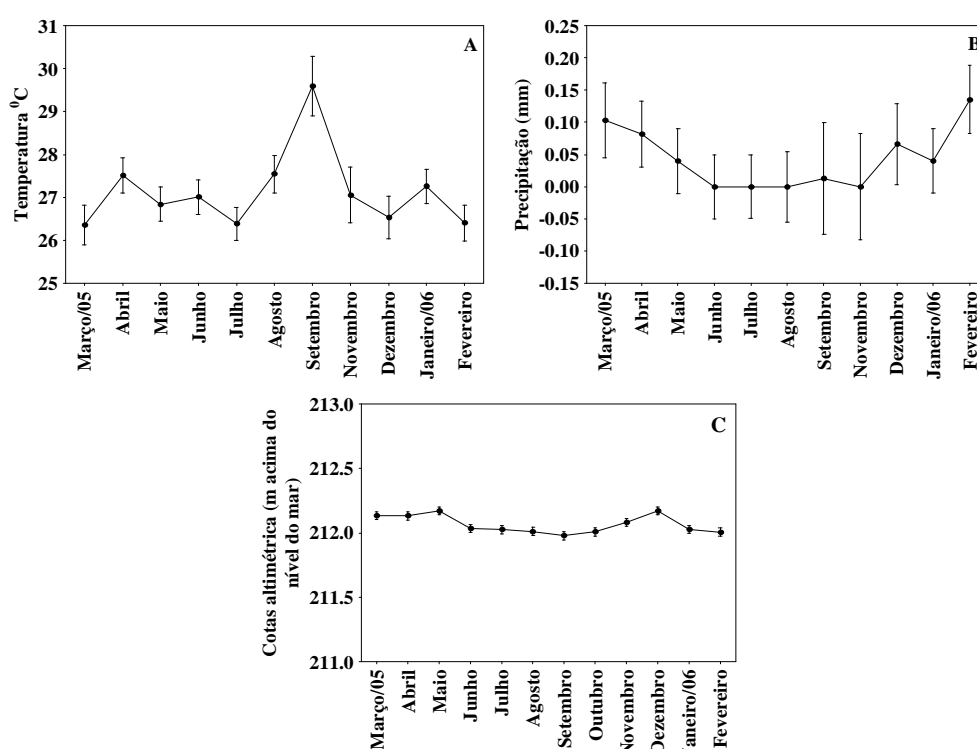


Figura 2. Valores médios mensais e desvio padrão para temperatura do ar (A), precipitação (B) e cota altimétrica do reservatório (C).

Na tabela I são apresentados os valores médios, mínimos, máximos e desvios padrões das variáveis abióticas para os quatro pontos de coleta. Uma inspeção dos dados demonstra que a alcalinidade, nitrogênio e fósforo total do sedimento apresentaram as maiores amplitudes de variação nos pontos P1 e P2. Para este último, a concentração de fósforo total da água também apresentou amplitude de variação elevada. Nos pontos P3 e P4, a

alcalinidade, nitrogênio e fósforo total da água também mostraram uma elevada amplitude de variação.

Tabela I. Estatística descritiva das variáveis abióticas obtidas em quatro pontos de coleta no período de março/05 a fevereiro/06 no reservatório Luís Eduardo Magalhães – Lajeado. Méd= médio; Mín= mínimo; Máx= máximo e DP= desvio padrão.

Variáveis	P1				P2				P3				P4			
	Méd.	Mín.	Máx.	DP	Méd.	Mín.	Máx.	DP	Méd.	Mín.	Máx.	DP	Méd.	Mín.	Máx.	DP
Transparência (m)	0,61	0,30	1,00	0,22	0,61	0,28	1,00	0,22	0,69	0,30	1,15	0,28	0,65	0,30	1,00	0,23
Condutividade elétrica (µS/cm)	78,38	65,70	90,50	7,09	77,59	59,10	92,60	8,90	73,09	45,80	91,70	13,73	74,17	60,50	85,20	8,12
Alcalinidade µEq/L	810,72	603,30	1026,00	133,48	846,56	708,00	933,00	80,79	773,58	508,00	931,60	150,75	788,25	609,30	912,30	81,07
pH	7,30	6,67	7,73	0,36	7,47	6,60	7,91	0,36	7,59	6,70	8,59	0,60	7,67	7,05	8,85	0,50
Temperatura da água (°C)	27,55	21,70	30,50	2,27	27,96	25,90	29,50	1,37	29,10	26,40	30,90	1,40	30,26	27,50	39,00	3,05
Oxigênio dissolvido (mg/L)	5,68	3,76	6,76	0,80	6,42	5,30	7,80	0,73	6,55	3,67	8,98	1,41	7,35	6,37	8,59	0,63
Nitrogênio total da água (µg/L)	241,43	180,57	417,65	68,49	299,54	181,42	497,60	97,36	331,33	184,37	775,99	174,75	281,27	166,29	521,27	114,49
Fósforo total da água (µg/L)	19,13	11,61	30,34	4,87	25,62	8,10	50,97	9,82	22,33	9,54	53,12	13,32	21,61	9,22	33,72	7,54
Nitrogênio total do sedimento (µgN/gPS)	8,93	2,81	22,66	6,06	13,55	0,60	22,85	5,85	21,77	0,34	70,82	20,53	13,45	0,88	31,24	10,34
Fósforo total do sedimento (µgP/gPS)	1,16	0,35	2,58	0,59	1,51	0,74	3,32	0,77	1,65	0,76	0,34	0,68	1,16	0,16	2,89	0,86
Matéria orgânica (%)	1,39	0,80	2,43	0,56	2,62	1,64	3,67	0,57	2,34	0,65	4,83	1,02	1,53	0,65	3,18	0,79

No geral, para todas as variáveis abióticas, não houve muita variação nos valores entre os 4 pontos de coleta (Fig. 3). Além disso, com exceção da transparência, as demais variáveis abióticas não demonstraram um padrão claro de variação sazonal (Fig. 3).

Os valores de transparência oscilaram entre 0,28 m (período de chuva) e 1,15 m (período de seca), sendo os menores valores medidos em março, junho a agosto e em dezembro (Fig. 3A). Os maiores valores de condutividade elétrica foram medidos em agosto (período de seca), enquanto os menores valores foram registrados em março (período de chuva) (Fig. 3B). A diminuição dos valores da condutividade coincidiu com a redução da transparência no mês de dezembro. Os valores de alcalinidade variaram entre 508 µEq./L e 1026 µEq./L e, de uma forma geral, essa variável não mostrou nenhum padrão sazonal (Fig. 3C). Os maiores valores de pH foram registrados em fevereiro e os menores em junho, oscilaram entre 6,60 e 8,85 (Fig. 3D). Os valores da temperatura da água oscilaram entre 21,7°C e 39°C (Fig. 3E) e as concentrações de oxigênio dissolvido entre 3,67 mg/L e 8,98 mg/L (Fig. 3F).

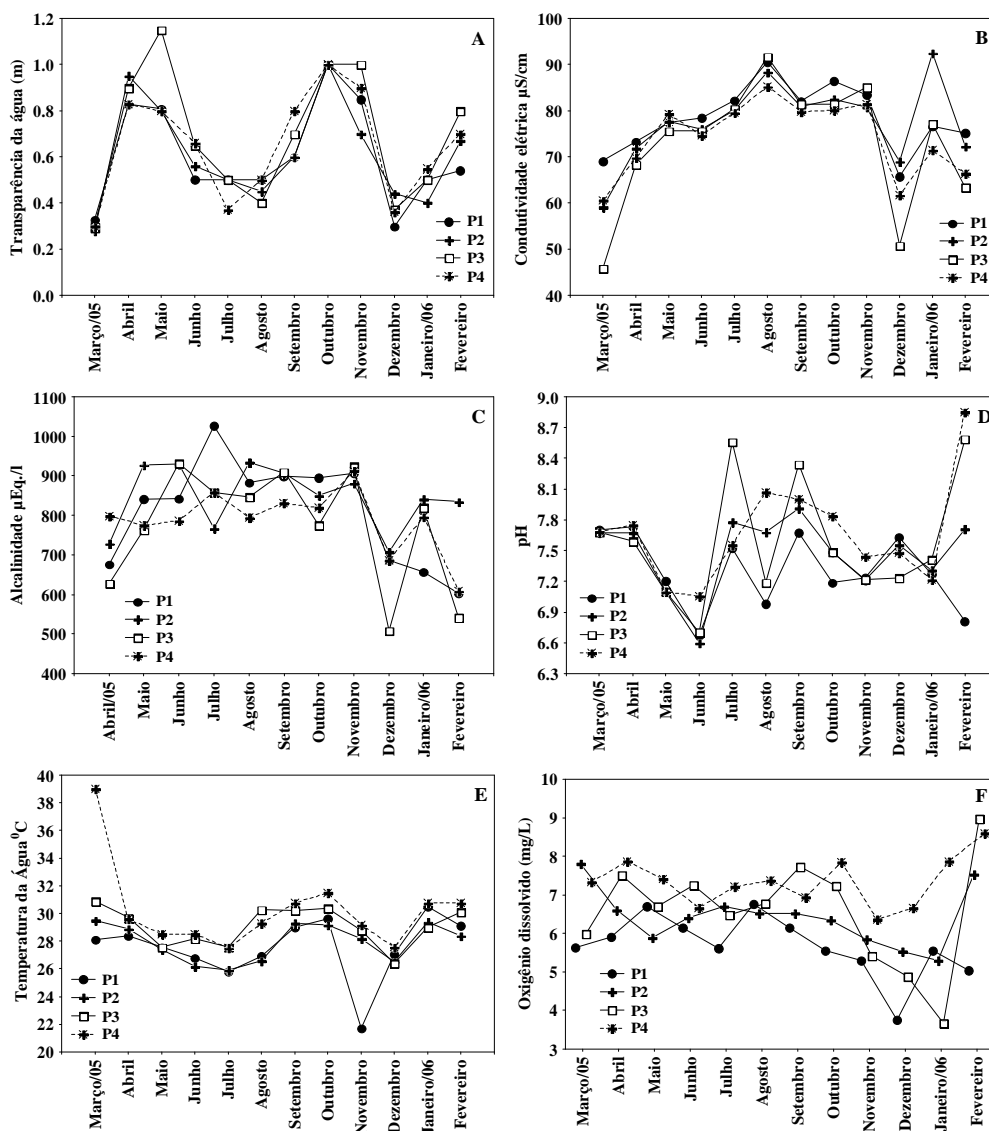


Figura 3. Variação mensal das variáveis abióticas: transparência (A); condutividade elétrica (B); alcalinidade (C); pH (D); temperatura da água (E); oxigênio dissolvido (F).

A concentração de nitrogênio total da água oscilou de 166 mg/L a 776 mg/L, porém não apresentou diferença significativa entre os pontos de amostragem ($F_{(3, 43)}=1,15$; $P=0,33$) (Fig. 4A). No entanto, no que diz respeito ao período de amostragem, houve tendência de aumento na concentração de nitrogênio entre agosto e janeiro. No caso, janeiro foi o mês em que ocorreu a maior concentração, diferindo significativamente dos meses de abril e maio ($F_{(11, 35)}=3,51$; $P=0,002$) (Fig. 4B). A concentração de fósforo total na coluna de água oscilou entre 8,1 µg/L e 53,1 µg/L. Esta variável também não mostrou diferença significativa entre os pontos de amostragem ($F_{(3, 44)}=0,99$; $P=0,40$) (Fig. 4C). Houve uma sutil tendência de

aumento na concentração de fósforo entre agosto e janeiro, com o maior valor registrado em janeiro e o menor em abril, os quais não diferiram significativamente ($F_{(11, 36)}=1,93$; $P=0,06$) (Fig. 4D).

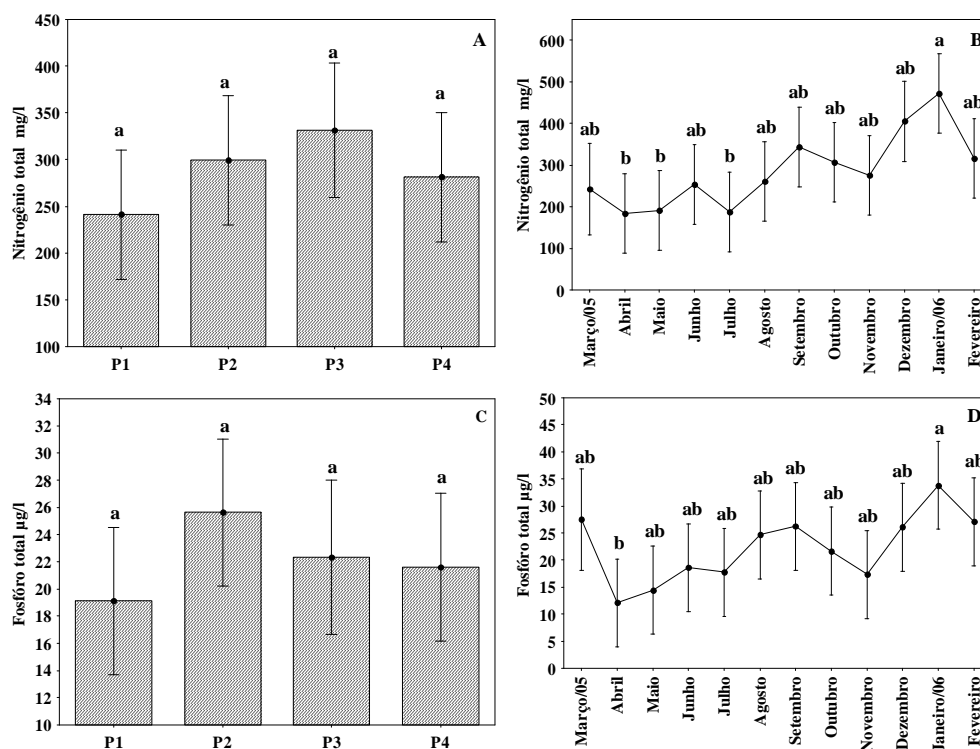


Figura 4. Valores médios e desvio padrão da concentração de nitrogênio (A) e fósforo total (C) na coluna de água entre os pontos de coleta, e a variação na concentração de nitrogênio (B) e fósforo (D) ao longo dos meses. Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas (Tukey; $p>0,05$).

A concentração de nitrogênio total presente no sedimento oscilou entre $0,35 \mu\text{gN/GPS}$ e $70,83 \mu\text{gN/GPS}$. Apenas o ponto P3 diferiu significativamente dos demais ($F_{(3, 43)}=2,96$; $P=0,04$) (Fig. 5A). A concentração de fósforo total não diferiu significativamente entre os pontos de coleta ($F_{(3, 43)}=1,35$; $P=0,27$), variando entre $0,16 \mu\text{gP/GPS}$ e $3,32 \mu\text{gN/GPS}$ (Fig. 5C). Quanto às diferenças temporais na concentração de nutrientes no sedimento, não houve diferenças significativas para o nitrogênio total ($F_{(11, 35)}=1,12$; $P=0,37$) nem para o fósforo total ($F_{(11, 35)}=1,94$; $P=0,67$) (Fig. 5B e D).

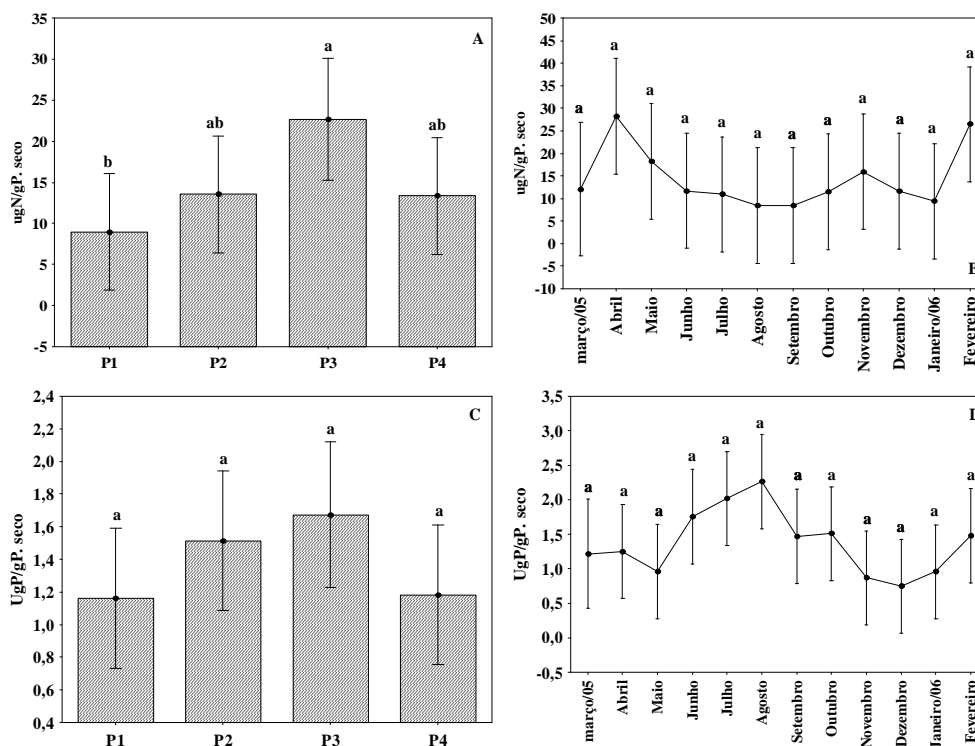


Figura 5. Valores médios e desvio padrão da concentração de nitrogênio (A) e fósforo total (C) no sedimento entre os pontos de coleta, e a variação na concentração de nitrogênio (B) e fósforo (D) ao longo dos meses. Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas (Tukey; $p>0.05$).

A fração de matéria orgânica do sedimento oscilou entre 0,65% e 4,83%. O ponto de amostragem P1 tendeu a apresentar menores valores, enquanto que P2 apresentou valores mais altos ($F_{(3, 44)}=4,05$; $P=0,007$) (Fig. 6A). No entanto, a variação sazonal de matéria orgânica não apresentou diferença significativa ($F_{(11, 36)}=0,70$; $P=0,96$) (Fig. 6B).

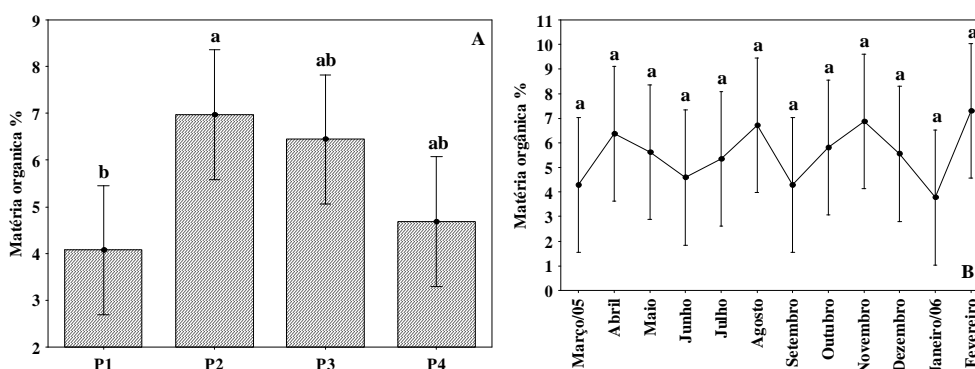


Figura 6- Valores médios e desvio padrão da porcentagem de matéria orgânica no sedimento, entre os pontos de coleta (A) e ao longo dos meses (B). Letras iguais indicam ausência de

diferenças significativas (Tukey; $p > 0.05$).

Biomassa

Os valores máximos de biomassa de *O. cubense* oscilaram entre 21,05 gPS/m² (média= 6,05 gPS/m²; DP= 7,44) em P3, e 118,03 gPS/m² (média= 72,63 gPS/m²; DP= 22,84) em P1 (Tab. II). Os valores de biomassa diferiram significativamente entre os pontos de amostragem ($F_{(3, 236)}=57,91$; $P=0,001$) (Fig. 7A), com menores valores em P3 e P4 (Tukey; $p < 0,05$). No entanto, não houve diferença entre os meses de coleta ($F_{(11, 228)}=1,44$; $P=1,44$) (Fig. 7B).

Os valores de biomassa de *S. auriculata* também diferiram significativamente entre os pontos de amostragem ($F_{(3, 236)}=15,01$; $P=0,001$), com maiores médias em P3 e P4 (Fig. 7C). Os valores máximos observados oscilaram entre 28,63 gPS/m² (média = 12,50 gPS/m²; DP= 8,75) em P1, e 76,36 gPS/m² (média = 27,16 gPS /m²; DP= 25,10) em P3 (Tab. II). A variação temporal na biomassa de *S. auriculata* apresentou diferenças significativas ($F_{(11, 228)}=3,52$; $P=0,001$), com sutil tendência de declínio entre junho e fevereiro (Fig. 7D).

Tabela II. Biomassa de *O. cubense* e *S. auriculata* em quatro pontos de coleta no reservatório Luís Eduardo Magalhães – Lajeado. Méd= médio; Mín= mínimo; Máx= máximo e DP= desvio padrão.

	P1		P2		P3		P4	
	<i>S. auriculata</i>	<i>O. cubenses</i>	<i>S. auriculata</i>	<i>O. cubenses</i>	<i>S. auriculata</i>	<i>O. cubenses</i>	<i>S. auriculata</i>	<i>O. cubenses</i>
Médio	12.49	72.63	7.63	65.31	27.16	6.05	25.99	38.43
Mínimo	3.49	46.24	0.00	34.63	0.00	0.00	10.69	8.42
Máximo	28.63	118.03	32.73	105.64	76.36	21.05	58.99	62.64
DP	8.75	22.84	10.12	25.48	25.11	7.44	13.01	15.89

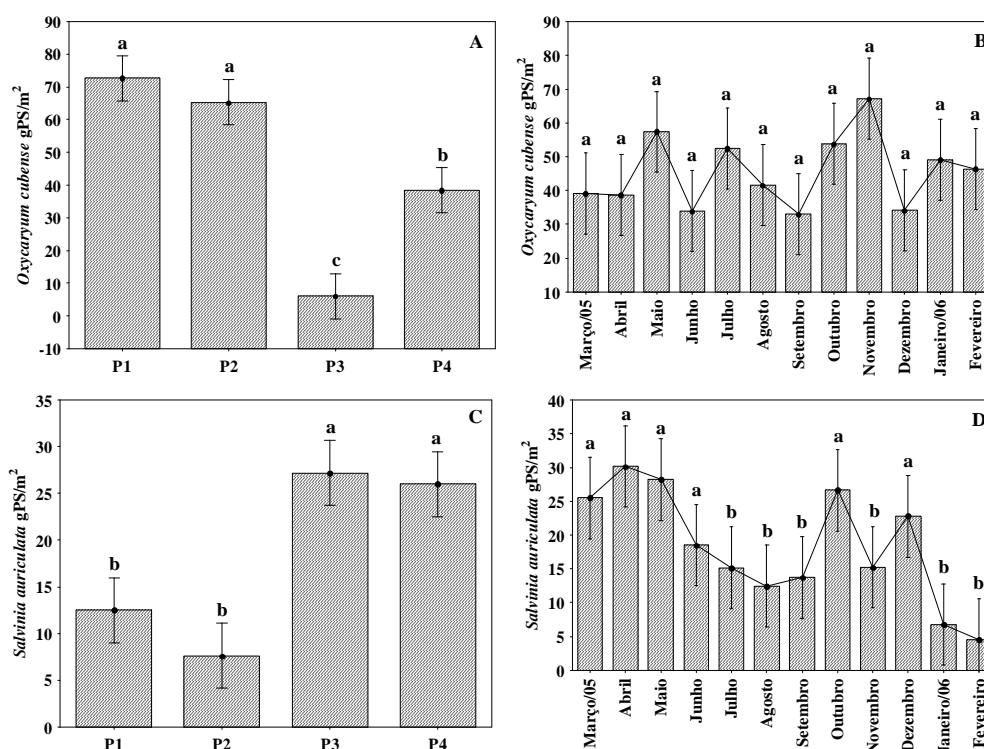


Figura 7. Valores médios e desvio padrão na biomassa de *O. cubense* (A) e *S. auriculata* (C) entre os pontos de coleta, e variação na biomassa de *O. cubense* (B) e *S. auriculata* (D) ao longo dos meses. Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas (Tukey; $p > 0.05$).

Os resultados de correlação de Spearman demonstram que a biomassa de *O. cubense* foi correlacionada negativamente com oxigênio dissolvido, temperatura da água e concentração de fósforo total do sedimento. Por sua vez, *S. auriculata* foi correlacionada negativamente com alcalinidade, concentração de fósforo e nitrogênio total de coluna da água (Tab. III). Entre as variáveis consideradas para este estudo não houve nenhuma correlação positiva significativa. Por fim, vale destacar a correlação negativa observada entre as duas espécies de macrófitas (Tab. III).

Tabela III. Correlações de Spearman (R) entre a biomassa de *O. cubense* e *S. auriculata* e variáveis abióticas. Os resultados em negrito denotam correlações significativas ($P < 0,05$).

Variáveis	<i>O. cubenses</i>	<i>S. auriculata</i>
Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,26	-0,25
Sechhi (m)	0,00	0,12
Oxigênio dissolvido (mg/L)	-0,38	0,27
pH	-0,11	0,00
Temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$)	-0,33	0,19
Alcalinidade ($\mu\text{Eq}/\text{m}$)	0,05	-0,40
Fósforo total da água (mg/L)	0,03	-0,46
Nitrogênio total da água ($\mu\text{g}/\text{L}$)	-0,16	-0,37
Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	-0,15	-0,20
Fósforo total do sedimento ($\mu\text{gP}/\text{GPS}$)	-0,29	-0,01
Nitrogênio total do sedimento ($\mu\text{gN}/\text{GPS}$)	-0,15	-0,12
Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$)	-0,12	-0,08
Precipitação (mm)	-0,01	0,21
Cota altimétrica (m)	-0,04	0,17
<i>O. cubenses</i>		-0,47

Discussão

Os resultados evidenciaram que a biomassa de *O. cubense* e *S. auriculata* apresentou baixa variação espacial e temporal na região de estudo. A ausência de um padrão espacial e sazonal provavelmente está relacionada à relativa constância dos fatores climáticos, abióticos locais e à reduzida oscilação do nível de água no reservatório. O reservatório Lajeado está localizado na região Norte do país, onde a estação seca e chuvosa são bem definidas, porém, sem uma oscilação substancial de temperatura durante o ano. Segundo Henry-Silva & Camargo (2003), a uniformidade climática proporciona eventos contínuos de crescimento e morte, e um equilíbrio entre a produção e decomposição dessas espécies.

Estudos têm focado a influência da variação do nível da água sobre a biomassa de diferentes espécies. A oscilação do nível (pulsos de inundação) é considerada por Junk et al. (1989) como um importante fator determinante da biomassa de macrófitas aquáticas em regiões tropicais. Outros trabalhos também evidenciam o papel central da oscilação do nível

(Menezes et al., 1993; Bini, 1996; Santos & Esteves, 2004; Thomaz et al., 2006; Brian et al., 2007). No entanto, os pulsos de inundação ocorrem em planícies alagáveis, e são suprimidos quando um reservatório de grandes proporções é construído, caso de Lajeado. Oscilações dos níveis de água também podem ocorrer em reservatórios, mas sua dinâmica temporal difere substancialmente daquela esperada em condições naturais, pois a mesma é determinada pelas necessidades da operação do reservatório.

Diversos estudos sugerem a relação entre variações hidrométricas e a colonização de macrófitas. Henry-Silva & Camargo (2003) mostraram que a variação sazonal da biomassa de *Eichhornia azurea* não apresentou diferença significativa nas diferentes estações do ano no rio Itanhaém (SP). Menezes et al. (1993) relatam o efeito da variação artificial do nível de água sobre a biomassa e produtividade de *Nymphoides indica* e *Pontederia cordata*, sendo que o abaixamento do nível reduz a biomassa e a produtividade das espécies estudadas. O estudo conduzido por Bini (1996), na planície de inundação do rio Paraná, não encontrou relação entre nível da água e biomassa de *S. auriculata*. No entanto, esse mesmo autor observou efeitos do nível da água sobre a variação da biomassa de *E. azurea*. Thomaz et al. (2006) estudaram o efeito da oscilação do nível do reservatório de Itaipu para algumas espécies de macrófitas e verificaram que a queda do nível de água provocou uma redução na frequência de *E. najas*. Apesar do efeito negativo exercido em *E. najas* com a diminuição do nível do reservatório, essa mostrou habilidade de regeneração logo após a recuperação do nível do reservatório. No presente estudo, houve variação mínima do nível em Lajeado entre 2005 e 2006 (~0,5 m), em função do tipo de operação da usina (fio d'água). Esse evento está provavelmente associado à baixa variação sazonal de biomassa das espécies investigadas.

Todas as variáveis consideradas neste estudo, e que foram significativamente correlacionadas com a biomassa de *O. cubense* e *S. auriculata*, indicaram um relação negativa. As variáveis alcalinidade e condutividade elétrica são indicadoras da concentração

de carbono inorgânico (Bini, 2001). No período de amostragem, essas variáveis seguiram o mesmo padrão (Figs. 3B e C), o que era esperado em função do bicarbonato ser um dos principais íons em termos quantitativos nos ecossistemas aquáticos continentais. Os valores mais elevados de alcalinidade e condutividade ocorreram nos meses de seca, período esse que ocorre maior incidência de luz, conseqüentemente, maior taxa de fotossíntese (diurno) e respiração (noturno). Além disso, a presença de espécies submersas nas proximidades do banco provavelmente elevou esses valores. Para *S. auriculata*, foi observada uma relação negativa entre a alcalinidade e a biomassa. No entanto, essa relação provavelmente é espúria, pois essa planta utiliza o gás carbônico da atmosfera.

Bini et al. (1999) e Thomaz et al. (1999) ressaltam a importância da disponibilidade de nutrientes para ocorrência de macrófitas aquáticas. Os resultados obtidos neste estudo mostram uma relação negativa entre a biomassa *S. auriculata* e nitrogênio e fósforo total da coluna de água, e entre a biomassa de *O. cubense* e fósforo total contido no sedimento. As maiores concentrações de nutrientes na coluna de água foram registradas no período de chuva (dezembro a fevereiro), período em que foram registrados os menores valores de biomassa para *S. auriculata*. Petrucio & Esteves (2000) relatam que em condições experimentais, *E. crassipes* e *S. auriculata* se tornaram menos eficazes na absorção de fósforo e nitrogênio em elevadas concentrações, devido à saturação das plantas na absorção. Para *S. molesta*, Cary & Weerts (1983) relatam que altas concentrações de nitrogênio na água resultaram em um incremento na produtividade dessa espécie. Quando a concentração de fósforo era elevada, essa espécie não mostrou um aumento de biomassa. Assim, esses nutrientes, que limitam o desenvolvimento dessas espécies em vários outros ecossistemas aquáticos, aparentemente não sejam fatores relevantes para o desenvolvimento dessas espécies no reservatório em questão.

O aumento de material alóctone oriundo da região parece ser um fator importante para a elevação da concentração de nutrientes, o que coincide com o período chuvoso. Na

Amazônia brasileira espécies flutuantes livres, como *Eichhornia crassipes* e *S. auriculata*, colonizam preferencialmente habitats com maiores concentrações de nutrientes (Junk & Willians, 1984). Camargo & Biudes (2006), estudaram a influência de fatores limnológicos na ocorrência de *Pistia stratiotes* e *S. molesta*. Esses autores relatam a ocorrência de *S. molesta* em áreas com baixa concentração de fósforo. No entanto, a biomassa de *S. auriculata* no reservatório parece não ter como causa a disponibilidade de nutrientes, pois provavelmente outras variáveis não consideradas neste estudo, como por exemplo, o efeito do vento, herbivoria ou competição, afetam a biomassa dessa espécie. É importante ressaltar a ocorrência de uma defasagem temporal entre o aporte de nutrientes e a absorção e crescimento de macrófitas aquáticas.

Outro fator que pode ter influenciado na redução da biomassa de *S. auriculata* é a competição por espaço, uma vez que *O. cubense* na fase inicial de desenvolvimento apresenta uma relação de epifitismo com *Salvinia* spp (Kissmann, 1997). Utilizando *S. auriculata* como suporte, em fase mais adiantada de desenvolvimento enraízam em material orgânico flutuante (Pott & Pott, 2000). Nessas condições, essas espécies provavelmente competem por recursos, luz e espaço. Em campo pode ser observado que as raízes de *O. cubense* formam um emaranhado, e que seu desenvolvimento provoca a morte *S. auriculata*. Nos meses de janeiro e fevereiro, o aumento da biomassa de *O. cubenses* coincidiu com a diminuição da biomassa de *S. auriculata*, o que pode ser confirmado com a relação negativa entre essas duas espécies (Tab. III). Esses resultados indicam que a competição pode ser um importante fator determinando a distribuição dessas duas espécies no reservatório.

Concluindo, houve pouca variação na biomassa de *O. cubense* e *S. auriculata*, tanto no espaço quanto no tempo. O fato das amostragens terem se concentrado numa única região do reservatório pode ter contribuído para a ausência de padrões ou gradientes. Além disso, a relativa constância climática da região, a reduzida oscilação do nível do reservatório, e a baixa

variação nas condições abióticas locais, parecem não exercer forte pressão sobre as populações das espécies aqui estudadas. Era esperado que o aumento da concentração de nutriente na coluna de água refletisse em aumento na biomassa das espécies, como relatado por diversos autores (Cary & Weerts, 1983; Bini et al., 1999; Thomaz et al., 1999). No entanto, no período no qual as concentrações de nitrogênio e fósforo estiveram elevadas houve uma diminuição da biomassa, fato observado principalmente para *S. auriculata*. Provavelmente, outros fatores não considerados neste estudo estão atuando sobre a biomassa dessas espécies, como por exemplo, a competição por espaço e recurso. Sugere-se que experimentos de competição devam ser realizados para testar essa hipótese.

Agradecimentos

Agradecemos ao Núcleo de Estudos Ambientais (NEAMB) da Universidade Federal do Tocantins e Núcleo de Pesquisa em Limnologia, Ictiologia e Aqüicultura (Universidade Estadual de Maringá) pelas facilidades concedidas para coletas de campo e análises de laboratório; a Maria do Carmo Roberto, Natalia Fernanda Santana, Franciele P. Camacho, Beatriz S. Toyshima, Márcio José da Silveira (Laboratório de Limnologia e Macrófitas Aquáticas-Núpcia) pelo grande auxílio nas análises de laboratório; ao MsC. Rafael José de Oliveira (Universidade Federal do Tocantins) pelo auxílio nas análises estatísticas; a Dra. Elineide E. Marques e Dr. Fernando Mayer Pelicice (UFT), Dr. Fábio Amodeo Lansac Tôha e o mestrando Roger Mormul (UEM/ Núpcia), pelas valiosas sugestões do manuscrito. Investco pelo auxílio financeiro para realização deste trabalho e pelos dados cedidos.

Referências

American Public Health Association – APHA. 1989. Standard Methods. 1971. Standard methods for the examination of water and wastewater. 17th ed. APHA, Washington. 1268p

- Bianchini Jr., I., Pacobahyba, L.D. & Cunha-Santino, M.B. 2002. Aerobic and Anaerobic decomposition of *Montrichardia arborescens* (L.) Schott. *Acta Limnol. Bras.*, 14:27-34.
- Bini, L.M. 1996. Influência do pulso de inundação nos valores de fitomassa de três espécies de macrófitas aquáticas na planície de inundação do alto rio Paraná. *Arq. Biol. Tecnol.*, 39:715-721.
- Bini, L.M., Thomaz, S.M., Murphy, K.J. & Camargo, A.F.M. 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*, 415:147-154.
- Bini, L.M. 2001. Dinâmica populacional de *Egeria najas* Planchon (Hydrocharitaceae): sobrevivência de uma espécie submersa em um grande ambiente subtropical com elevada turbidez (reservatório de Itaipu Binacional, Brasil Paraguai). Maringá, UEM, 131p (Master Thesis).
- Brian, M.D., White, S.D. & Ganf, G.G. 2007. The influence of water level fluctuations on the growth of four emergent macrophyte species. *Aquat. Bot.*, 86:309-315.
- Camargo, A.F.M. & Esteves, F.A. 1995. Biomass and productivity of aquatic macrophytes in Brazilian lacustrine ecosystems. *Limnol. in Braz. ABC/SBL*, Rio de Janeiro, Brazil.
- Camargo, A.F.M. & Esteves, F.A. 1996. Influence of water level variation on biomass and chemical composition of the aquatic macrophyte *Eichhornia azurea* (Kunth) in an oxbow lake of the Rio Mogi-Guaçu (São Paulo, Brazil) *Archiv. Hydrobiol.*, 135:423-432.
- Camargo, A.F.M., Pezzato, M.M. & Henry-Silva, G.G. 2003a. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S.M & Bini, L.M. (eds.) *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. EDUEM, Maringá. p.59-83.
- Camargo, A.F.M., Henry-Silva, G.G. & Pezzato M.M. 2003b. Crescimento e produção primária de macrófitas aquáticas em zonas litorâneas. In: Henry, R. (ed.) *Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos*. Fundibio/Rima, São Carlos. p.213-232.

- Camargo, A.F.M. & Biudes, J.F.V. 2006. Influence of limnological characteristics of water in the occurrence of *Salvinia molesta* and *Pistia stratiotes* in rivers from the Itanhaém River basin (SP, Brazil). *Acta Limnol. Bras.*, 18:239-246.
- Carmouze, J.P. 1994. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. Edgar Blucher, São Paulo. 253p.
- Cary, P.R. & Weerts, P.G. 1983. Growth of *Salvinia molesta* as affected by water temperature and nutrition. I. Effects of nitrogen level and nitrogen compounds. *Aquat. Bot.*, 16:163-172.
- Giné, M.F., Bergamin, F., Zagatto, E.A.G. & Reis, B.F. 1980. Simultaneous determination of nitrate and nitrite by flow injection analysis. *Anal. Chim. Acta*, 114:191-197.
- Henry-Silva, G.G., Camargo, A.F.M. 2003. Avaliação sazonal da biomassa de macrófita aquática *Eichhornia azurea* em um rio de águas brancas da bacia hidrográfica do rio Itanhaém (litoral sul do estado de São Paulo, Brasil). *Hoehnea*, 30:71-77.
- Henry-Silva, G.G., Camargo, A.F.M. 2005. Interações ecológicas entre macrófitas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. *Hoehnea*, 32:445-453.
- Junk, W. & Williams, H. 1984. Ecology of aquatic macrophytes in Amazônia. In: Sioli, H. (ed). *The Amazon: Limnology of a mighty tropical river and its basin*. Dordrecht: 269-293.
- Junk, W.J., Bayley, P.B. & Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river – floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic. Science*, 106:110-127.
- Junk, W.J. & Piedade, M.T.F. 1993. Biomass and primary-production of herbaceous plant communities in the Amazon floodplain. *Hydrobiologia*, 263:155-162.
- Kissmann, K.G. 1997. Plantas infestantes e nocivas. Tomo I. 2^o ed., BASF, São Paulo. 825p.
- Kuehn, K.A., Gessner, M.O., Wetzel, R.G. & Suberkropp, K. 1999. Decomposition and CO₂ evolution from standing litter of the emergent macrophyte *Erianthus giganteus*. *Microb. Ecol.*, 38:50-57.

- Mackereth, F.Y.H., Heron, J.G. & Talling, J.J. 1978. Water analysis some revised methods for limnologist. *Freshw. Biol. Assoc.*, 36:1-120.
- Menezes, C.F.S., Esteves, F.A. & Anésio, A.M. 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 Limnol. Bras.*, 6:163-172.
- Moschini-Carlos, V., Soares J.J. & Pompêo M.L.M. 1993. Variação temporal da biomassa em uma comunidade vegetal aquática. *Rev. Bras. Biol.*, 53:501-509.
- Murphy, K.J. 2002. Plant communities and plant diversity in softwater lakes if northern Europe. *Aquat. Bot.*, 73:287-324.
- Neiff, J.J. 1990. Aspects of primary productivity in the lower Paraná and Paraguay riverine system. *Acta Limnol. Bras.*, 3:77-113.
- Nogueira, F.M.B. & Esteves, F.A. 1990. Variação temporal da biomassa de duas espécies de macrófitas aquáticas em uma lagoa marginal do rio Mogi-Guaçu (SP). *Acta Limnol. Bras.*, 3:617-632.
- Paiva, M.P. 1982. *Grandes Represas do Brasil*. Editerra, Brasília. 292p.
- Penha, J.M.F., Da Silva, C.J. & Bianchini Jr., I. 1999. Productivity of the aquatic macrophyte *Pontederia lanceolata* Nvtt. (Pontederiaceae) on floodplains of the Pantanal Mato-Grossense, Brazil. *Wetl. Ecol. Manag.*, 7:155-163.
- Petrucio, M.M. & Esteves, F.A. 2000. Uptake rates of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. *Rev. Bras. Biol.*, 60:229-236.
- Pompêo, M.L.M., Henry, R. & Moschini-Carlos, V. 2001 Influência do nível da água na biomassa de *Echinochloa polytachya* (Poaceae) no Reservatório Jurumirim (São Paulo, Brasil). *Rev. Bras. Biol.*, 61:19-26.
- Pott, V.J., Pott, A. 2000. *Plantas aquáticas do pantanal*. Embrapa, Brasília. 404p.

- Ribeiro, M.C.L.B., Petrere, M., Juras, A.A. 1995. Ecological integrity and fisheries ecology of the Araguaia-Tocantins Basin, Brazil. *Regulated Rivers: Res. & Manag.*, 2:325-335.
- Ruzicka, J. & Stewart, J.W.B. 1975. Flow injection analysis. Part. II. Ultrast determination of phosphorus in plant material by continuous flow spectrophotometry. *Anal. Chim. Acta*, 79.
- Santos, A.M. & Esteves, F.A. 2004. Influence os water level fluctuation on the mortality and aboveground biomass of the aquatic macrophyte *Eleocharis interstincta* (Vahl) Roemer et Schults. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 47:281-290.
- Stewart, J.W.B., Ruzicka, J., Bergamin F.H. & Zagatto, E.A.G. 1976. Flow injection analysis. Part III. Comparison of continuous flow spectrophotometry and potentiometry for the rapid determination of the total nitrogen content in plant digests. *Anal. Chim. Acta*, 81:371-386.
- Thomaz, S.M., Bini, L.M., Souza, M.C., Kita, K.K. & Camargo, A.F.M. 1999. Aquatic macrophytes of Itaipu reservoir, Brazil: survey of species and ecological considerations. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 42:15-22.
- Thomaz, S.M., Pagioro, T.A., Bini, L.M. & Murphy, K.J. 2006. Effects of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir (Itaipu, Brazil). *Hydrobiologia*, 570:53-59.
- Welcomme, R.L. 1979. *The fisheries ecology of floodplain rivers*. Longman, London. 317p.
- Wetzel, R.G. & Likens, G.E. 1991. *Limnological analyses*. Spring-Verlag, New York.