

Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*

Gustavo Gonzaga Henry-Silva^{1,2} e Antonio Fernando Monteiro Camargo¹

Recebido: 24.02.2005; aceito: 27.09.2005

ABSTRACT - (Ecological interrelationships between floating aquatic macrophytes *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes*). The objective of this study was to evaluate the interrelationships between two floating aquatic macrophytes, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms and *Pistia stratiotes* L., using a reciprocal replacement series for the intermixed combinations. Plants were cultured in experimental unity, each having 0.19 m² of surface area. During the first eight weeks of the experiment, the plants of each species were removed from the experimental unity weekly, allowed to drain for five minutes and weight (fresh weight). They were then returned to their respective plots. We found asymmetric competition between those two species. *E. crassipes* showed competitive advantage in relation to *P. stratiotes*, independent of the initial proportion in plots.

Key words: aquatic macrophytes, competition, replacement series

RESUMO - (Interações ecológicas entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*). O objetivo do trabalho foi avaliar as inter-relações entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms e *Pistia stratiotes* L., utilizando o método de séries substitutivas. As plantas foram cultivadas em unidades experimentais com área útil de 0,19 m² ao ar livre e com um fluxo contínuo. Semanalmente as plantas foram pesadas (massa fresca) e posteriormente devolvidas as suas respectivas unidades experimentais. Verificou-se a existência de competição assimétrica entre as duas espécies, sendo que ao final do experimento *E. crassipes* apresentou uma vantagem competitiva em relação a *P. stratiotes*, independente das proporções iniciais a que estavam submetidas.

Palavras-chave: competição, macrófita aquática, séries substitutivas

Introdução

Os organismos conseguem viver somente dentro de seus limites de tolerância, ou seja, entre os limites inferiores e superiores de uma série de fatores bióticos e abióticos, tais como, interações ecológicas, temperatura, intensidade luminosa, nutrientes, entre outros. Dentre os fatores bióticos, a competição interespecífica pode ser definida como qualquer interação que afeta negativamente o crescimento, a sobrevivência ou a fecundidade da população de uma determinada espécie, em decorrência da exploração por recursos e/ou de interferência por indivíduos de outra espécie (Begon *et al.* 1996). Segundo o princípio de Gause, existe uma tendência da competição acarretar uma separação ecológica entre espécies com grande semelhança. Por outro lado, a competição também pode provocar adaptações seletivas que facilitam a coexistência de uma diversidade de organismos numa dada área ou comunidade (Odum 1988).

A macrófita aquática *Eichhornia crassipes* é nativa da América do sul tropical e foi introduzida em quase todos os continentes, enquanto que *Pistia stratiotes* é considerada uma espécie cosmopolita tropical e subtropical (Pott & Pott 2000). No Brasil ambas as espécies são abundantes e amplamente distribuídas, ocorrendo tanto em ecossistemas aquáticos naturais como em ambientes aquáticos impactados por atividades antrópicas (Henry-Silva & Camargo 2000). Existem relatos de proliferação indesejada dessas espécies em diversas partes de mundo, restringindo os usos múltiplos dos ecossistemas aquáticos, tais como dificuldade à navegação e à captação de água, problemas relacionados à geração de energia elétrica, comprometimento das atividades de lazer e redução da produção pesqueira (Pieterse & Murphy 1990, Petr 2000). Por outro lado, estes vegetais desempenham papel importante no tratamento de efluentes urbanos e de aquíicultura (Karpiscak *et al.* 1996, Redding *et al.* 1997, Henry-Silva 2001).

1. Universidade Estadual Paulista, Departamento de Ecologia, Centro de Aquicultura, Av. 24-A, 1515, 13506-900 Rio Claro, SP, Brasil

2. Autor para correspondência: ghgs@rc.unesp.br

Atualmente estudos têm sido desenvolvidos enfocando as inter-relações entre macrófitas aquáticas de diferentes grupos ecológicos (Moen & Cohens 1989, Chambers & Prepas 1990, Kenkel *et al.* 1991, Van *et al.* 1999). Entretanto, ainda são escassos os trabalhos que abordam as relações ecológicas entre espécies de macrófitas aquáticas flutuantes. Dentre estes trabalhos, podem ser destacados os desenvolvidos por Tag-El-Seed (1978) que verificou o efeito de diferentes valores de pH sobre as interações ecológicas de *E. crassipes* e *P. stratiotes*; por McIlraith *et al.* (1989) que analisaram as interações entre espécies do gênero *Lemna*; por Benassi & Camargo (2000) que observaram o processo competitivo entre *P. stratiotes* e *Salvinia molesta* e os experimentos de Agami & Reddy (1990) que analisaram as relações de competição entre *E. crassipes* e *P. stratiotes* em um ambiente enriquecido com nutrientes.

O conhecimento das relações ecológicas tem importância prática, visto que se uma espécie prolifera indesejadamente e se os fatores que limitam a sua produção são conhecidos, pode-se manejar adequadamente o ambiente, criando condições que inibam o seu crescimento. O entendimento das interações ecológicas também é útil no intuito de otimizar a eficiência das macrófitas aquáticas em sistemas de tratamento de efluentes. Neste contexto este estudo teve por objetivo avaliar as inter-relações entre as macrófitas aquáticas flutuantes *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms e *Pistia stratiotes* L.

Material e métodos

Delineamento experimental – O experimento foi inteiramente casualizado e conduzido durante oito semanas (janeiro a março de 2003). Os indivíduos de *E. crassipes* (Pontederiaceae) e *P. stratiotes* (Araceae) foram selecionados por tamanho e aparência semelhantes (rosetas individuais com raiz, mas sem rametes) e coletados em ecossistemas lóticos do litoral sul do Estado de São Paulo (24°11'S e 46°48'W).

As macrófitas aquáticas foram cultivadas ao ar livre em 15 caixas plásticas (unidades experimentais) de 0,55 × 0,35 × 0,25 m, com área útil de 0,19 m² (21°18'S e 48°18'W). As superfícies das unidades experimentais foram divididas em 12 partes iguais para posteriormente serem dispostos os indivíduos de *E. crassipes* e *P. stratiotes*. O fluxo de água foi contínuo (vazão de 1 L min⁻¹), proveniente de viveiros

de reprodutores de camarão de água doce (*Macrobrachium amazonicum*).

As interações entre *E. crassipes* e *P. stratiotes* foram investigadas utilizando o método de séries substitutivas, que mantém constante a densidade total e varia a proporção das espécies. A densidade vegetal total foi de 12 plantas em cada unidade experimental, tanto em monocultura quanto em culturas mistas (12:0, 0:12, 9:3, 6:6, 3:9). O experimento consistiu de cinco tratamentos com unidades experimentais em triplicata. Ambas as espécies de macrófitas aquáticas cultivadas em monoculturas corresponderam ao tratamento um, 12 partes de *E. crassipes* ou 100% de preenchimento, e ao tratamento dois, 12 partes de *P. stratiotes* ou 100% de preenchimento. No tratamento três, a área das unidades experimentais foi preenchida por nove partes (75%) de *E. crassipes* e três partes (25%) de *P. stratiotes* (9Ec3Ps). No tratamento quatro cada uma das espécies preencheu seis partes, ou seja, 50% para cada espécie (6Ec6Ps) e no tratamento cinco foram três partes (25%) de *E. crassipes* e nove partes (75%) de *P. stratiotes* (3Ec9Ps).

Variáveis biológicas – Semanalmente as plantas foram pesadas (massa fresca) e posteriormente devolvidas as suas respectivas unidades experimentais. Antes de efetuar a pesagem, o excesso de água retido nas raízes dos vegetais foi retirado, deixando a água escorrer por aproximadamente cinco minutos. Após oito semanas o experimento foi finalizado em decorrência do intenso crescimento de ambas as espécies.

A massa seca das macrófitas aquáticas foi estimada a partir da equação de regressão linear entre a massa fresca (MF) e a massa seca (MS) de indivíduos coletados nos ecossistemas lóticos do litoral sul do estado de São Paulo:

$$E. crassipes: MS = 0,565 + 0,061 \times MF \quad (r^2 = 0,985; n = 30).$$

$$P. stratiotes: MS = -1,951 + 0,055 \times MF \quad (r^2 = 0,992; n = 30).$$

Os valores médios de massa fresca individual de *E. crassipes* e *P. stratiotes* foram de 61,1 g e 29,5 g, respectivamente, sendo que os valores médios de massa seca foram de 3,8 g para *E. crassipes* e 1,4 g para *P. stratiotes*.

Aos dados de biomassa total das espécies em cada um dos tratamentos foi ajustado um modelo de crescimento logístico através da parametrização da seguinte equação (Krebs 1994):

$$N_t = \frac{K}{1 + e^{a-r}}$$

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

Os coeficientes de crescimento intrínseco (r) e K foram estimados 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. Para estes ajustes foram utilizados os coeficientes de crescimento de 0,061 dia⁻¹ para *E. crassipes* e de 0,087 dia⁻¹ para *P. stratiotes*, correspondendo as médias dos coeficientes de cada uma das macrófitas aquáticas nos diferentes tratamentos. Por este procedimento admitiu-se que este parâmetro não variou em função das condições ambientais em que foi desenvolvido o experimento.

Os valores de biomassa proporcional (BP) foram determinados no intuito de comparar em termos relativos o comportamento de *E. crassipes* e *P. stratiotes* nos diferentes tratamentos. Os valores de BP foram calculados segundo a equação proposta por Kenkel *et al.* (1991):

$$BP_{ax} = [GB_{a\ mistura} / (GB_{a\ mistura} + GB_{b\ mistura})]$$

Em que: BP_{ax} = biomassa proporcional da espécie a na mistura x ; $GB_{a\ mistura}$ = ganho de biomassa (g MS.m⁻²) da espécie a na mistura; $GB_{b\ mistura}$ = ganho de biomassa (g MS m⁻²) da espécie b na mistura.

As porcentagens de aumento de biomassa total de *E. crassipes* e de *P. stratiotes* foram calculadas a partir da biomassa total inicial de cada uma das espécies nas diferentes proporções de mistura.

Variáveis físicas e químicas – Paralelamente à determinação da biomassa total das macrófitas aquáticas foram coletadas semanalmente amostras do efluente de carcinicultura que abastecia as unidades experimentais. As amostras foram obtidas entre as 8:00 e 9:00 horas durante as oito semanas de experimento. Os valores de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica e turbidez foram mensurados com o multi-sensor marca Horiba U10.

As determinações de nitrogênio orgânico total (N-orgânico total), N-nitrito e N-nitrato foram realizadas segundo método descrito em Mackereth *et al.* (1978) e as concentrações de N-amoniaco foram determinadas de acordo com o método proposto por Koroleff (1976). As concentrações de fósforo total (P-total) e fósforo dissolvido (P-dissolvido) foram obtidas através do método descrito por Golterman *et al.* (1978).

Resultados

Variáveis limnológicas – Os valores médios e os desvios padrão das variáveis físicas e químicas da água de abastecimento das unidades experimentais com as macrófitas aquáticas *E. crassipes* e *P. stratiotes* estão apresentados na tabela 1.

Macrófitas Aquáticas em Monocultura – Em monocultura, *E. crassipes* apresentou na sexta semana ganho médio de biomassa de 736,7 g MS m⁻², em relação a sua biomassa inicial (343,4% de aumento), enquanto que *P. stratiotes* apresentou na sétima semana um ganho médio de 318,1 g MS m⁻² (391,0% de aumento). Ambas as espécies em monocultura apresentaram decréscimos de biomassa após o incremento máximo. Em monocultura o K de *E. crassipes* foi de 993,2 g MS m⁻² e o de *P. stratiotes* de 436,7 g MS m⁻² (figura 1).

Macrófitas aquáticas em diferentes proporções (séries substitutivas) – As macrófitas aquáticas, cultivadas em diferentes proporções de mistura, apresentaram comportamentos distintos. *E. crassipes* apresentou maiores ganhos de biomassa total em mistura do que

Tabela 1. Valores médios e desvios padrão das variáveis limnológicas das unidades experimentais com *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*.

Variáveis	Média	Desvio padrão
pH	8,3	0,4
Temperatura (°C)	27,8	1,7
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	4,7	0,8
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)	0,063	0,005
Turbidez (NTU)	64,8	12,7
N-orgânico total (mg L ⁻¹)	0,5	0,1
P-total (µg L ⁻¹)	287,0	85,2
P-dissolvido (µg L ⁻¹)	30,5	17,1
N-amoniaco (µg L ⁻¹)	6,1	1,8
N-nitrito (µg L ⁻¹)	11,7	3,7
N-nitrato (µg L ⁻¹)	79,2	46,4

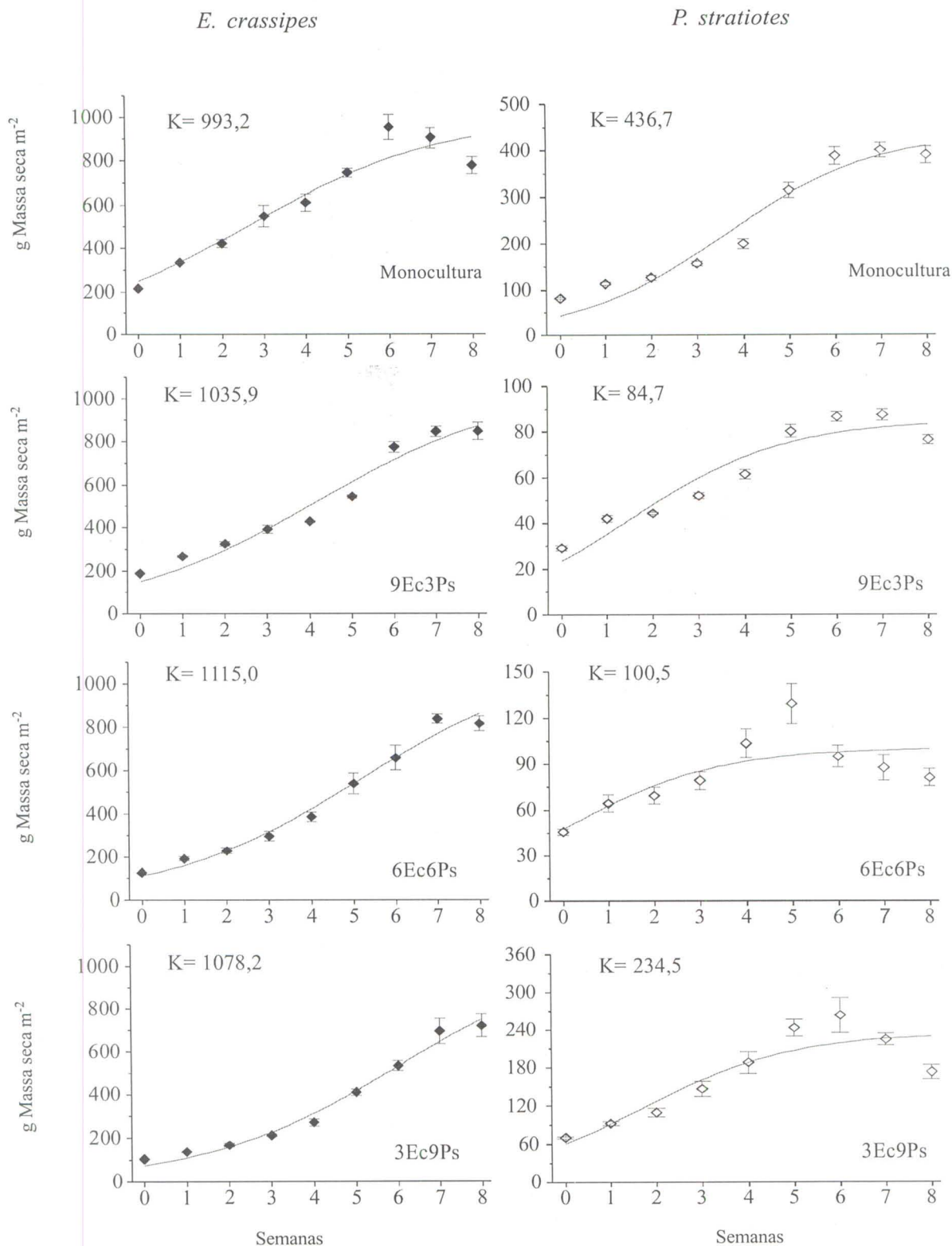


Figura 1. Curvas de crescimento de *E. crassipes* (◆) e *P. stratiotes* (◇) em diferentes proporções de mistura. (Monocultura = 100% de *E. crassipes* e 100% de *P. stratiotes*; 9Ec3Ps = 75% de *E. crassipes* e 25% de *P. stratiotes*; 6Ec6Ps = 50% *E. crassipes* e 50% de *P. stratiotes*; 3Ec9Ps = 25% de *E. crassipes* e 75% de *P. stratiotes*). K = Capacidade Suporte (g Massa Seca m⁻²). Os gráficos apresentam escalas distintas.

quando crescendo em monocultura, enquanto que *P. stratiotes* apresentou menores ganhos de biomassa quando em mistura do que quando em monocultura.

Na proporção de 3Ec9Ps o maior ganho de biomassa de *E. crassipes* ocorreu na oitava semana com valor médio de 616,6 g MS m⁻² (591,0% de aumento). Na proporção de 6Ec6Ps o maior de ganho de biomassa ocorreu na sétima semana, com valor médio de 712,3 g MS m⁻² (567,0% de aumento). Na proporção de 9Ec3Ps a maior ganho de biomassa ocorreu na oitava semana com valor médio de 659,8 g MS m⁻² (353,3% de aumento). *P. stratiotes*, na proporção de 3Ec9Ps, apresentou na sexta semana ganho médio de biomassa de 192,9 g MS m⁻² (275,7% de aumento), enquanto que nas proporções de 9Ec3Ps e 6Ec6Ps os maiores ganhos médios de biomassa foram, respectivamente, 58,4 g MS m⁻² (199,4% de aumento) na sétima semana e 83,6 g MS m⁻² (182,9% de aumento) na quinta semana (figura 1).

Os valores de K de *E. crassipes*, quando em mistura com *P. stratiotes*, foram semelhantes ao valor obtido quando em monocultura. Já o valor de K de *P. stratiotes* foi superior quando cultivada em monocultura (figura 1). Em relação à biomassa proporcional de ambas as espécies, pode-se constatar que com o transcorrer do experimento houve uma tendência de aumento dos valores de BP de *E. crassipes* e uma conseqüente diminuição dos valores de BP de *P. stratiotes*, nas três proporções em que foram cultivadas misturadas (figura 2).

Discussão

Ambas as espécies apresentaram aumento de biomassa em todos os tratamentos com o transcorrer do experimento. Este fato provavelmente ocorreu em virtude da estocagem de indivíduos jovens e da disponibilidade de espaço nas unidades experimentais para o desenvolvimento desses vegetais. Nas condições em que o experimento foi desenvolvido, *E. crassipes* apresentou maior habilidade competitiva em relação a *P. stratiotes*, independente das proporções em que foram cultivadas.

O processo competitivo entre as duas espécies macrófitas aquáticas não foi simétrico, ou seja, não foi observado um decréscimo da capacidade suporte de ambas as espécies interagentes. A competição assimétrica ou amensalismo é o processo de interação populacional no qual uma das espécies interagentes é afetada em termos de densidade e de capacidade

suporte, enquanto que a outra permanece relativamente inalterada (Odum 1988). Desta forma, *P. stratiotes* foi afetada em seu desenvolvimento por *E. crassipes*, apresentando reduções em seus valores de biomassa proporcional e uma capacidade suporte cinco vezes maior quando em monocultura do que quando cultivada na proporção de 9Ec3Ps. Já *E. crassipes* não sofreu interferências em seu crescimento, visto que a sua biomassa proporcional tendeu a aumentar e os seus valores de capacidade suporte foram semelhantes em todos os tratamentos. Caso semelhante de competição assimétrica entre macrófitas aquáticas foi observado por Grace & Wetzel (1981), que analisaram através de experimentos de manipulação as interações entre espécies do gênero *Typha*. Os autores constataram que *T. latifolia* geralmente excluía *T. angustifolia* em ambiente com pouca profundidade, sendo que a densidade de *T. latifolia* não era afetada pela competição com *T. angustifolia*.

Embora não tenha sido determinada a altura e a área foliar dos indivíduos de ambas as espécies, observou-se que *E. crassipes*, além de atingir seu crescimento máximo em monocultura antes de *P. stratiotes*, o que pode ser confirmado com o seu maior ganho de biomassa nas quatro primeiras semanas do experimento, também apresentou maior desenvolvimento de suas folhas (pecíolos e lâminas foliares). Este fato pode ter contribuído para o seu melhor desempenho competitivo em relação a *P. stratiotes*. De fato, *E. crassipes* possui um crescimento vertical intenso, principalmente quando estocada em altas densidades, permitindo desta forma a utilização mais eficiente da energia solar (Knipling *et al.* 1970). Agami & Reddy (1991), pesquisando as inter-relações entre macrófitas aquáticas, constataram que o crescimento de *Hydrocotyle umbellata* não foi influenciado pela presença de *E. crassipes*. Isto se deu em virtude da capacidade de *H. umbellata* em desenvolver os seus pecíolos acima da área de influência de *E. crassipes*, mantendo, portanto, a sua máxima capacidade de assimilação da radiação fotossinteticamente ativa e, conseqüentemente, não sofrendo reduções em suas taxas de crescimento.

O crescimento mais intenso de *E. crassipes* também pode ter proporcionado uma capacidade maior de assimilação e de estocagem dos nutrientes dissolvidos na água, favorecendo o seu sucesso competitivo em relação a *P. stratiotes*. De fato, Agami & Reddy (1990) ao constatarem a dominância de

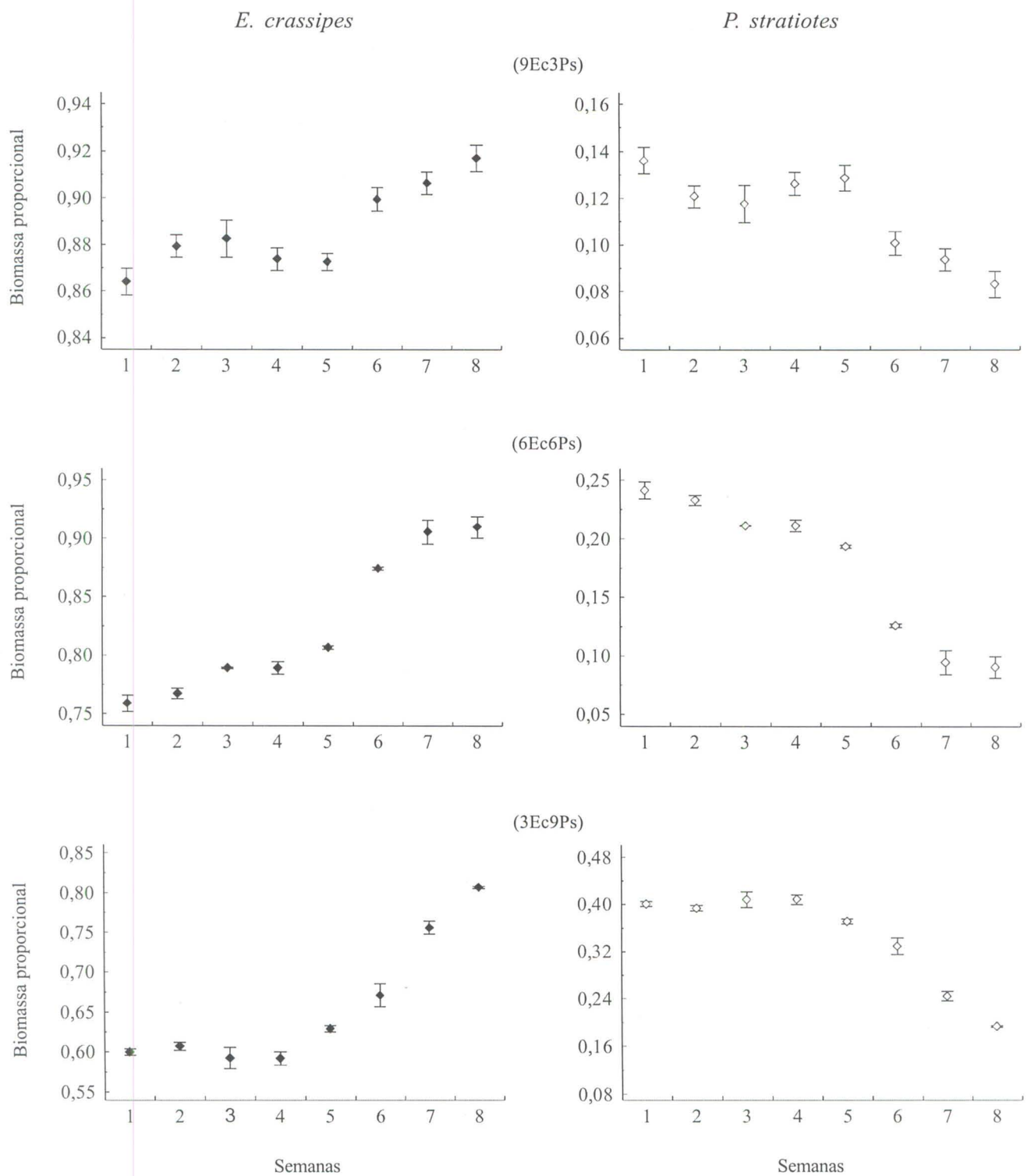


Figura 2. Valores médios e desvios padrão de biomassa proporcional de *E. crassipes* (◆) e de *P. stratiotes* (◇) em diferentes proporções de mistura. (9Ec3Ps = 75% de *E. crassipes* e 25% de *P. stratiotes*; 6Ec6Ps = 50% *E. crassipes* e 50% de *P. stratiotes*; 3Ec9Ps = 25% de *E. crassipes* e 75% de *P. stratiotes*). Os gráficos apresentam escalas distintas.

E. crassipes sobre *P. stratiotes*, verificaram que *E. crassipes* apresentou ao final do experimento um aumento de até 6 vezes nos teores de nitrogênio total em sua biomassa, enquanto que os valores deste nutriente na biomassa de *P. stratiotes* foram semelhantes aos obtidos no início do experimento.

As concentrações de nitrogênio e fósforo na água das unidades experimentais provavelmente não foram limitantes ao desenvolvimento de *E. crassipes* e *P. stratiotes*, pois diversas pesquisas constataram a ocorrência destas espécies em ambientes com concentrações menores destes nutrientes (Camargo *et al.* 1997, Bini *et al.* 1999, Henry-Silva *et al.* 2002). A temperatura provavelmente também não interferiu no crescimento das macrófitas aquáticas, visto que os valores médios foram semelhantes aos encontrados em ecossistemas aquáticos onde estes vegetais ocorrem naturalmente (Camargo *et al.* 2002). O valor de pH considerado ótimo para o desenvolvimento de *E. crassipes* se situa em torno de 7, enquanto que o de *P. stratiotes* é de aproximadamente 4 (Chadwick & Obeid 1966). No entanto, o valor médio de 8,3 não interferiu no crescimento das espécies, visto que em todos os tratamentos foram constatados ganhos de biomassa. Agami & Reddy (1990) também concluíram que o pH entre 7,3 e 7,7 não causou a supressão destas macrófitas aquáticas flutuantes.

Apesar da maior habilidade competitiva de *E. crassipes* em relação a *P. stratiotes*, é necessário cautela em extrapolar esta conclusão para os ambientes naturais. *E. crassipes* foi melhor competidora nas condições ambientais adotadas, no entanto, em ambientes com características bióticas e abióticas distintas, as interações ecológicas podem se alterar. Alguns autores vêm comprovando que mudanças nas características ambientais modificam as interações ecológicas entre espécies de macrófitas aquáticas. Van *et al.* (1999), analisando as inter-relações entre macrófitas aquáticas submersas, verificaram que *Hydrilla verticillata* possuiu maior habilidade competitiva em relação a *Vallisneria americana* em sedimentos ricos em nutrientes. No entanto, em sedimentos com menores teores de nutrientes *V. americana* sobressaiu em relação a *H. verticillata*. Benassi & Camargo (2000) concluíram que *S. molesta* possui maior habilidade competitiva do que *P. stratiotes* em ambiente com baixas concentrações de nitrogênio e fósforo.

Vale ressaltar que estes trabalhos foram desenvolvidos em ambientes relativamente

controlados. Nestas condições a competição tende a ser mais intensa, e a exclusão competitiva mais provável de ocorrer. Já em sistemas abertos naturais, com entradas e saídas heterogêneas, a probabilidade de coexistência pode ser maior e os efeitos do aumento da densidade tendem a exercer menor influência sobre as populações (Ricklefs & Miller 1999). De fato, Chambers & Prepas (1990), investigando a assembléia de macrófitas submersas em um ecossistema lântico, verificaram que a competição interespecífica foi reduzida e que a coexistência ocorreu devido à heterogeneidade espacial e à utilização diferencial de recursos.

Pode-se concluir com os resultados obtidos a existência de competição assimétrica entre as duas espécies de macrófitas aquáticas flutuantes, sendo que *P. stratiotes* apresentou desvantagem competitiva em relação a *E. crassipes*, independente das proporções iniciais a que estiveram submetidas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP pelo suporte financeiro (processo 02/04131-8), e aos Prof. Dr. Wagner Cotroni Valenti e Irineu Bianchini Junior pelo auxílio no desenvolvimento e na discussão dos resultados.

Literatura citada

- Agami, M. & Reddy, K.R. 1990. Competition for space between *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms and *Pistia stratiotes* L. cultured in nutrient-enriched water. *Aquatic Botany* 38: 195-208.
- Agami, M. & Reddy, K.R. 1991. Inter-relationships between *Eichhornia crassipes* and *Hydrocotyle umbellata*. *Aquatic Botany* 39: 147-157.
- 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* L. e *Salvinia molesta* D.S. Mitchell. *Revista Iniciação Científica* 1: 59-66.
- 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.
- Camargo, A.F.M., Schiavetti, A. & Cetra, M. 1997. Efeito da mineração de areia sobre a estrutura da comunidade de macrófitas aquáticas em um ecossistema lântico do litoral sul paulista. *Revista Brasileira de Ecologia* 1: 54-59.

- Camargo, A.F.M., Pezzato, M.M. & Henry-Silva, G.G.** 2003. Fatores limitantes a produção primária de macrófitas aquáticas. *In*: S.M. Thomaz & L.M. Bini (eds.). Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Eduem-Nupélia, Maringá (PR), pp. 59-84.
- Chadwick, M.J. & Obeid, M.** 1966. A comparative study of the growth of *Eichhornia crassipes* Solms and *Pistia stratiotes* L. in water-culture. *Journal of Ecology* 54: 563-575.
- 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.
- Golterman, H.L., Clyno, R.S. & Ohns tad, M.A.M.** 1978. Methods for chemical analysis of fresh water. Blackwell Scientific Publications, Boston, 214 p.
- Grace, J.B. & Wetzel, R.G.** 1981. Habitat partitioning and competitive displacement in cattails (*Typha*): experimental field studies. *American Naturalist* 118: 463-474.
- Henry-Silva, G.G. & Camargo, A.F.M.** 2000. Composição química de quatro espécies de macrófitas aquáticas e possibilidade de uso de suas biomassas. *Naturalia* 26: 111-125.
- Henry-Silva, G.G.** 2001. Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de utilização da biomassa vegetal. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 77 p.
- 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*. *In*: Proceedings of the 11th EWRS International Symposium on Aquatic Weeds. Moliets et Mañ (France), pp. 40-43.
- Karpiscak, M.M., Gerba, C.P., Watt, P.M., Foster, K.E. & Falabi, J.A.** 1996. Multi - species plant systems for wastewater quality improvements and habitat enhancement. *Water Science Technology* 33: 231-236.
- Kenkel, N.C., McIlraith, A.L., Burchill, C.A. & Jones, G.** 1991. Competition and the response of three plant species to a salinity gradient. *Canadian Journal Botany* 69: 2497-2502.
- Knipling, E.D., West, S.H. & Haller, W.T.** 1970. Growth characteristics, yield potential, and nutritive content of water hyacinth. *Soil & Crop Society* 30: 51-63.
- Krebs, C.J.** 1994. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance package. Pearson Addison Wesley, New York, 816 p.
- Koroleff, F.** 1976. Determination of nutrients. *In*: Grasshoff, K. (ed.). Methods of seawater analysis. Verlag Chemie Weinheim, New York, pp. 117-181.
- Mackereth, F.I.F., Heron, J. & Talling, J.F.** 1978. Water analysis: some revised methods for limnologist. Freshwater Biological Association, London, 121 p.
- McIlraith, A.L., Robinson, G.G.C & Shay, J.M.** 1989. A field study of competition and interaction between *Lemna minor* and *Lemna trisulca*. *Canadian Journal of Botany* 67: 2904-2911.
- Moen, R.A. & Cohen, Y.** 1989. Growth and competition between *Potamogeton pectinatus* L. and *Myriophyllum exallescens* fern. *Aquatic Botany* 33: 257-270.
- Odum, E.P.** 1988. Ecologia. Editora Guanabara, Rio de Janeiro, 434 p.
- Petr, T.** 2000. Interactions between fish and aquatic macrophytes in inland waters. A review. FAO Fisheries Technical Paper 396, Rome, 185 p.
- Pieterse, A.H. & Murphy, K.** 1990. Aquatic weeds and management of nuisance aquatic vegetation. Oxford University Press, New York, 593 p.
- Pott, V.J. & Pott A.** 2000. Plantas aquáticas do Pantanal. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (Corumbá, MS), Brasília, 404 p.
- Redding, T., Todd, S. & Midlen, A.** 1997. The treatment of aquaculture wastewater - A botanical approach. *Journal of Environmental Management* 50: 283-299.
- Ricklefs, E.R. & Miller, G.L.** 1999. Ecology. 4th ed. W.H. Freeman and Company, London, 822 p.
- Tag-El-Seed, M.** 1978. Effect of pH on the nature of competition between *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes*. *Journal Aquatic Plant Management* 16: 53-57.
- Van, T.K., Wheeler, G.S. & Center, T.D.** 1999. Competition between *Hydrilla verticillata* and *Vallisneria americana* as influenced by soil fertility. *Aquatic Botany* 62: 225-233.