

**INTERAÇÃO ECOLÓGICA ENTRE DUAS ESPÉCIES DE
MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES**

Pistia stratiotes L. e *Salvinia molesta* (Michell)

SORAIA DA SILVA VICTÓRIO

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biotecnologia da Universidade Estadual
“Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Rio
Claro, para a obtenção do título de Mestre
em Ciências Biológicas (Área de
Concentração: Biologia Vegetal)

RIO CLARO
ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL
2009

**INTERAÇÃO ECOLÓGICA ENTRE DUAS ESPÉCIES DE
MACRÓFITAS AQUÁTICAS FLUTUANTES**
Pistia stratiotes L. e *Salvinia molesta* (Michell)

SORAIA DA SILVA VICTÓRIO

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO FERNANDO MONTEIRO CAMARGO

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biotecnologia da Universidade Estadual
“Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Rio
Claro, para a obtenção do título de Mestre
em Ciências Biológicas (Área de
Concentração: Biologia Vegetal)

RIO CLARO
ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL
2009

"As idéias estão presentes em nosso inconsciente
e quando libertadas pela força do coração
podem conduzir-nos ao êxito de qualquer projeto."

(sem autor)

"Se não houver frutos,
valeu a beleza das flores;
Se não houver flores,
valeu a sombra das folhas;
Se não houver folhas,
valeu a intenção da semente."

(Henfil)

Aos meus pais que sempre me apoiaram
nos momentos bons e ruins, em busca
de minha realização profissional
e verdadeira felicidade.

A G R A D E C I M E N T O S

Agradeço ao Prof. Dr Antonio Fernando Monteiro Camargo pela orientação, amizade, pelos ensinamentos durante tantos anos de convívio, pelas conversas, incentivo na realização deste trabalho e principalmente pela paciência. Muito obrigada!!!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa concedida.

Ao técnico do Departamento de Ecologia Carlos Fernando Sanches, pelos auxílios no campo e no laboratório, pela companhia, pelos momentos de descontração e pelas risadas contagiantes. Meus eternos agradecimentos Carlinhos !!!

Sr Milton e Dna Cleusa por cederem um espaço em sua humilde chácara para realização das medições durante as coletas. Obrigada pelos cafés, pela agradável companhia e recepção.

Ao Sr Zé e Dna Neuza do Centro de Pesquisas de Itanhaém. Obrigada pelo apoio no campo e pelos jantares maravilhosos. A moqueca de robalo foi inesquecível!!!

Aos funcionários do Departamento de Ecologia, especialmente Sueli e Marilene, por sempre estarem dispostas a ajudar.

Ao colega José Francisco Vicente Biudes pelas sugestões e auxílio nas análises dos dados.

Ao colega Henrique Corrêa Giacomini por me auxiliar na análise dos dados estatísticos.

A Renata de Souza Silva (Renatinha) pelas ajudas nas curvas de crescimento. Obrigada por apresentar o Prism.

A Raquel Eduarda Trevisan Pistori pela amizade que construímos além do laboratório, pela ajuda no campo e pelas alegrias e tristezas que passamos durante esses anos. Kel, a gente trabalha e se diverte!!!

A Ana Carolina Pavão e Amarílis Paiva, por me ajudarem no campo, pela amizade extra laboratório e pelos momentos de descontração.

A Maria Luiza (Malu), Carlos Eduardo (Cadu), Sarita (Sá), Pâmela (Pepê) e ao Yuri (Chun Lee) pela amizade que construímos há pouco tempo e que será eterna. Vocês são especiais. Adoro vocês!!!

A família Marcos Macedo Boxe que há três anos me recebem com tanto carinho na academia. Obrigada Marcos, Leo, Breno e Letícia pelos incentivos e elogios durante os treinos de boxe. Desculpa decepcionar vocês por não participar de nenhuma luta. Sentirei saudades.

Ao pessoal da república "Cabeça do Macaco". Aos "irmãozinhos" de hoje e sempre que durante esses dois anos de convivência, dividimos alegrias e tristezas em nosso lar. Leonardo Trevelin pela amizade, risadas, conversas, conselhos e total ajuda nos resultados deste trabalho. Leonardo Cancian pela amizade, ajuda no campo e por ser tão atencioso. E a minha "irmãzinha" Ângela R. Lopes pela enorme amizade construída, pelo companheirismo, pelas risadas, pelos incentivos, por sempre ouvir meus lamentos, pelos momentos de alegria. Ângely, o nosso "tesouro" está guardado até o dia apropriado em que ELE nos entregará.

A Gabriela Camargo (nossa agregada da república) e a Julieta pela amizade conversas, conselhos e momentos de descontração.

Aos amigos de longe, mas ao mesmo tempo perto: Luana Souza (Lua), Alexandre Tadeu (Talento) e Ana Lúcia (Aninha) pelo apoio e por ouvirem meus lamentos.

A minha família em especial aos meus pais e a tia Mariana pelo estímulo, carinho, atenção, compreensão e apoio em minha vida. Aos meus irmãos Ricardo (pelos conselhos e eventos gastronômicos) e Sheila (pelos estímulos, conselhos e exemplo de conquistas). Amo muito vocês!!!

A Deus por ajudar a criar as possibilidades para a realização dos meus desejos e ao meu anjinho da guarda pela sua presença e proteção.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS.....	II
RESUMO GERAL.....	1
INTRODUÇÃO GERAL.....	2
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7
Interação ecológica entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes <i>Pistia stratiotes</i> L. e <i>Salvinia molesta</i> (Michell)	
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUÇÃO.....	13
MATERIAL E MÉTODOS.....	15
RESULTADOS	21
DISCUSSÃO	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Unidades experimentais contendo <i>P.stratiotes</i> (a) e <i>S.molesta</i> (b).....	6
Figura 2. Vista geral da área alagada marginal 1 (A1).....	6
Figura 3. Vista geral da área alagada marginal 2 (A2).....	6
Figura 4. Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém, destacando as áreas alagadas marginais 1 e 2.....	15
Figura 5. Frequência relativa de <i>P. stratiotes</i> e <i>Salvinia molesta</i> na área alagada marginal 1 e área alagada marginal 2, segundo índice de classes de 0 a 5 de Domin-Krajina.....	16
Figura 6. Quadrados flutuantes (unidades amostrais) com tela com tela plástica.....	17
Figura 7. Esquema das unidades experimentais nas áreas alagadas.....	18
Figura 8. Scors gerado pelo eixo canônico e os dias de coleta nas áreas alagadas marginais, com base nas variáveis limnológicas selecionadas.....	22
Figura 9. Relação entre massa fresca e massa seca de <i>S. molesta</i> e equação da reta correspondente.....	23
Figura 10. Relação entre massa fresca e massa seca de <i>P. stratiotes</i> e equação da reta correspondente.....	23
Figura 11. Valores médios e erros padrão de biomassa de <i>P. stratiotes</i> e <i>S. molesta</i> dos tratamentos em monoculturas com ajustes das curvas de crescimento logístico.....	24
Figura 12. Valores médios e erros padrão de biomassa de <i>P. stratiotes</i> e <i>S. molesta</i> dos tratamentos em culturas mistas com ajustes das curvas de crescimento logístico.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias e desvios padrão das variáveis físicas e químicas da água nas áreas alagadas marginais 1 (A1) e 2 (A2).....	21
Tabela 2 Relação N total/P total em massa da água das áreas alagadas 1 e 2 nos dias de coleta.....	21
Tabela 3. Análise discriminante destacando as variáveis limnológicas selecionadas e seus respectivos pesos no eixo canônico 1. Em destaque as variáveis selecionadas com maior peso.....	22
Tabela 4. Valores médios de capacidade suporte (K), coeficiente intrínseco (rm) e coeficiente de determinação (r ²) nas diferentes culturas de <i>P. Stratiotes</i> . Valores de erro padrão entre parênteses. Letras distintas indicam diferenças significativas (p<0,05).....	26
Tabela 5. Valores médios de capacidade suporte (K), coeficiente intrínseco (rm) e coeficiente de determinação (r ²) nas diferentes culturas de <i>S. molesta</i> . Valores de erro padrão entre parênteses. Letras distintas indicam diferenças significativas (p<0,05).....	27
Tabela 6. Valores médios e desvios padrão da porcentagem de nitrogênio total e fósforo total, na biomassa de <i>P. stratiotes</i> e <i>S. molesta</i>	27

RESUMO GERAL

A presente dissertação está estruturada em forma de artigo científico e teve como objetivo avaliar a interação ecológica entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* (Michell) em duas áreas alagadas marginais ao rio Aguapeú na bacia hidrográfica do rio Itanhaém, SP. Foram escolhidas duas áreas alagadas que apresentassem apenas uma das espécies em maior abundância, com base na hipótese de que *S. molesta* possui maior habilidade competitiva que *P. stratiotes* em ambientes com menores concentrações de nutrientes. O delineamento experimental foi constituído de seis tratamentos e três réplicas. Os tratamentos foram: *P. stratiotes* área 1 (monoespecífico), *S. molesta* área 2 (monoespecífico), *P. stratiotes* área 2 (monoespecífico), *S. molesta* área 1 (monoespecífico), *P. stratiotes* e *S. molesta* área 1 (misto) e *S. molesta* e *P. stratiotes* área 2 (misto). A capacidade suporte (K) foi calculada para todas as réplicas em cada um dos tratamentos. Para identificar a ocorrência de diferenças significativas foi aplicada a análise de variância ANOVA Fatorial e posteriormente foi aplicado o teste Tukey. Houve diferenças significativas nos valores de capacidade suporte para *P. stratiotes* entre as áreas alagadas 1 e 2 para os cultivos em monocultura ($p=0,0003$) e em mistura ($p=0,0002$). Não houve diferenças significativas ($p=0,053$) entre as diferentes culturas na área 1, local com maiores concentrações de nutrientes e onde esta espécie ocorre. Houve diferenças significativas ($p=0,02$) entre as diferentes culturas na área 2, onde *P. stratiotes* não ocorre. Para *S. molesta* observou-se diferenças significativas entre as áreas alagadas 1 e 2 para os cultivos em monocultura ($p=0,0002$) e em mistura ($p=0,004$). Houve diferenças significativas entre as diferentes culturas na área 2 ($p=0,002$), local com baixas concentrações de nutrientes e onde *S. molesta* é abundante, e na área 1 ($p=0,0004$) onde esta espécie é rara e pouco abundante. Foi observado a existência de competição assimétrica entre as duas espécies na área alagada 1, local onde *P. stratiotes* ocorre, sendo que esta espécie apresentou vantagem competitiva em relação a *S. molesta* neste ambiente com maior concentração de nutrientes, especialmente fósforo. Por outro lado, presenciou-se competição simétrica entre as duas espécies na área alagada 2, ambiente de origem de *S. molesta* e que possui menores concentrações de nutrientes, sendo *S. molesta* um competidor mais eficiente neste local.

Palavras Chave: *Pistia stratiotes*, *Salvinia molesta*, competição, nutrientes.

Interação ecológica entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes

Pistia stratiotes L. e *Salvinia molesta* (Michell)

INTRODUÇÃO GERAL

1. Importância ecológica das macrófitas aquáticas

As macrófitas aquáticas são, em geral, fanerógamas e pertencem ao grupo das plantas superiores vascularizadas sendo, contudo, usual incluir entre as hidrófitas espécies de macroalgas, pteridófitas e briófitas. (Bianchini Jr, 2003). Estes vegetais, originalmente terrestres, retornaram ao ambiente aquático e sofreram modificações adaptativas ao longo do processo evolutivo apresentando assim, características de vegetais terrestres possibilitando grande capacidade de adaptação e amplitude ecológica (Esteves, 1998; Thomaz & Bini, 2003). Estes vegetais colonizam desde ambientes saturados de água até solos com emergências ocasionais (Weaner & Clements, 1983). São classificados segundo seu biótipo no ambiente aquático em diferentes grupos ecológicos como, emergentes, flutuantes livres, com folhas flutuantes, submersas enraizadas e submersas livres (Esteves, 1998; Camargo *et al.*, 2003).

Acreditava-se que as macrófitas aquáticas desempenhavam um papel pouco relevante na dinâmica dos ecossistemas límnicos. No Brasil, a partir da década de 90, pesquisas feitas sobre esta comunidade tornaram mais freqüentes, principalmente no estado de São Paulo (Thomaz & Bini, 2003). Estudos sobre o papel funcional desempenhado por esta comunidade ressaltam a grande importância destes vegetais, capazes de estabelecer um forte intercâmbio entre o ecossistema aquático e o ambiente terrestre adjacente (Luciano, 1996).

A ocorrência de grupos ecológicos de macrófitas aquáticas em regiões litorâneas está diretamente relacionada ao grande número de nichos ecológicos e a vasta diversidade de espécies de animais observados nestas regiões (Esteves, 1998; Brum & Esteves, 2001; Thomaz *et al.*, 2005). A superfície foliar destes vegetais fornece uma diversidade de microhabitats para algas perifíticas e bactérias fixadoras de nitrogênio (Rodrigues *et al.*, 2003) e sua biomassa contribui para a cadeia trófica devido aos altos conteúdos de proteínas e carboidratos solúveis e reduzida fração de parede celular (Henry-Silva *et al.*, 2001). As macrófitas também são consideradas as principais produtoras de matéria orgânica em muitos

ecossistemas aquáticos, influenciando nas características físico-químicas dos corpos d'água (Camargo & Esteves, 1995). Em regiões tropicais, tem-se verificado o intenso crescimento de plantas aquáticas que são considerados fonte de matéria orgânica para a cadeia detritívora durante o processo de decomposição e ciclagem de nutrientes (Maine *et al.*, 1999; Pompêo *et al.*, 1999).

Muitas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes possuem atrativos econômicos sendo utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura (Henri-Silva & Camargo, 2002) além de possuírem biomassa promissora para a produção de etanol (Mishima *et al.*, 2007). No entanto, alterações nos ambientes aquáticos por atividades antrópicas, como a construção de represas, a introdução de resíduos agrícolas e efluentes domésticos podem criar condições favoráveis ao crescimento destes vegetais (Fernández *et al.*, 1990, Thomaz *et al.*, 1999). Espécies flutuantes como *Eichhornia crassipes* (Marth.) Solms, *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* (Michell) apresentam tendência em ocupar superfícies amplas de canais, rios, lagos e reservatórios e crescem demasiadamente por requererem, muitas vezes, altas concentrações de nutrientes para o seu desenvolvimento (Bianchini Jr, 2003). O crescimento excessivo destes vegetais pode prejudicar os usos múltiplos dos ecossistemas aquáticos, afetando atividades de lazer, a navegação e a produção de energia (Thomaz *et al.*, 1999). Neste contexto, é de fundamental importância o conhecimento sobre a ecologia e os fatores condicionantes ao crescimento das macrófitas aquáticas.

2. Fatores limitantes ao crescimento de macrófitas aquáticas: enfoque a competição

Muitas espécies de macrófitas aquáticas são encontradas em regiões litorâneas e diversos fatores ambientais podem influenciar na distribuição e na abundância destes vegetais (Camargo *et al.*, 2003). A ocorrência ou a ausência de grupos ecológicos nestes locais está atribuída a fatores abióticos e bióticos condicionantes ao crescimento destas plantas aquáticas. Alguns fatores abióticos, tais como, a velocidade de corrente, a transparência da água, a disponibilidade de nutrientes e a temperatura (Chambers & Prepas, 1990; Camargo *et al.*, 2003; Pezzato & Camargo, 2004; Kocic, *et al.*, 2008) juntamente com suas variações temporais interferem de forma diferente entre os grupos ecológicos de acordo com as estratégias de sobrevivência das espécies (Biachini Jr, 2003). Os modos pelos quais as espécies de macrófitas aquáticas respondem aos fatores abióticos em conjunto com os efeitos das interações bióticas tais como, as relações intra e interespecíficas, determinam as bases da diversidade e abundância destas comunidades (Biachini Jr, 2003).

Considerada como um exemplo de interação ecológica, a competição interespecífica pode afetar negativamente o crescimento, a sobrevivência ou a fecundidade de uma população de uma determinada espécie, em decorrência da exploração por recursos e/ou de interferência por indivíduos de outra espécie (Begon *et al.*, 1996). A competição entre plantas com morfologia similares apresenta uma interação competitiva do tipo simétrica (Keddy, 1989). Isto significa que duas espécies morfologicamente semelhantes não devem apresentar grandes vantagens competitivas sobre a outra permitindo a coexistência entre ambas as espécies (Mony *et al.*, 2007). Entretanto, a interação competitiva entre espécies morfologicamente distintas, deve ser intensa e assimétrica podendo levar, de maneira rápida, a exclusão competitiva de uma das espécies (Ricklefs & Miller, 2000).

Alguns estudos têm sido realizados com o objetivo de demonstrar a importância da competição interespecífica através de manipulações experimentais em laboratório e em ambientes naturais (Gibson *et al.*, 1999). Diferentes tipos de desenhos experimentais envolvendo a competição são de uso freqüente em estudos ecológicos. A abordagem experimental a ser utilizada depende, principalmente, dos objetivos do trabalho e da variável resposta selecionada. Espécie alvo ou fonte é a espécie cuja resposta competitiva está sendo avaliada. A espécie associada é a espécie cujo efeito sobre a espécie alvo está sendo mensurado (Goldberg, 1990).

De forma ampla, os experimentos que avaliam as interações competitivas entre espécies de plantas são baseadas na manipulação de sua densidade. Existem quatro tipos principais de desenhos experimentais ligados à competição: “pairwise”, séries aditivo e de substituição e “response surface” (Gibson *et al.*, 1999).

A abordagem experimental do tipo “pairwise” usa a combinação de duas espécies, em razão de 1:1 e pode ser repetida ao longo de gradientes ambientais naturais ou artificiais. Experimentos desta natureza podem ser utilizados para identificar a influência de variáveis ambientais sobre os padrões de competição entre espécies de macrófitas aquáticas (Gibson *et al.*, 1999; Hofstra *et al.*, 1999).

Outro método largamente empregado para avaliar o desempenho competitivo de espécies de macrófitas é a série substitutiva, proposto por De Wit (1960). Benassi & Camargo (2000) observaram, em laboratório, o processo competitivo entre *S. molesta* (Michell) e *P. stratiotes* L., indicando maior habilidade competitiva da primeira em relação à segunda. Outros experimentos (Agami & Reddy, 1990; Henry-Silva *et al.*, 2008), mostram competição assimétrica, na qual *P. stratiotes* L. foi afetada em seu desenvolvimento por *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, que apresentou crescimento significativamente maior.

Muitos estudos têm sido desenvolvidos com enfoque sobre interações entre macrófitas aquáticas de diferentes grupos ecológicos (Chambers & Prepas, 1990; Van *et al.*, 1999; Hofstra *et al.*, 1999; Mony *et al.*, 2007). Entretanto poucos são os trabalhos que abordam as relações ecológicas entre espécies de macrófitas aquáticas flutuantes. Dentre estes trabalhos podem ser destacados os experimentos de Agami & Reddy (1990) que analisaram as relações de competição entre *E. crassipes* (Mart.) Solms e *P. stratiotes* L. em ambiente enriquecido por nutriente; Benassi & Camargo (2000) que observaram o processo competitivo entre *P. stratiotes* e *S. molesta*; Heny-Silva & Camargo (2005) que avaliaram as inter-relações entre *E. crassipes* (Mart.) Solms e *P. stratiotes* L. Tais estudos auxiliam no conhecimento da ecologia de diferentes espécies de macrófitas aquáticas e trazem informações sobre os fatores ecológicos que podem atuar como condicionantes no crescimento destes vegetais. Neste contexto, experimentos científicos que avaliam as variáveis abióticas e bióticas que possam influenciar no crescimento das macrófitas aquáticas são fundamentais para o conhecimento da dinâmica destas espécies tanto em ambientes naturais, artificiais ou alterados por atividades antrópicas.

3. Estruturação da dissertação

A presente dissertação está estruturada em formato de artigo científico. O estudo intitulado “Interação ecológica entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* (Michell) teve como objetivo verificar a competição interespecífica entre *P. stratiotes* e *S. molesta* em duas áreas alagadas com diferentes concentrações de nutrientes baseado na hipótese de que *S. molesta* possui maior habilidade competitiva que *P. stratiotes* em ambientes com menores concentrações de nutrientes. O processo competitivo foi avaliado entre as macrófitas aquáticas flutuantes *P. stratiotes* (figura 1a) e *S. molesta* (figura 1b) e foi desenvolvido em duas áreas alagadas marginais (A1 e A2) (figuras 2 e 3) no rio Aguapeú na bacia hidrográfica do rio Itanhaém, litoral sul do estado de São Paulo. O experimento foi realizado entre os dias 09 de janeiro a 16 de abril de 2008 e constituiu de seis tratamentos com unidades experimentais em triplicata. Os tratamentos foram: *P. stratiotes*: área 1 monoespecífico; *S. molesta*: área 2 monoespecífico; *S. molesta*: área 1 monoespecífico (transposição); *P. stratiotes*: área 2 monoespecífico (transposição); *P. stratiotes* e *S. molesta*: área 1 (misto) e *S. molesta* e *P. stratiotes*: área 2 (misto). As macrófitas foram colocadas em unidades experimentais de 0,09 m² fixadas na margem de cada área alagada onde se avaliou o crescimento dos vegetais.

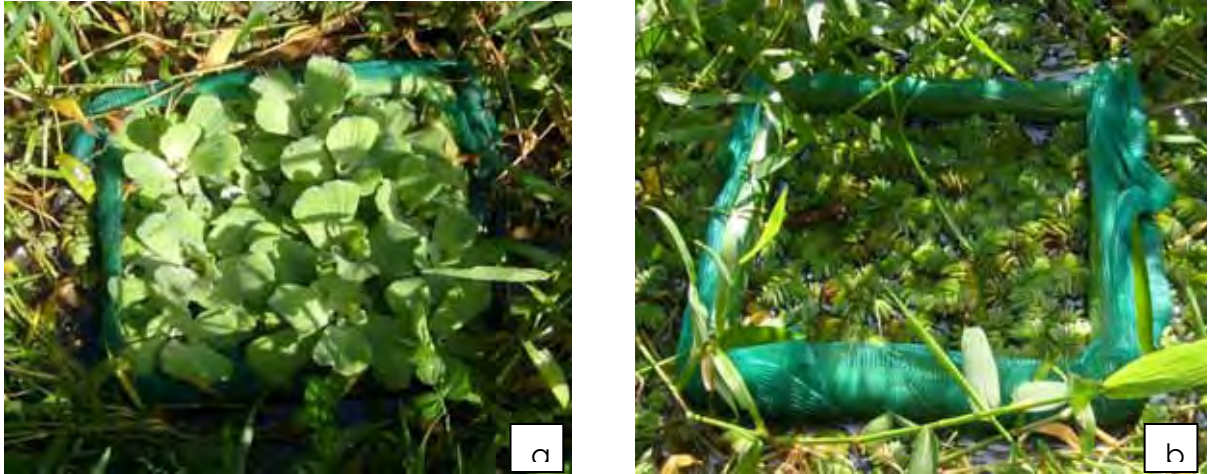


Figura 1. Unidades experimentais contendo *P. stratiotes* (a) e *S. molesta* (b).



Figura 2. Vista geral da área alagada marginal 1 (A1).



Figura 3. Vista geral da área alagada marginal 2 (A2).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agami, M. & Reddy, K. R. 1990. Competition for space between *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms and *Pistia stratiotes* L. culture in nutrient-enriched water. **Aquatic Botany**. 38: 195-208.
- Begon, M.; Harper, J. L. & Townsend, C. R. 1996. **Ecology individuals populations and communities**. Blackwell Scientific Publications, Boston, 876 p.
- Benassi, R. F. & Camargo, A. F. M., 2000. Avaliação do processo competitivo entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* D. S. Michell. **Revista Iniciação Científica**. 1: 59-66.
- Bianchini Jr, I. 2003. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Eds. Thomaz, S. & Bini, L.M. Nupélia - Maringá (SC). Eduem, Maringá, 85-126.
- Brum, P. R. & Esteves, F. A. 2001. Dry weight loss and chemical changes in the detritus of tree tropical aquatic macrophyte species (*Eleocharis interstincta*, *Nymphaea ampla* and *Patamogeton stenostachys*) during decomposition. **Acta Limnologica Brasiliensis**. 13(1), 61-73.
- Camargo, A. F. M., & Esteves, F. A. 1995. Biomass and productivity of aquatic macrophytes in brazilian lacustrine ecosystems.(137-149). In: **Limnology in Brazil** (Tundisi, J.G., Bicudo, C.E.M. & matsumara Tundisi, T.). 376 p.
- Camargo, A. F. M., Pezzato, M. M & Henry-Silva, G. G., 2003, Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas, pp. 59-83. In: Thomaz, S. M. & Bini, L. M. (orgs). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Editora da Universidade Estadual de Maringá. Cap. 3, p. 59-83.
- Camargo, A. F. M.; Henry-Silva, G. G. & Pezzato, M. M. 2003. Crescimento e produção primária de macrófitas aquáticas em zonas litorâneas. In: Henry, R. (Ed.). **Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos**. Fundibio/Rima, São Carlos, 213-232.

Chambers, P. A. & Prepas, E. E. 1990. Competition and coexistence in submerged aquatic plant communities: the effects of species interactions versus abiotic factors. **Freshwater Biology**. 23: 541-550.

De Wit, C. T. 1960. On Competition. **Verslagen Van Landbouwkundige Onderzoekingen**, Wageningen. 66: 1-82.

Esteves, F. A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. Ed. Interciências/FINEP. Rio de Janeiro, R. J. 574p.

Fernandéz, O. A.; Sutton, D. L.; Lallana, V. H.; Sabbatini, M. R.; Irigoyen, F. H. 1990. Aquatic weed problems and management in South and central America. In: **Aquatic weeds: The ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. Pieterse, A. H.; Murphy, K. J. (Ed.) p. 406-435.

Gibson, D. J., Connolly, J., Hartnett, D. C. & Weidenhamer, J. D. 1999. Designs for greenhouse studies of interactions between plants. **Journal of Ecology**. 87: 1-16.

Goldberg, D. E. 1990. Components of resource competition in plant communities. In: **Grace, J. B. & Tilman, D. Perspectives on Plant Competition**. Academic Press, San Diego, California. 27-49 p.

Henry-Silva, G. G., Pezzato, M. M., Benassi, R. F. & Camargo, A. F. M. 2001. Chemical composition of Five species of aquatic macrophytes from lotic ecosystems of the southern coast of the state of São Paulo (Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensis**. 13(2), 11-17.

Henry-Silva, G. G. & Camargo, A. F. M. 2005. Interações ecológicas entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes *Eichornia crassipes* e *Pistia satratotes*. **Hoehnea**. 32(3):445-452.

Henry-Silva, G. G., Camargo F. M. & Pezzato, M. M. 2008. Growth of free-floating aquatic macrophytes in different concentrations of nutrients. **Hydrobiologia**. 610: 153-160.

Hofstra, D. E., Clayton, J., Green, J. D. & Auger, M. 1999. Competitive performance of *Hydrilla verticillata* in New Zealand. **Aquatic Botany**. 63: 305-324.

Keddy, P. A. 1989. **Competition**. Chapman and Hall. London.

Kocic, A., Hengl, T. & Hovartic, J. 2008. Water nutrient concentrations in channels in relation to occurrence of aquatic plants: a case study in eastern Croatia. **Hidrobiologia**. 603:253–266.

Luciano, S. C., 1996. **As macrófitas *Eichhornia azurea* (Kunth) e *Brachiaria arrecta* (Stent) como armazenadores de nitrogênio e fósforo na região inundável do rio Taquari (Zona de desembocadura na Represa de Jurumirim, São Paulo)**. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos. 160 p. Dissertação (Mestrado).

Maine, A., Suñe, N. L., Pinigatti., M. C. Pizarro, M. J. & Emiliani, F. 1999. Relationships between water chemistry and macrophyte chemistry in lotic and lentic environments. **Archiv für Hydrobiologie**. 145(1), 129-145.

Mishima, D., Kuniki, M., Sei, K., Soda, S., Ike, M. & Fujita, M. 2007. Ethanol production from candidate energy crops: Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and water lettuce (*Pistia stratiotes* L.). **Bioresource Technology**. 99: 2495–2500.

Mony, C., Koschnick, T. J., Haller, W.T. & Muller, S. 2007. Competition between two invasive Hydrocharitaceae (*Hydrilla verticillata* (L.f.) (Royle) and *Egeria densa* (Planch)) as influenced by sediment fertility and season. **Aquatic Botany**. 236-242.

Pezzato, M. M. & Camargo, A. F. M. 2004. Photosynthetic Rate of the Aquatic Macrophyte *Egeria densa* Planch (Hydrocharitaceae) in Two Rivers from the Itanhaém River Basin in São Paulo State, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 47:153-162.

Pompêo, M. L. M., Henry, R. & Moschini-Carlos, V. 1999. Chemical composition of tropical macrophyte *Eichinocloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock in Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). **Hidrobiologia**. 411:1-11.

Ricklefs, R. E. & Miller, G. L. 2000. **Ecology**. Fourth Edition. New York. 822 p.

Thomaz, S. M. & Bini, L. M. 2003. **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 341p.

Thomaz, S. M., Pagioro, T. A., Bini, L. M. & Roberto, M. C. 2005. Ocorrência e distribuição espacial em reservatórios. In: **Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais**. São Carlos: Ed. Rima. 281-292.

Thomaz, S. M., Pagioro, T. A., Bini, L. M. & Murphy, K. 2006. Effect of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir (Itaipu, Brazil). **Hidrobiologia**. 570: 53-59.

Van, T. K.; Wheeler, G. S. & Center, T. D. 1999. Competition between *Hydrilla verticillata* and *Vallisneria Americana* as influenced by soil fertility. **Aquatic Botany**. 63, 225-233.

Weaner, J. E. & Clements, F. E. 1983. **Plant Ecology**. Mc. Graw Hill, New York.

Interação ecológica entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes
Pistia stratiotes L. e *Salvinia molesta* (Michell)

RESUMO

Os efeitos das interações ecológicas em conjunto com os fatores abióticos determinam as bases da diversidade e abundância da comunidade de macrófitas aquáticas. Experimentos que envolvam competição interespecífica podem ser usados para identificar as variáveis ambientais sobre os padrões de competição entre espécies de macrófitas aquáticas. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a interação ecológica entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* (Michell), em duas áreas alagadas marginais que apresentassem apenas uma das espécies em maior abundância, com base na hipótese de que *S. molesta* possui maior habilidade competitiva que *P. stratiotes* em ambientes com menores concentrações de nutrientes. A interação ecológica foi investigada durante quatorze semanas no rio Aguapeú, na bacia hidrográfica do rio Itanhaém, SP. O experimento constituiu de seis tratamentos e três réplicas. Os tratamentos foram: *P. stratiotes* área 1 (monoespecífico), *S. molesta* área 2 (monoespecífico), *P. stratiotes* área 2 (monoespecífico), *S. molesta* área 1 (monoespecífico), *P. stratiotes* e *S. molesta* área 1 (misto) e *S. molesta* e *P. stratiotes* área 2 (misto). A capacidade suporte (K) foi calculada para todas as réplicas em cada um dos tratamentos. Para identificar a ocorrência de diferenças significativas foi aplicada a ANOVA Fatorial e posteriormente foi aplicado o teste Tukey. Houve diferenças significativas nos valores de capacidade suporte para *P. stratiotes* entre as áreas alagadas 1 e 2 para os cultivos em monocultura e em mistura. Não houve diferenças significativas entre as diferentes culturas na área 1. Houve diferenças significativas entre as diferentes culturas na área 2. Para *S. molesta* observou-se diferenças significativas entre as áreas alagadas 1 e 2 para os cultivos em monocultura e em mistura. Houve diferenças significativas entre as diferentes culturas na área 2 e na área 1. Foi observada a existência de competição assimétrica entre as duas espécies na área 2 em que *P. stratiotes* ocorre, sendo que esta espécie apresentou vantagem competitiva em relação a *S. molesta* neste ambiente com maior concentração de nutrientes, principalmente fósforo. Por outro lado, presenciou-se competição simétrica entre as duas espécies na área 2, onde *S. molesta* é abundante, que possui menor concentração de nutrientes, sendo *S. molesta* um competidor mais eficiente neste local.

Palavras Chave: *P. stratiotes*, *S. molesta*, competição, nutrientes.

ABSTRACT

The effects of ecological interactions with the abiotic factors determine the basis of community diversity and abundance of aquatic macrophytes. Experiments involving interspecific competition may be used to identify the environmental variables on patterns of competition between species of aquatic macrophytes. In this context, this study aimed to evaluate the ecological interaction between two species of floating aquatic macrophytes *Pistia stratiotes* L. and *Salvinia molesta* (Michell) in two flooded areas that had only a marginal species in greater abundance, based on the hypothesis that *S. molesta* have greater competitive ability than *P. stratiotes* in environments with lower concentrations of nutrients. The ecological interaction was investigated for fourteen weeks in the Aguapeú river, in Itanhaém River Basin, in São Paulo. The experiment consisted of six treatments and three replicates. The treatments were: *P. stratiotes* area 1 (monospecific), *S. molesta* area 2 (monospecific), *P. stratiotes* area 2 (monospecific), *S. molesta* area 1 (monospecific), *P. stratiotes* and *S. molesta* area 1 (moisture) and *S. molesta* and *P. stratiotes* area 2 (moisture). The support capacity (K) was calculated for all replicates in each treatment. To identify the occurrence of significant differences was applied to Factorial ANOVA and subsequently Tukey test. There were significant differences in the values of support capacity for *P. stratiotes* flooded areas between 1 and 2 for the crops in monoculture and in moisture. There were no significant differences between cultures in the área 1. There were significant differences between cultures in the area 2. For *S. molesta* was observed significant differences between the flooded areas 1 and 2 for the crops in monoculture and in moisture. Significant differences between cultures in the area 2 and area 1. Was observed the existence of asymmetric competition between the two species in area 2 where *P. stratiotes* occurs, and this species had a competitive advantage for *S. molesta* in this environment with higher concentration of nutrients, particularly phosphorus. Moreover, pwas see symmetric competition between the two species in area 2, where *S. molesta* is abundant, which has lower concentration of nutrients, and *S. molesta* a more efficient competitor in this area.

Keywords: *P. stratiotes*, *S. molesta*, competition, nutrients.

INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas flutuantes *Pistia stratiotes* L., de origem incerta, e *Salvinia molesta* (Mitchell), nativa da América do Sul, são consideradas espécies cosmopolitas tropicais sendo ambas as espécies abundantes e amplamente distribuídas em ecossistemas aquáticos no Brasil. (Mitchell, 1979; Pott & Pott, 2000). Estas espécies apresentam grande plasticidade fenotípica e altas taxas de crescimento (Rubim & Camargo, 2001; Rubim, 2004; Henry-Silva *et al.*, 2002), podendo cobrir grandes áreas de corpos d'água e ocasionar problemas aos usos múltiplos dos ecossistemas aquáticos (Mitchell *et al.*, 1980; Terry, 1981; Lorenzi, 1982; Fernández *et al.*, 1990; Thomaz *et al.*, 1999; Henry-Silva & Camargo, 2006).

A concorrência e/ou a preferência por habitats destas espécies influenciam nos padrões de ocorrência de assembléias de macrófitas aquáticas (Boschilia *et al.*, 2008; Chambers *et al.*, 2008). Embora haja informações sobre métodos de controle, distribuição e biologia destas espécies, experimentos que abordam interações ecológicas entre macrófitas aquáticas ainda são escassos (Thomaz & Bini, 2003). A grande maioria dos estudos que envolvem interações ecológicas com macrófitas aquáticas são desenvolvidos com espécies submersas podendo-se destacar os experimentos de Van *et al.* (1999) que avaliaram a competição entre *Hydrilla verticillata* (L.f.) (Royle) e *Vallisneria americana* (L.) em diferentes concentrações de nutrientes; de Doyle *et al.*, 2003 que quantificaram o crescimento de *Higrophila polysperma* (Nees) T. Anderson e *Ludwidia repens* (Frost) em diferentes níveis de interferência competitiva com outras espécies morfologicamente semelhantes e de Mony *et al.* (2007) que analisaram a ocorrência de interferência competitiva entre *Hidricula verticillata* (L.f.) (Royle) e *Egeria densa* (Planch) em sedimentos com diferentes taxas de adubação. No entanto, ainda são escassos os trabalhos que envolvam interação ecológica entre espécies de macrófitas aquáticas flutuantes. Dentre estes trabalhos destacam-se os desenvolvidos por Agami & Reddi, 1990 que analisaram as relações ecológicas entre *E. crassipes* (Marth.) e *P. stratiotes* L. em um ambiente enriquecido com nutrientes; por Benassi & Camargo (2000) que observaram o processo competitivo entre *S. molesta* (Michell) e *P. stratiotes* em baixas concentrações de nutrientes e o experimento de Henry-Silva & Camargo (2005) que avaliaram as inter-relações entre *E. crassipes* (Mart.) Solms e *P. stratiotes* L.

Considerada como um exemplo de interação ecológica, a competição interespecífica pode afetar negativamente o crescimento, a sobrevivência ou a fecundidade de uma população

de uma determinada espécie, em decorrência da exploração por recursos e/ou de interferência por indivíduos de outra espécie (Begon *et al.*, 1996).

Os modos pelos quais as macrófitas aquáticas respondem aos fatores abióticos, em conjunto com os efeitos das relações intra e interespecíficas determinam as bases da diversidade e abundância das comunidades (Khedr & Demerdash, 1996; Camargo *et al.*, 2003; Chamber *et al.*, 2008). Experimentos que envolvam competição interespecífica através de manipulações experimentais tanto em laboratório, quanto em ambientes naturais podem ser utilizados para identificar a influência de variáveis ambientais sobre os padrões de competição entre espécies de macrófitas aquáticas (Gibson *et al.*, 1999; Hofstra *et al.*, 1999), possibilitando a melhora no manejo de ecossistemas aquáticos impactados e a preservação da biodiversidade.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o processo competitivo entre *Pistia stratiotes* L. e *Salvinia molesta* (Michell) em duas áreas alagadas que apresentam diferentes concentrações de nutrientes baseado na hipótese de que *S. molesta* possui maior habilidade competitiva que *P. stratiotes* em ambientes com menores concentrações de nutrientes.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo de interação ecológica foram escolhidas duas áreas alagadas marginais ao rio Aguapeú situado na bacia hidrográfica do rio Itanhaém, litoral Sul do Estado de São Paulo (figura 4).

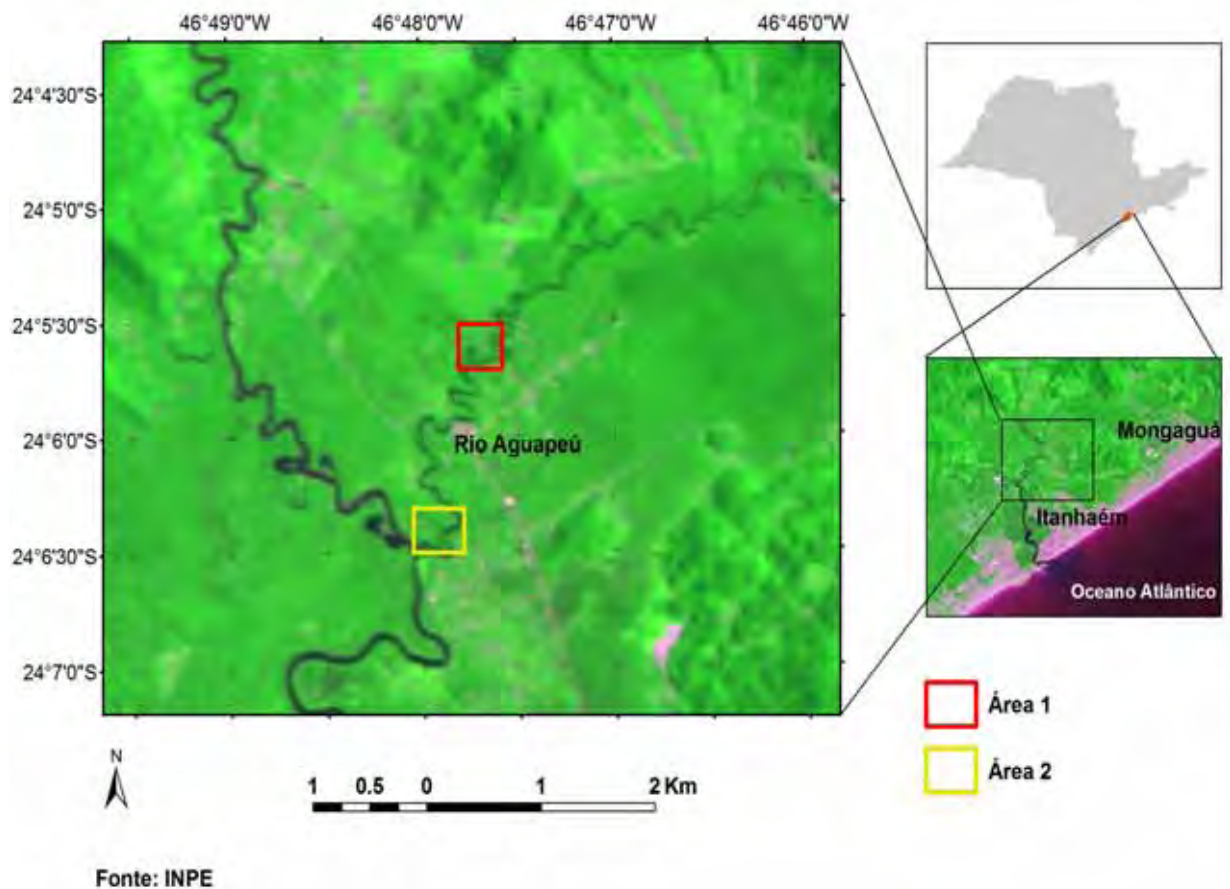


Figura 4. Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém, destacando as áreas alagadas 1 e 2.

Os critérios para escolha foram a proximidade das áreas, a facilidade de acesso e por ambas serem colonizadas abundantemente por macrófitas aquáticas de várias espécies. Primeiramente, um estudo sobre frequência relativa relacionando com o índice de abundância em classes de 0 a 5 de Domin-Krajina foi realizado nessas duas áreas alagadas. Os resultados do estudo mostraram que na área alagada 2 não ocorre *P. stratiotes* e na área alagada 1 *S. molesta* é rara e pouco abundante. Foi observado maior porcentagem relativa e maior índice

de abundância *P. stratiotes* na área alagada 1 (45% de frequência relativa na classe 5) e de *S. molesta* na área alagada 2 (50% de frequência relativa na classe 5) (figura 5).

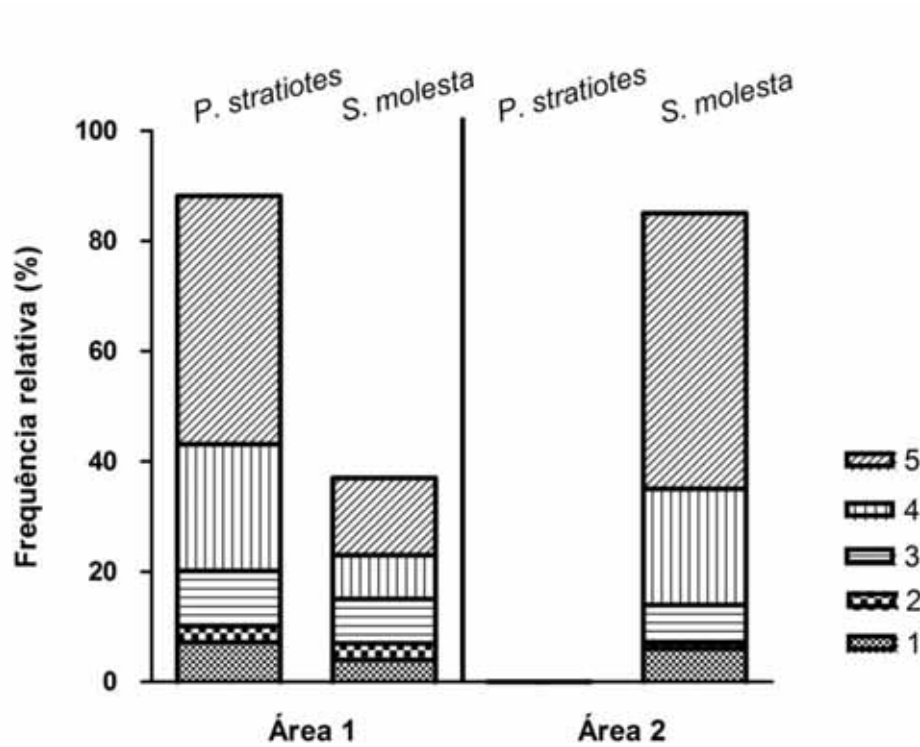


Figura 5. Frequência relativa de *P. stratiotes* e *S. molesta* na área alagada marginal 1 e área alagada marginal 2, segundo índice de abundância em classes de 0 a 5 de Domin-Krajina.

O experimento foi realizado entre os dias 09 de janeiro a 16 de abril de 2008 com medições realizadas a cada quinze dias, num total de sete medições. Os indivíduos de *P. stratiotes* (jovens e sem brotos) e os rametes de *S. molesta* foram selecionados por tamanho e aparência semelhantes e coletados, respectivamente, nas áreas alagadas 1 e 2.

Na margem de cada área alagada foram fixados nove (9) quadrados flutuantes de 0,09 m² cada, distribuídos aleatoriamente. Os quadrados possuíam tela plástica vazada com poros de 3 x 4 mm na parte inferior, para evitar possíveis perdas das espécies por herbivoria ou pela variação do nível de água provocada pelas marés (figura 6).



Figura 6. Quadrados flutuantes (unidades amostrais) com tela plástica.

A interação ecológica entre *P. stratiotes* e *S. molesta* foi investigada utilizando-se a abordagem experimental do tipo “pairwise”, devido à igualdade de proporções iniciais das espécies (1:1) sendo um método mais prático para estudo em campo (Gibson *et al.*, 1999). O experimento constituiu de seis tratamentos (monoculturas e culturas mistas) com unidades experimentais em triplicata. As macrófitas cultivadas em monoculturas apresentaram 80% da área de cobertura das unidades experimentais preenchidas. Corresponderam ao grupo controle *P. stratiotes* na área 1 em monocultura e *S. molesta* na área 2 em monocultura. Outras duas monoculturas representaram o grupo da transposição (transferência das espécies do local de origem para outro) e corresponderam a *S. molesta* na área 1 e *P. stratiotes* na área 2. O processo competitivo foi avaliado em culturas mistas as quais foram preenchidas com 40% de área de cobertura para ambas as espécies e, corresponderam, a *P. stratiotes* e *S. molesta* na área 1 e *S. molesta* e *P. stratiotes* na área 2 (figura 7).

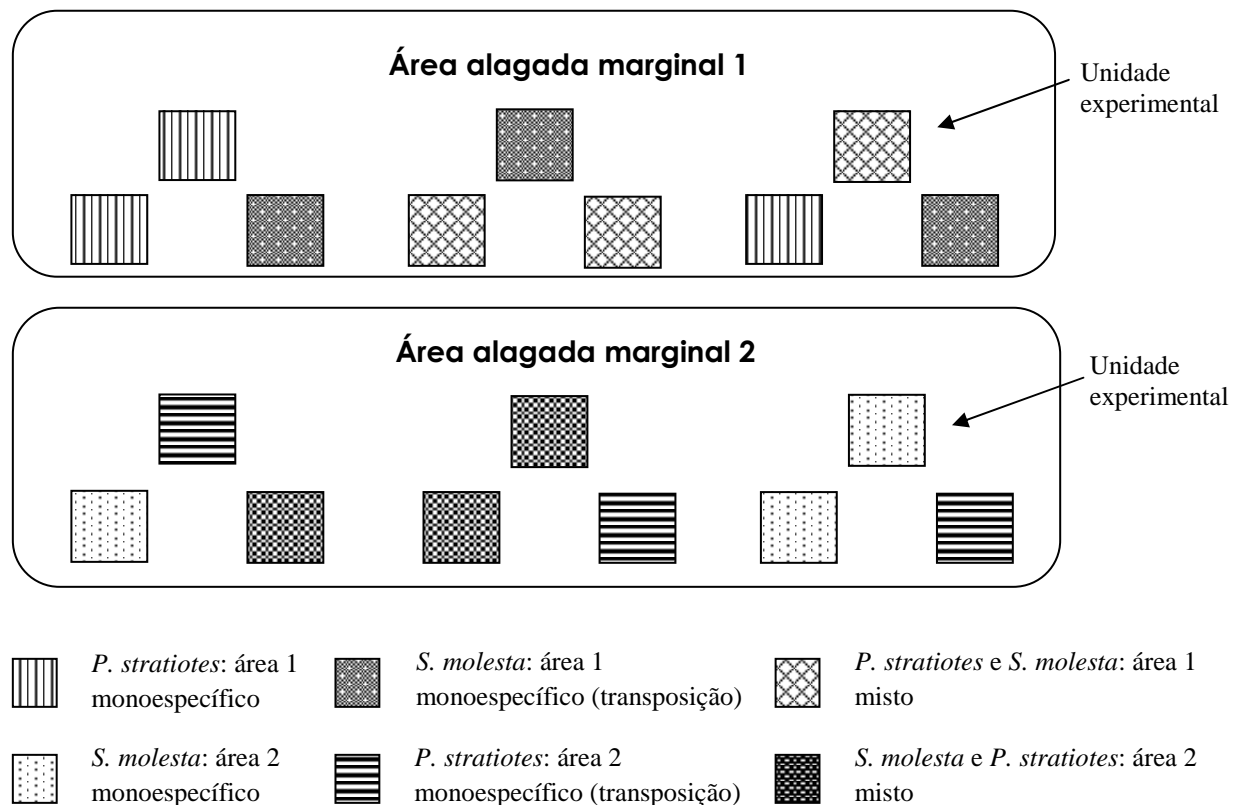


Figura 7. Esquema das unidades experimentais nas áreas alagadas.

Quinzenalmente foram obtidas medidas das variáveis físicas e químicas da água em quadruplicata, próximas as unidades experimentais em cada área alagada. Medidas superficiais diretas e a coleta das amostras de água foram feitas nos períodos da tarde entre 12:00 e 14:00 horas.

Os valores de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e turbidez (NTU) foram obtidos diretamente pelo multi-sensor marca Horiba modelo U-10. A radiação fotossintética foi medida diretamente com o radiômetro marca Licor. As concentrações de oxigênio dissolvido foram determinadas pelo método de Winkler (Golterman *et al.*, 1978) e a alcalinidade foi mensurada por titulação (Mackereth, *et al.*, 1978) no Centro de Pesquisas do Estuário do rio Itanhaém.

Concomitantemente às medições, amostras de água foram coletadas em garrafas de polietileno em cada área alagada, para posterior determinação das concentrações de nitrato (N-NO_3), nitrito (N-NO_2) e nitrogênio orgânico total (N-total) conforme método descrito em Mackereth, *et al.* (1978) e as concentrações de nitrogênio amoniacal (N-amoniacal) foram determinadas segundo metodologia descrita por Koroleff (1976). As concentrações de

ortofosfato (P-PO₄), fósforo total (P-total) e fósforo dissolvido (P-dissolvido) foram obtidas através do método descrito por Golterman *et al.* (1978). As amostras de água foram congeladas e as análises foram realizadas logo após cada coleta quinzenal, no Laboratório de Ecologia Aquática da Unesp – Rio Claro.

Nas culturas monoespecíficas foram colocadas em cada unidade experimental seis indivíduos jovens de *P. stratiotes*, com média inicial de 26,25 g MS m⁻² (desvio padrão= 0,13 g MS m⁻²) e seis rametes de *S. molesta* com média inicial de 5,06 g MS.m⁻² (desvio padrão= 0,03 g MS.m⁻²) para cada área alagada. Nas culturas mistas, cada unidade experimental recebeu três indivíduos jovens de *P. stratiotes* (13,17 g MS.m⁻², desvio padrão=0,07 g MS.m⁻²) e três rametes de *S. molesta* (2,61 g MS.m⁻², desvio padrão= 0,05 g MS.m⁻²) para cada área alagada.

A massa fresca de cada espécie foi obtida em cada unidade experimental em intervalos quinzenais ao longo do experimento, totalizando sete medições. Antes de efetuar a pesagem, as plantas foram deixadas para escorrer por aproximadamente cinco minutos, segundo metodologia utilizada por Agami & Reddy (1990). Posteriormente as espécies foram devolvidas às suas respectivas unidades experimentais. A massa seca foi calculada a partir da equação de regressão linear entre a massa fresca (MF) e massa seca (MS) a partir do processamento de outros indivíduos (*P. stratiotes* e rametes de *S. molesta*) da mesma população.

Aos dados obtidos quinzenalmente da biomassa total das espécies de cada unidade experimental foram ajustados ao modelo de crescimento logístico através da parametrização da seguinte equação:

$$N_t = K / (1 + e^{a - r_m t})$$

Em que: N_t = biomassa (g MS m⁻²); t = tempo; K = capacidade suporte (máximo valor de N_t); e = 2,71828 (base dos logaritmos naturais); a = constante de integração que define a posição da curva na origem; r_m = coeficiente de crescimento intrínseco (Krebs, 1994).

Os coeficientes de crescimento intrínseco (r_m) das duas espécies nas diferentes culturas, assim como, os resultados da capacidade suporte (K) foram estimados a partir dos ajustes das variações temporais de biomassa ao modelo sigmóide e foram efetuados através de regressões não lineares, calculadas pelo algoritmo iterativo de Levenberg-Marquardt (Press *et al.*, 1993). Os resultados de capacidade suporte (K), dos coeficientes intrínsecos (r_m) e de determinação (r^2) das diferentes culturas foram comparados para cada uma das espécies em cada área alagada marginal após o experimento.

Ao final do experimento, os espécimes foram separados e lavados. O material coletado foi seco em estufa a 60 °C até atingir peso seco constante para posterior análise das determinadas as concentrações de nitrogênio e fósforo da biomassa (MS) total (parte aérea e submersa) de ambas as espécies em cada área alagada. Os resultados foram expressos em porcentagem de peso seco (%PS). As concentrações de nitrogênio foram determinadas através do método Kjeldahl, segundo método analítico proposto por Allen *et al.* (1974) e as concentrações de fósforo, segundo metodologia de Marckereth (1978). As análises foram realizadas no Laboratório de Ecologia Aquática da Unesp – Rio Claro.

Para se testar a hipótese de que o conjunto das variáveis limnológicas são significativamente influenciadas pelas áreas alagadas foi aplicada a análise de variância (ANOVA Multivariada) aos dados de temperatura, pH, condutividade, turbidez, concentração de oxigênio dissolvido, alcalinidade, radiação, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, nitrogênio total, ortofosfato, fósforo total e fósforo dissolvido, usando a transformação \ln com variação $(x+1)$. Posteriormente fez-se uma análise discriminante, a qual gera um eixo canônico destacando as variáveis limnológicas de maior peso, com o intuito de maximizar a separação entre as duas áreas alagadas.

Foi aplicada a análise de variância (ANOVA Fatorial) aos valores de capacidade suporte (K), estimados a partir dos ajustes do modelo de crescimento logístico aos valores de biomassa de *P. stratiotes* e *S. molesta* nas culturas monoespecíficas e mistas de cada unidade experimental para cada área alagada. Aplicou-se ANOVA Fatorial aos valores obtidos em porcentagem de peso seco (%PS) de nitrogênio total e fósforo total na biomassa de *P. stratiotes* e *S. molesta* nas diferentes áreas alagadas. Posteriormente foi realizado o teste Tukey. O nível de significância adotado foi de 5% (Zar, 1999).

RESULTADOS

Os valores das médias e os desvios padrão das variáveis físicas e químicas da água para cada área alagada estão sumarizados na tabela 1. Na tabela 2 estão representados os valores da relação N total/P total em massa da água das áreas alagadas 1 e 2 nos dias de coleta.

O resultado apresentado pela ANOVA Multivariada indicou que o conjunto das variáveis limnológicas foi significativamente influenciado pelo tipo de área alagada (Winks Lambda=0,0055; $F_{14,27}=33,373$; $p<0,005$). A análise discriminante indicou quais variáveis limnológicas separam as duas áreas (concentração de oxigênio dissolvido, N-total, N-amoniaco, P-total, P-dissolvido, P-ortofosfato) e gerou um eixo canônico (combinação linear das variáveis originais) de tal forma a maximizar a diferença entre as áreas alagadas (tabela 3). Os escores gerados pelo eixo canônico mostram claramente que não houve sobreposição entre as áreas alagadas (figura 8).

Tabela 1. Médias e desvios padrão das variáveis físicas e químicas da água nas áreas alagadas marginais 1 (A1) e 2 (A2).

Variáveis	Áreas alagadas	
	A1	A2
pH	5,48 ± 0,23	5,58 ± 0,28
Temperatura (°C)	23,85 ± 1,51	24,47 ± 1,32
Radiação (mmol m ⁻² s ⁻¹)	362,38 ± 541,14	362,26 ± 169,95
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	1,26 ± 0,49	0,66 ± 0,25
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)	0,11 ± 0,16	0,12 ± 0,19
Alcalinidade (meq L ⁻¹)	0,14 ± 0,03	0,14 ± 0,02
Turbidez (NTU)	7,81 ± 5,88	10,38 ± 6,86
N-orgânico total (mg L ⁻¹)	0,35 ± 0,12	0,16 ± 0,08
P-total (µg L ⁻¹)	68,74 ± 18,95	43,57 ± 10,67
P-dissolvido (µg L ⁻¹)	46,7 ± 16,46	23,98 ± 5,73
P-ortofosfato (µg L ⁻¹)	24,63 ± 15,68	6,99 ± 5,56
N-amoniaco (mg L ⁻¹)	2,36 ± 1,17	0,55 ± 0,74
N-nitrito (mg L ⁻¹)	4,18 ± 2,25	3,49 ± 2,41
N-nitrato (mg L ⁻¹)	48,15 ± 29,89	44,18 ± 27,49

Tabela 2. Relação N total/P total em massa da água das áreas alagadas 1 e 2 nos dias de coleta.

	DIAS						
	9-jan	23-jan	9-fev	26-fev	10-março	27-março	16-abril
Área 1	7,87	6,88	6,87	1,28	6,29	5,63	4,66
Área 2	2,79	3,85	4,74	0,55	4,49	2,18	3,84

Tabela 3. Análise discriminante destacando as variáveis limnológicas selecionadas e seus respectivos pesos no eixo canônico 1. Em destaque as variáveis selecionadas com maior peso.

Variáveis	Eixo canônico 1
pH	-0,044011
Oxigenio dissolvido (mg L⁻¹)	0,199206
Alcalinidade (meq L ⁻¹)	-0,026571
Turbidez (NTU)	-0,041197
Temperatura (°C)	-0,055258
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)	-0,004419
N-orgânico total (mg L⁻¹)	0,220000
P-total (µg L⁻¹)	0,198145
P-dissolvido (µg L⁻¹)	0,236826
P-ortofosfato (µg L⁻¹)	0,175981
N-nitrito (mg L ⁻¹)	0,048610
N-nitrato (mg L ⁻¹)	0,024245
N-amoniaco (mg L⁻¹)	0,257663
Radiação (mmol m ⁻² s ⁻¹)	-0,082178

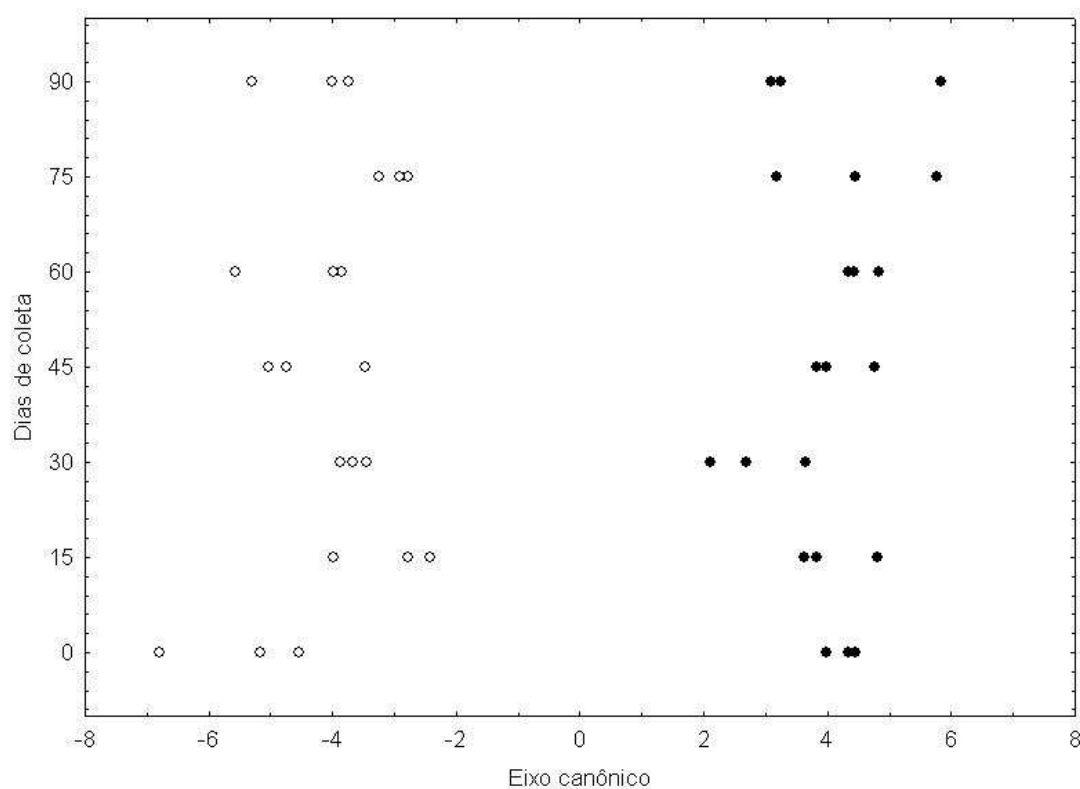


Figura 8. Escores gerados pelo eixo canônico e os dias de coleta nas áreas alagadas marginais, com base nas variáveis limnológicas selecionadas.

A análise de regressão linear simples entre massa fresca e massa seca de *S. molesta* apresentou coeficiente de correlação de 0,9832 e a equação obtida foi $MS = 0,0429 * MF + 0,1132$ (figura 9). *P. stratiotes* apresentou coeficiente de correlação de 0,9799 e a equação obtida foi $MS = 0,0465 * MF + 0,163$ (Figura 8), onde MS = massa seca e MF = massa fresca (figura 10).

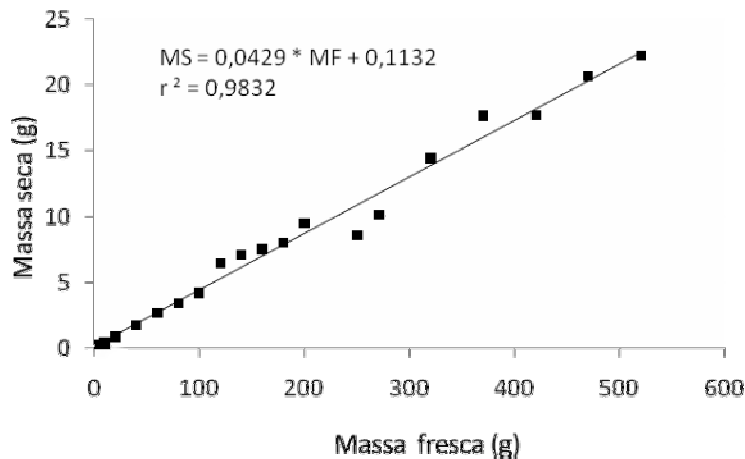


Figura 9. Relação entre massa fresca e massa seca de *S. molesta* e equação da reta correspondente.

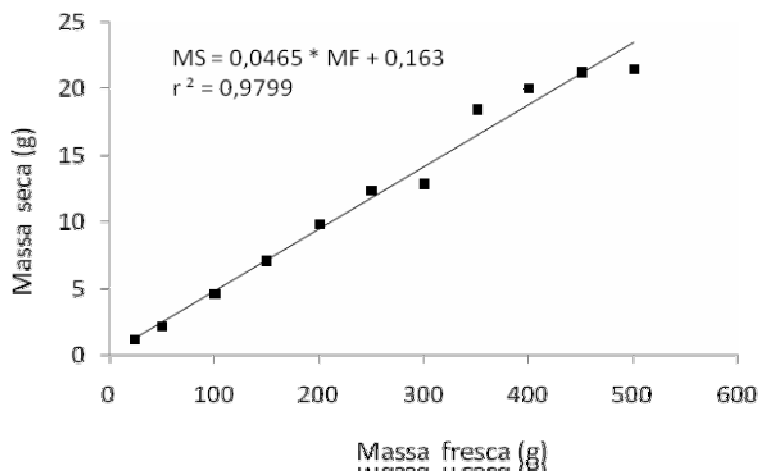


Figura 10. Relação entre massa fresca e massa seca de *P. stratiotes* e equação da reta correspondente.

Em monocultura, *P. stratiotes* apresentou maior ganho de biomassa (261,60 g MS m⁻²) onde naturalmente ocorre (área 1) do que no local onde foi transferida (44,78 g MS m⁻²) enquanto que *S. molesta* apresentou maior valor (129,24 g MS m⁻²) em sua área de ocorrência (área 2) do que na área em que foi transferida (área 1) (98,68 g MS m⁻²).

Os ajustes do modelo de crescimento logístico aos valores de biomassa para as culturas monoespecíficas e mistas, juntamente com a indicação de suas respectivas capacidades suporte média (K_m) e coeficientes de crescimento intrínseco (r_m) estão apresentados nas figuras 11 e 12.

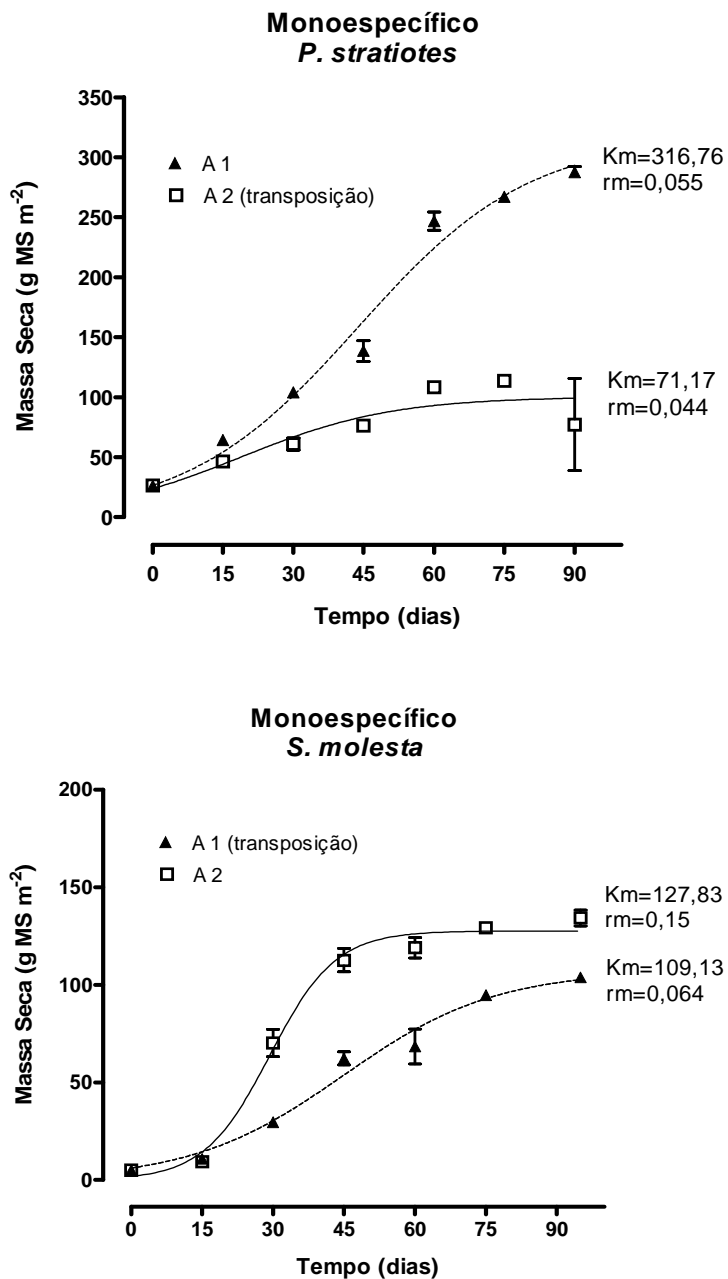


Figura 11. Valores médios e erros padrão de biomassa de *P. stratiotes* e *S. molesta* dos tratamentos em monoculturas com ajustes das curvas de crescimento logístico.

Em culturas mistas, o ganho de biomassa para *P. stratiotes* foi maior (229,31 g MS m⁻²) em seu local de origem (área 1) e menor valor para *S. molesta* (22,58 g MS m⁻²) enquanto que *S. molesta* apresentou maior valor (48,44 g MS m⁻²) onde naturalmente ocorre (área 2) e *P. stratiotes* menor valor (27,69 g MS m⁻²).

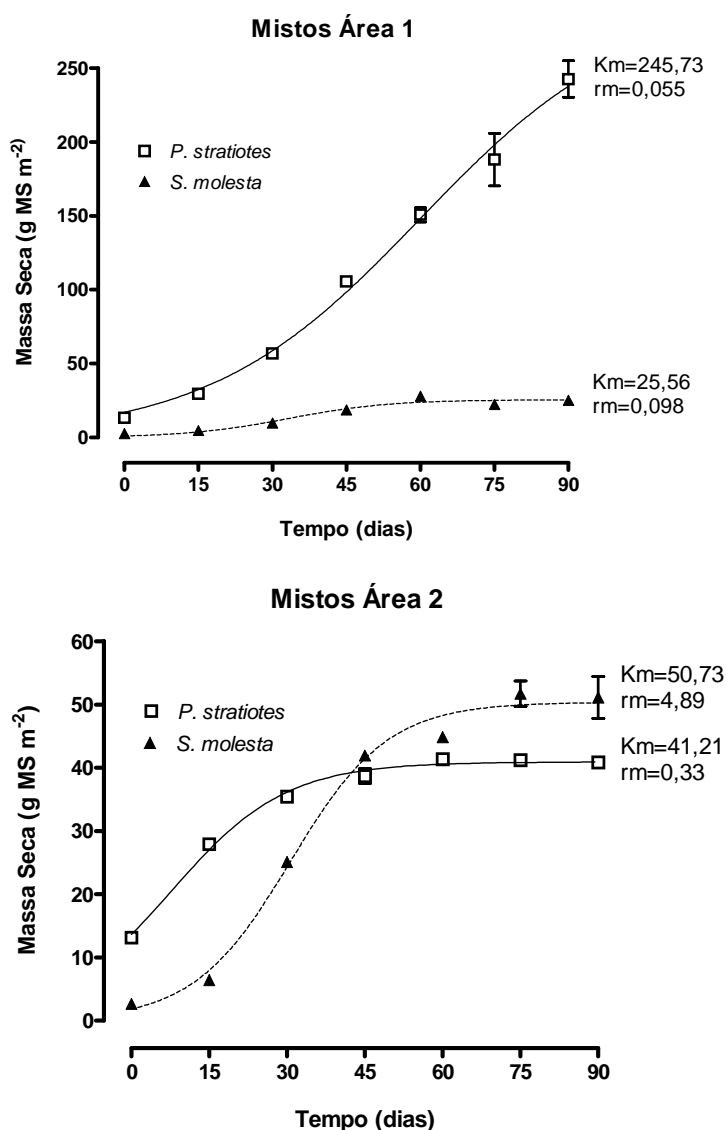


Figura 12. Valores médios e erros padrão de biomassa de *P. stratiotes* e *S. molesta* dos tratamentos em culturas mistas com ajustes das curvas de crescimento logístico.

Ocorreram diferenças significativas ($p=0,0003$) entre a capacidade suporte para *P. stratiotes* nos cultivos em monocultura na área alagada 1 e área alagada 2, apresentando maior valor médio onde *P. stratiotes* ocorre naturalmente (área 1). Os cultivos em mistura apresentaram diferenças significativas ($p=0,0002$) com menores valores médios de capacidade

suporte na área em que *P. stratiotes* não ocorre (área 2). Não houve diferença significativa ($p=0,053$) entre as diferentes culturas no local onde *P. stratiotes* ocorre (área 1) ou seja, a capacidade suporte foi a mesma independente se *P. stratiotes* cresceu em monocultura ou em associação com *S. molesta*. Foi encontrada diferença significativa ($p=0,02$) entre as diferentes culturas no local onde *P. stratiotes* não ocorre (área 2) (tabela 4). Para *S. molesta* observou-se diferenças significativas entre as áreas alagadas 1 e 2 para os cultivos em monocultura ($p=0,0002$) e em mistura ($p=0,0004$), apresentando maior valor médio na área alagada 2 ou seja, quando *S. molesta* cresceu em monocultura em seu ambiente de origem. Houve diferenças significativas entre as culturas mono específicas e mistas para *S. molesta* tanto na área 2 ($p=0,0002$), local onde ocorre, quanto na área 1 ($p=0,0004$), local onde esta espécie foi transferida (tabela 5).

Tabela 4. Valores médios de capacidade suporte (K), coeficiente intrínseco (r_m) e coeficiente de determinação (r^2) nas diferentes culturas de *P. Stratiotes*. Valores de erro padrão entre parênteses. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p<0,05$).

	<i>P. stratiotes</i> área 1 monocultura	<i>P. stratiotes</i> área 2 monocultura (transposição)	<i>P. stratiotes</i> área 1 misto	<i>P. stratiotes</i> área 2 misto
K	316,76 (16,20) (a)	71,17 (1,27) (b)	245,73 (52,65) (a)	41,21 (0,780) (c)
r m	0,055 (0,001)	0,044 (0,002)	0,055 (0,004)	0,332 (0,410)
r²	0,978	0,975	0,997	0,987

Tabela 5. Valores médios de capacidade suporte (K), coeficiente intrínseco (rm) e coeficiente de determinação (r^2) nas diferentes culturas de *S. molesta*. Valores de erro padrão entre parênteses. Letras distintas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

	<i>S molesta</i> área 2 monocultura	<i>S molesta</i> área 1 monocultura (transposição)	<i>S molesta</i> área 1 misto	<i>S molesta</i> área 2 misto
K	127,83 (6,30) (a)	109,13 (1,61) (b)	25,56 (0,654) (c)	50,73 (4,891) (d)
r m	0,15 (0,034)	0,064 (0,004)	0,098 (0,022)	0,10 (0,0256)
r²	0,98	0,996	0,943	0,991

A análise dos teores de nitrogênio e fósforo totais na biomassa de *P. stratiotes* e *S. molesta* indicaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as áreas alagadas 1, a qual apresentou maiores concentrações médias de N total ($0,35 \text{ mg L}^{-1}$) e P total ($68,74 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) na água, e na área alagada 2 que apresentou menores concentrações médias de N total ($0,16 \text{ mg L}^{-1}$) e P total ($43,57 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) na água (tabela 6).

Tabela 6. Valores médios e desvios padrão da porcentagem de nitrogênio total e fósforo total, na biomassa de *P. stratiotes* e *S. molesta*.

Variáveis	Área 1		Área 2	
	<i>P. stratiotes</i>	<i>S molesta</i>	<i>P. stratiotes</i>	<i>S molesta</i>
Nitrogênio (%PS)	$0,14 \pm 0,009$ (a)	$0,15 \pm 0,004$ (a)	$0,12 \pm 0,003$ (b)	$0,11 \pm 0,018$ (b)
Fósforo (%PS)	$0,56 \pm 0,013$ (a)	$0,62 \pm 0,073$ (a)	$0,41 \pm 0,012$ (b)	$0,35 \pm 0,035$ (b)

Médias e desvios seguidos de letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

As duas áreas alagadas se distinguem quanto às características físicas e químicas da água. Os escores gerados pelo eixo canônico da análise discriminante relacionando as variáveis limnológicas selecionadas com maior peso (concentração de oxigênio dissolvido, N-total, N-amoniaco, P-total, P-dissolvido, P-ortofosfato) e os dias de coleta nas áreas alagadas, mostra claramente que não houve sobreposição entre as duas áreas alagadas.

Comparando os resultados das características físicas e químicas da água com a frequência e abundância das espécies observa-se que a área com maiores concentrações de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, possui maior abundância de *P. stratiotes* e a área com menores concentrações maior abundância de *S. molesta*. Estes resultados reforçam os obtidos por Camargo & Biudes, (2006), que em um estudo na mesma bacia hidrográfica, também observaram que os estandes de *P. stratiotes* ocorriam em rios com maiores concentrações de fósforo (Guaú com $110,9 \mu\text{g L}^{-1}$ e Aguapeú com $111,2 \mu\text{g L}^{-1}$) na água do que os estandes de *S. molesta*. Bini *et al.* (1999), ao estudarem a distribuição e a abundância de macrófitas aquáticas na represa de Itaipu, encontraram uma relação positiva entre a ocorrência de espécies flutuantes e maiores concentrações de nitrogênio e fósforo. Provavelmente, as concentrações de fósforo na área alagada 2 ($43,37 \mu\text{g L}^{-1}$) são insuficientes para o crescimento de *P. stratiotes* impedindo sua ocorrência neste local sendo uma espécie que exige maiores concentrações de fósforo que *S. molesta*. Portanto, a disponibilidade de nitrogênio e fósforo é considerada como um fator que controla a ocorrência de macrófitas aquáticas neste ambiente.

Diversos estudos têm demonstrado maior produção primária destes vegetais em ambientes aquáticos com maiores concentrações de nitrogênio e fósforo (Biudes & Camargo 2006; Henry-Silva *et al.* 2002). Biudes & Camargo (2006), ao estudarem a biomassa da macrófita aquática emersa *Spartina alterniflora* Loisel. em dois rios da mesma bacia, obtiveram maior valor de biomassa (732 g MS m^{-2}) no rio com as maiores concentrações de nitrogênio e fósforo totais na água ($\text{Nt}=0,40 \text{ mg L}^{-1}$; $\text{Pt}= 675 \mu\text{g L}^{-1}$) e menor valor de biomassa (262 g MS m^{-2}) no rio com as menores concentrações ($\text{Nt}=0,11 \text{ mg L}^{-1}$; $\text{Pt}= 20 \mu\text{g L}^{-1}$). Henry-Silva *et al.* (2002) observaram maior taxa de crescimento desta espécie ($0,031 \text{ dia}^{-1}$) em água com 77 mg L^{-1} de fósforo total e menor taxa de crescimento ($0,016 \text{ dia}^{-1}$) em água com 15 mg L^{-1} do total de fósforo. Além disso, estes mesmos autores observaram

elevada taxa de crescimento ($0,029 \text{ dia}^{-1}$) de *S. molesta* em água com 15 mg L^{-1} do total de fósforo.

A habilidade competitiva das espécies varia entre os ambientes dependendo da concentração de nutrientes (Tilman, 1982). Benassi & Camargo (2000) ao avaliarem o processo competitivo entre *S. molesta* e *P. stratiotes*, em laboratório, observaram maior habilidade competitiva da primeira em relação a segunda e um crescimento negativo de *P. stratiotes* em baixas concentrações de nitrogênio ($0,30 \text{ mg. L}^{-1}$) e e fósforo ($25 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$). Henry-Silva *et al.* (2008) também observaram menor crescimento de *P. stratiotes* ($324,9 \text{ g MS m}^{-2}$) em menores concentrações ($18,2 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$) e maior crescimento ($10054,7 \text{ g MS m}^{-2}$) em maiores concentrações de fósforo ($106,6 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$).

Os resultados do experimento de avaliação de crescimento das duas espécies em monocultura e cultura mista nas duas áreas alagadas auxiliam na compreensão da distribuição das duas espécies na área de estudo. Em monocultura *P. stratiotes* apresentou ganho de biomassa seis vezes maior ($261,60 \text{ g MS m}^{-2}$) na área em que foi mais abundante (área 1) do que na área com ausência desta espécie ($44,78 \text{ g MS m}^{-2}$, área 2) onde apresentou crescimento moderado no início do experimento, mas uma redução de biomassa ao final. No entanto, *S. molesta* em monocultura apresentou altos valores de ganho de biomassa em ambas às áreas estudadas. De fato, os valores de ganho de biomassa foram similares para esta espécie tanto na área 1 ($98,68 \text{ g MS m}^{-2}$) quanto na área 2 ($129,24 \text{ g MS m}^{-2}$). Henry-Silva *et al.* (2008) observaram altos valores no crescimento desta espécie tanto em maiores, como em menores concentrações de nutrientes. Provavelmente, *S. molesta* possui menores necessidades de nutrientes, especialmente fósforo, o que permite seu crescimento mesmo em ambientes não muito eutrofizados. De fato, Rubim & Camargo (2001) e Rubim (2004) constataram que mesmo em águas pobres em nutrientes, *S. molesta* pode proliferar rapidamente com altas taxas de crescimento relativo. Henry-Silva *et al.* (2008) também comprovaram que *S. molesta* tem grande capacidade de crescimento em águas com baixas disponibilidades de nutrientes.

Em seu local de origem (área 1) *P. stratiotes* não apresentou diferenças significativas nos resultados de capacidade suporte entre os cultivos em monocultura e em cultura mista. Estes resultados mostram que *S. molesta* não afeta o crescimento de *P. stratiotes* quando em culturas mistas na área em que esta última espécie é mais abundante. No entanto, *S. molesta* é afetada por *P. stratiotes* na área 1, pois em cultura mista sua capacidade suporte foi inferior do que em monocultura ($25,6 \text{ g MS.m}^{-2}$ em monocultura e $109,1 \text{ g MS.m}^{-2}$ em cultura mista) apresentando diferenças significativas entre as culturas. Portanto, ambas as espécies crescem

nos diferentes cultivos, mas a presença de *P. stratiotes* em seu ambiente natural limitou o crescimento de *S. molesta* e o oposto não ocorreu. Na área colonizada exclusivamente por *S. molesta* (área 2) também observou-se o crescimento de ambas as espécies. Quando em cultura mista, *P. stratiotes* atingiu um valor de capacidade suporte de 41,2 g MS.m⁻² e *S. molesta* de 50,7 g MS.m⁻². Estes valores de k são inferiores aos valores de capacidade suporte de *P. stratiotes* (71,1 g MS.m⁻²) e de *S. molesta* (127,8 g MS.m⁻²) quando em monocultura nesta mesma área. Portanto, na área 2 a presença de uma espécie limita o crescimento da outra e vice-versa, acarretando na redução de crescimento de ambas as espécies quando em cultura mista.

Assim, o processo de competição ocorre tanto na área com maior quantidade de nutrientes quanto na com menor quantidade. Embora não tenha sido determinada a altura e a área foliar dos indivíduos de ambas as espécies, observou-se que *P. stratiotes* além de atingir maior capacidade suporte que *S. molesta*, também apresentou maior desenvolvimento de suas folhas. Este fato pode ter contribuído para o seu melhor desempenho competitivo em relação a *S. molesta*. De fato *P. stratiotes* possui crescimento vertical intenso (Rubim, 2004) enquanto que *S. molesta* possui crescimento principalmente horizontal, ou seja, em forma de tapetes (Mitchell & Tur, 1975). Henry-Silva & Camargo (2005) em um estudo sobre competição entre *Eichhornia crassipes* e *P. stratiotes* observaram uma competição assimétrica entre estas duas espécies, ou seja, *E. crassipes* afeta *P. stratiotes*, mas o inverso não ocorre. A ocorrência de competição assimétrica ocorre normalmente quando há uma diferença grande de tamanho entre espécies competidoras. Agami & Reddy (1990) demonstraram, através de experimentos do tipo série substitutiva, que *Eichhornia crassipes* mostrou-se competitivamente superior à *Pistia stratiotes* devido à arquitetura da folha da primeira espécie que possui maior área para obtenção da radiação luminosa.

O principal fator que interfere no processo competitivo entre *P. stratiotes* e *S. molesta*, provavelmente é a concentração de nitrogênio e fósforo na água. Rubim (2004) observou em experimento nesta mesma área de estudo, que *P. stratiotes* apresenta maior dependência das concentrações de fósforo para o seu desenvolvimento enquanto que essa característica não é atribuída a *S. molesta*. Benassi & Camargo (2000) observaram que *P. stratiotes* é um competidor mais eficiente em locais com maiores concentrações, principalmente de fósforo, enquanto *S. molesta* é mais eficiente em ambientes com menores concentrações. Outros autores também demonstraram a influência de concentrações de nutrientes no processo de competição entre outras espécies de macrófitas aquáticas. Van *et al.* (1999) demonstraram que em condições de concentrações mais elevadas de nutrientes no sedimento *Hydrilla verticillata*

(L.f.), mostrou-se uma competidora mais eficiente do que *Vallisneria americana* (L.). Mony *et al* (2007) ao avaliarem a competição entre *Hydrilla verticillata* (L.f.) e *Egeria densa* (Planch) observaram que a produção de biomassa para *H. verticillata* foi maior em sedimentos adubados e para *E. densa* em sedimentos de areia pura.

Pode-se concluir com os resultados obtidos a existência de competição assimétrica entre as duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes na área em que *P. stratiotes* ocorre naturalmente (área 1) sendo que, esta espécie apresentou vantagem competitiva em relação a *S. molesta* neste ambiente que possui maior concentração de nutrientes, especialmente fósforo. Por outro lado, os resultados obtidos no local de origem de *S. molesta* (área 2) que possui menor concentração de nutrientes, evidenciam a existência de competição simétrica entre as duas espécies, sendo que *S. molesta* foi um competidor mais eficiente em seu local de origem (área 2) que possui menor concentração de nutrientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, S. E., Grimshaw, H. M., Parkinson, J. A. & Quarmby, C. 1974. **Chemical analysis of ecological materials**. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 565 p.

Agami, M. & Reddy, K. R. 1990. Competition for space between *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms and *Pistia stratiotes* L. culture in nutrient-enriched water. **Aquatic Botany**. 38: 195-208.

Begon, M.; Harper, J. L. & Townsend, C. R. 1996. **Ecology individuals populations and communities**. Blackwell Scientific Publications, Boston, 876 p.

Benassi, R. F. & Camargo, A. F. M., 2000. Avaliação do processo competitivo entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta* D. S. Michell. **Revista Iniciação Científica**. 1: 59-66.

Bianchini Jr, I. 2003. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Eds. Thomaz, S. & Bini, L.M. Nupélia - Maringá (SC). Eduem, Maringá, 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 Itaipú Reservoir, Brazil. **Hydrobiologia**. 415: 147-154.

Biudes, J. F. V. & Camargo, A. F. M. 2006. Changes in biomass, chemical composition and nutritive value of *Spartina alterniflora* due to organic pollution in the basin of the river Itanhaém (SP, Brazil). **Brazilian Journal of Biology**. 62(3), 781-789.

Boschilia, S. M.; Oliveira, E. F.; Thomaz, S. M. 2008. Do aquatic macrophytes co-occur randomly? An analysis of null models in a tropical floodplain. **Oecologia**. 156: 203–214.

Camargo, A. F. M.; Henry-Silva, G. G. & Pezzato, M. M. 2003. Crescimento e produção primária de macrófitas aquáticas em zonas litorâneas. In: Henry, R. (Ed.). **Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos**. Fundibio/Rima, São Carlos, 213-232.

Camargo, A. F. M. & Biudes, J. F. 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 Limnológica Brasiliensia**. 18(3), 239-246.

Chambers, P. A., Lacoul P., Murphy, K. J. & Thomaz, S. M. 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. **Hydrobiologia**. 595: 9–26.

Doyle, R. D.; Francis, M. D. & Smart, R. M. 2003. Interference competition between *Ludwigia repens* and *Hygrophila polysperma*: two morphologically similar aquatic plant species. **Aquatic Botany**. 7: 223-234.

Fernandéz, O. A.; Sutton, D. L.; Lallana, V. H.; Sabbatini, M. R.; Irigoyen, F. H. 1990. Aquatic weed problems and management in South and central America. In: **Aquatic weeds: The ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. Pieterse, A. H.; Murphy, K. J. (Ed.) p. 406-435.

Golterman, H. I.; Clymo, R. S. & Ohnstad, M. A. M. 1978. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. 2nd. Oxford ed., Blackwell, 315 p.

Gibson, D. J., Connolly, J., Hartnett, D. C. & Weidenhamer, J. D. 1999. Designs for greenhouse studies of interactions between plants. **Journal of Ecology**. 87: 1-16.

Henry-Silva, G. G.; Camargo, A. F. M. & Pezzato, M. M. 2002. Effect of nutrient concentration on the growth of *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* and *Salvinia molesta*. **11th EWRS International Symposium on Aquatic Weeds (France)**. 147-150.

Henry-Silva, G. G. & Camargo, A. F. M. 2006. Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. *Planta Daninha*. 23(4): 1-8.

- Henry-Silva, G. G. & Camargo, A. F. M. 2005. Interações ecológicas entre duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes *Eicchornia crassipes* e *Pistia satratiotes*. **Hoehnea**. 32(3):445-452.
- Henry-Silva, G. G., Camargo F. M. & Pezzato, M. M. 2008. Growth of free-floating aquatic macrophytes in different concentrations of nutrients. **Hydrobiologia**. 610: 153-160.
- Hofstra, D. E., Clayton, J., Green, J. D. & Auger, M. 1999. Competitive performance of *Hydrilla verticillata* in New Zealand. **Aquatic Botany**. 63: 305-324.
- Khedr, A. H. & Demerdash M. A. 1996. Distribution of aquatic plants in relation to environmental factors in the Nile Delta. **Aquatic Botany**. 56: 75-86.
- Koroleff, F. 1976. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. **Methods of seawater analysis**. Weinheim. Verlag. Chemic. p. 117-181.
- Krebs, C. J. 1994. **Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance package**. Pearson Addison Wesley, New York. 816 p.
- Lorenzi, H. 1982. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. Nova Odessa, São Paulo, Brasil. 425 p.
- Ludwing, J.A. & Reynolds, J. F. 1988. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. John Wiley & Sons, New York. 338p.
- Mackereth, F. I. F.; Heron, J. & Talling, J. F. 1978. **Water analysis: some revised methods for limnologist**. London, Freshwater Biological Association. 121 p.
- Mitchell, D. S; Perr, T. & Viner, A. B. 1980. The water-fern *Salvinia molesta* in the Sepik River, Papua New Guinea. **Environmental Conservation**. 7(2), 115-122.
- Mitchell, D. S. & Tur, N. M. 1975. The rate of growth of *Salvinia molesta* (*Salvinia auriculata* Auct.) in laboratory and natural conditions. **J. Appl. Ecol.** 12, 213-225.

Mitchell, D. S. 1979. Aquatic weeds in Papua New Guinea. New Guinea. **Science**. 6, 154-160.

Mony, C., Koschnick, T. J., Haller W. T. & Muller S. 2007. Competition between two invasive Hydrocharitaceae (*Hydrilla verticillata* (L.f.) (Royle) and *Egeria densa* (Planch)) as influenced by sediment fertility and season. **Aquatic Botany**. 86: 236–242.

Odum, E. P. c1988. **Ecologia**. Tradução: Christopher J. Tribe. Supervisão da tradução: Ricardo Iglesias Rios. Ed. Guanabara. Rio de Janeiro. il. Título do original em inglês: Basic Ecology. 434 p.

Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T. & Flannery, B. P. 1993. **Numerical recipes in C: the art of scientific computing**. Cambridge, Univ. Press, New York, 994p.

Pott, V. J. & Pott, A. 2000. **Plantas aquáticas do Pantanal**. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá, MS) - Brasília, 404 p.

Rubim, M. A. L. & Camargo, A. F. M. 2001. Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia molesta* em um braço do rio Preto, Itanhaém, São Paulo. **Acta Limnológica Brasiliensia**. 13(1), 61-73.

Rubim, M. A. L. 2004. **Estudos ecológicos das espécies de macrófitas aquáticas *Salvinia molesta* Mitchell e *Pistia stratiotes* L.: Taxa de crescimento e ciclagem de nutrientes**. UNESP, Rio Claro. 114 p. Dissertação (Doutorado).

Tilman, D. 1982. **Resource Competition and Community Structure**. Princeton University Press. 296 p.

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. **Brazil Arch. Of Biol. and Tech**. 42(1), 15-22.

Thomaz, S. M. & Bini, L. M. 2003. **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 341p.

Terry, P. J. 1981. **Weeds and their control in the Gambia. Tropical Pest Management.** London. 27, 44-52.

Van, T. K.; Wheeler, G. S. & Center, T. D. 1999. Competition between *Hydrilla verticillata* and *Vallisneria Americana* as influenced by soil fertility. **Aquatic Botany.** 63, 225-233.

Zar, J. H. 1999. **Biostatistical analysis.** 4thEdition. Prentice-Hal Inc. New Jersey, USA.