

ESTUDOS DOS FATORES LIMITANTES À PRODUÇÃO PRIMÁRIA POR MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO BRASIL

José Francisco Vicente Biudes^{1,2} & Antonio Fernando Monteiro Camargo^{1,2,}*

¹Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Avenida 24-A nº 1515, CEP:13506-900. Rio Claro, Brasil.

²Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, CEP:14884-900. Jaboticabal, Brasil.

*E-mail: afinc@rc.unesp.br

RESUMO

Os ecossistemas aquáticos continentais brasileiros, em sua maioria com extensas regiões litorâneas, são propícios à ocorrência de macrófitas aquáticas. Neste trabalho são utilizados resultados de pesquisas desenvolvidas no Brasil para discutir os principais fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas, bem como os impactos antrópicos sobre estes fatores limitantes. Os fatores limitantes abordados são temperatura, radiação fotossinteticamente ativa, velocidade de corrente, variação do nível de água, concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e carbono inorgânico. Utilizamos estudos realizados em campo, mas também resultados de experimentos em laboratório, pois estes permitem que se isolem variáveis que controlam a produção e o crescimento de macrófitas aquáticas. As alterações antrópicas nos ecossistemas aquáticos interferem no crescimento e na produção primária de macrófitas aquáticas. A eutrofização artificial promove o crescimento de macrófitas flutuantes, emersas e mesmo submersas. A construção de represas em rios também interfere no crescimento de macrófitas alterando a velocidade de corrente e o padrão de variação de nível de água. Estes dois fatores são importantes controladores da produção destes vegetais. O conhecimento sobre os fatores limitantes ao crescimento de macrófitas aquáticas no Brasil é ainda muito escasso. Poucos ambientes e poucas espécies têm sido estudados, dificultando a comparação de resultados. A formação de pesquisadores, a ampliação das áreas geográficas em estudos de campo, o desenvolvimento de experimentos em laboratório em condições controladas e a realização de eventos científicos específicos sobre macrófitas aquáticas podem contribuir para reduzir a lacuna de conhecimento técnico e científico sobre esta comunidade aquática.

Palavras-chave: Produção primária, nutrientes, radiação fotossinteticamente ativa, temperatura, carbono inorgânico.

ABSTRACT

STUDYING THE LIMITANT FACTORS TO PRIMARY PRODUCTION OF AQUATIC MACROPHYTES IN BRAZIL. The littoranean ecosystems of Brazil generally present vast areas colonized by aquatic macrophyte plants. In this work we present and discuss a number of studies about the main limitant factors to primary production of aquatic macrophyte plants in Brazil, and the underlying effects of human activities. The limitant factors here discussed would include temperature, photosynthetic active radiation, current speed, and available amounts of nitrogen, phosphorus and inorganic carbon. Studies in the field as well as in the laboratory are discussed. Laboratory studies enable assessing the effects of isolated variations in the rearing conditions over the growth of aquatic macrophytes. Such studies are scant in Brazil. Anthropogenic alterations on aquatic ecosystems affect the growth and primary production of aquatic macrophytes. Human-induced eutrophication promotes the growth of free-floating, emerged, and submerged algae. The construction of dams also interferes on macrophytes growth, because it causes changes in water flow and levels, which are important factors driving the production of these plants. Knowledge about ecology of aquatic macrophytes and limitant factors to their growth in Brazil is poor, as few environments and species were studied, making it difficult to compare results. We would suggest improving the technical formation of researchers, increasing the area of field investigations, increasing the number of laboratory tests with controlled conditions and promoting more scientific gatherings about aquatic macrophytes to amend that knowledge deficiency.

Keywords: Primary production, nutrients, photosynthetic radiation, temperature, inorganic carbon.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos continentais brasileiros, em sua maioria com extensas regiões litorâneas, são propícios à ocorrência de macrófitas aquáticas. Neste ambiente, as macrófitas aquáticas desempenham importantes funções, tais como fornecimento de alimento e abrigo para peixes e invertebrados, participação na ciclagem de nutrientes e auxiliam na proteção e estabilização das margens (Duarte 1995, Esteves 1998). Além disso, as macrófitas podem desempenhar importante papel no ciclo do carbono em ambientes onde são abundantes. Isto porque podem assimilar grandes quantidades de carbono inorgânico da atmosfera ou da água e transformá-lo em biomassa por meio do processo fotossintético (Geneviève *et al.* 1997).

A produção primária das macrófitas aquáticas é controlada por uma série de fatores limitantes, entre os quais a temperatura, radiação fotossinteticamente ativa, velocidade de corrente, variação do nível de água, nutrientes e disponibilidade de carbono inorgânico (Camargo *et al.* 2003). Estes fatores dificilmente atuam isoladamente nos ambientes naturais, mas influenciam as características fotossintéticas das macrófitas, tanto em escalas diárias como sazonais (Sand-Jensen 1989). Quando as condições ambientais estão próximas aos limites de tolerância da espécie, esta realiza fotossíntese apenas o suficiente para sua sobrevivência, no entanto, quando as condições estão próximas do ótimo observa-se alta produtividade (Gopal 1990). Em alguns casos, as condições ambientais favoráveis proporcionam a proliferação indesejada de algumas espécies de macrófitas aquáticas (Thomaz *et al.* 2003).

No Brasil, há registros de proliferação indesejada de macrófitas aquáticas em reservatórios de hidrelétricas com prejuízo a geração de eletricidade e em ambientes aquáticos impactados pelo lançamento de esgotos domésticos e industriais (Lopes-Ferreira 2000, Marcondes *et al.* 2003). Estas proliferações indesejadas resultam em prejuízo aos usos múltiplos dos ecossistemas aquáticos e precisam ser controladas. Para tanto, o conhecimento sobre as condições ambientais que permitiram a proliferação indesejada é fundamental.

O conhecimento da ecologia destes vegetais também é importante para sua utilização em sistemas

de tratamento de efluentes. Estes sistemas têm se mostrado como uma boa alternativa para o tratamento de efluentes de pequenas comunidades, como tratamento terciário para remoção de nutrientes e para o tratamento de efluentes de aquicultura (Henry-Silva & Camargo 2008). A avaliação da produção de biomassa das macrófitas sob as condições climáticas do local em que o sistema de tratamento está localizado, bem com as características do efluente a ser tratado é fundamental para se efetuar o manejo do vegetal e manter o sistema com alta eficiência (Biudes 2007).

Neste trabalho serão utilizados resultados de pesquisas desenvolvidas no Brasil para discutir os principais fatores limitantes (temperatura, radiação fotossinteticamente ativa, velocidade de corrente, variação do nível de água, concentração de nutrientes e carbono inorgânico) à produção primária por macrófitas aquáticas. Bem como os impactos antrópicos sobre estes fatores limitantes.

TEMPERATURA

A temperatura influencia a produção primária das macrófitas por controlar a velocidade de reações químicas destes vegetais (Kirk 1994). De maneira geral, altas temperaturas favorecem a produção primária por acelerarem as reações químicas metabólicas das macrófitas aquáticas (Geneviève *et al.* 1997). Contudo, cada espécie apresenta uma faixa de temperatura ótima para o seu crescimento.

Em regiões temperadas e tropicais, a dinâmica sazonal da produtividade das macrófitas apresenta importantes diferenças, em função das características climáticas destas regiões. Nas regiões temperadas, as estações são bem definidas e há marcantes variações da temperatura e da radiação luminosa durante o ano, o que implica em variações sazonais da biomassa de macrófitas aquáticas. De fato, Esteves (1979) ao estudar a variação anual da biomassa da macrófita emersa *Glyceria maxima* em um lago de uma região de clima temperado (norte da Alemanha), observou valores de biomassa aérea próximos à zero no inverno, intensa produção de biomassa aérea na primavera (abril a junho) e altos valores de biomassa aérea no verão (julho a setembro) e em parte do outono (outubro e novembro) (Figura 1). Em outro estudo realizado em região temperada (Little River, Carolina do

Norte, Estados Unidos), Everitt & Burkholder (1991) observaram que a macrófita flutuante *Lemna* sp. foi abundante no verão, quando as temperaturas da água ficaram em torno de 20°C, e desapareceu no inverno, quando as temperaturas da água ficaram entre 3 e 1°C. Por outro lado, em regiões tropicais as estações não são bem definidas quanto à temperatura, o que poderia implicar em menores variações da biomassa e da produtividade de macrófitas aquáticas. No entanto, em regiões tropicais a variação sazonal de pluviosidade e do nível de água tem se mostrado como importantes fatores responsáveis pela variação sazonal da biomassa e produtividade de macrófitas (Santos & Esteves 2004, Enrich-Prast & Esteves 2005). Em ambientes tropicais com clima com pequena variação sazonal, tais como ambientes aquáticos costeiros, a biomassa e produção de macrófitas são constantes ao longo do ano. De fato, Bonocchi (2006), ao estudar a variação sazonal da biomassa de macrófitas emersas na região estuarina do rio Itanhaém (SP-Brasil), observou que o número de folhas das macrófitas emersas *Spartina alterniflora*, *Crinum procerum* e *Scirpus californicus* apresentou pequena variação durante o ano e ausência de padrão sazonal (Figura 2).

A maioria dos estudos sobre produção primária ou de avaliação da biomassa de macrófitas no Brasil tem sido realizada em ambientes naturais e, portanto, não permitem que se conclua quais variáveis são responsáveis pelas variações de produção e biomassa. Apenas

estudos experimentais nos quais se controle as variáveis alterando apenas o valor de temperatura podem fornecer informações sobre a influência desta variável. Entre os estudos experimentais realizados no Brasil, Pezzato (2007) avaliou o crescimento da macrófita submersa *Egeria najas* em diferentes temperaturas (15, 20, 25 e 30°C) e observou maior produção de biomassa em 25°C (Figura 3). *Pistia stratiotes* também teve maior crescimento em 25°C do que em temperaturas de 15 e 30°C (Cancian 2007). Estes estudos indicam claro que espécies de região tropical têm melhor crescimento em temperaturas mais elevadas (25°C), mas temperaturas de 30°C limitam seu crescimento.

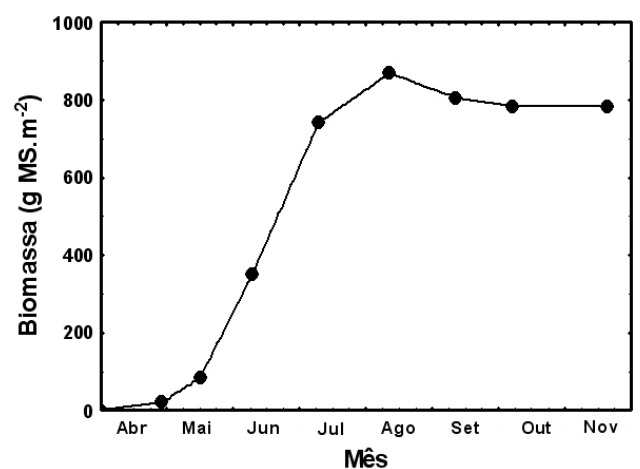


Figura 1. Biomassa aérea (média) da macrófita emergida *Glyceria maxima* em diferentes meses do ano (modificado de Esteves 1979).

Figure 1. Mean aerial biomass of the emerged macrophyte *Glyceria maxima* over different months of the year (modified from Esteves 1979).

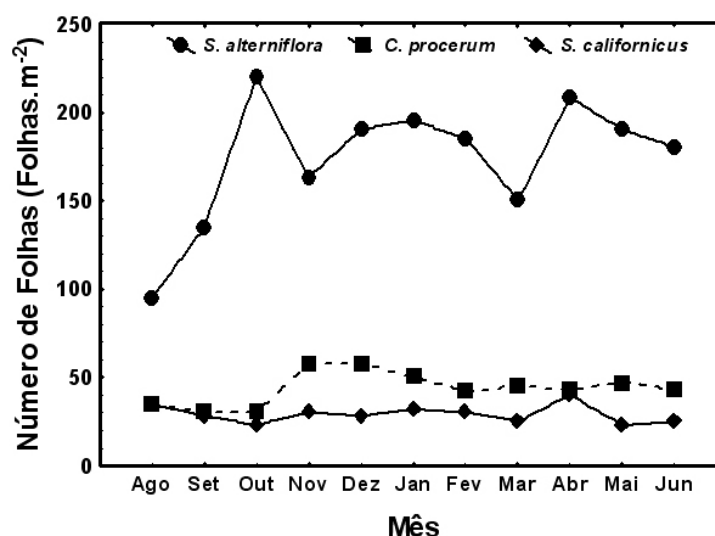


Figura 2. Número de folhas (média) das macrófitas emersas *Spartina alterniflora*, *Crinum procerum* e *Scirpus californicus* em diferentes meses do ano (modificado de Bonocchi 2006).

Figure 2. Number of leaves (mean) of the emergent macrophytes *Spartina alterniflora*, *Crinum procerum* and *Scirpus californicus* over different months of the year (modified from Bonocchi 2006).

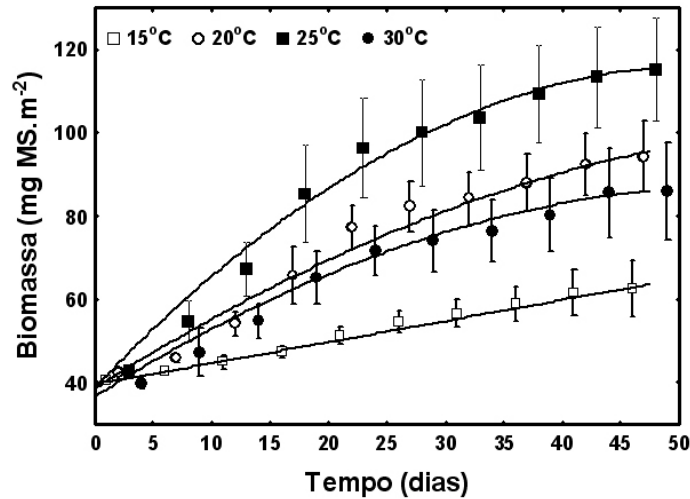


Figura 3. Curvas de crescimento da biomassa (média e desvio padrão) da macrófita submersa *Egeria najas* em diferentes temperaturas (modificado de Pezzato 2007).

Figure 3. Growth curves (mean) of the submerged macrophyte *Egeria najas* reared under different temperatures (modified from Pezzato 2007). Vertical lines indicate standard deviation.

RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) é essencial à produção primária de macrófitas aquáticas por controlar a fotossíntese destes vegetais. As taxas fotossintéticas das macrófitas aumentam com o aumento da RFA até o nível de saturação (Cosby *et al.* 1984). Entretanto, a fotossíntese pode ser inibida em altas RFA (Platt *et al.* 1980).

A maioria dos estudos sobre o efeito da RFA sobre a produção primária de macrófitas aquáticas tem sido realizada com espécies submersas. Entre estes estudos, Camargo *et al.* (2006), ao avaliar a relação entre a RFA e a produção primária bruta (PPB) de *Egeria densa* e *Cabomba furcata*, encontraram uma relação positiva

entre a RFA e a PPB de *E. densa* e uma relação negativa entre a RFA e a PPB de *C. furcata* (Figuras 4 e 5). Este estudo mostra que a RFA necessária para a produção primária de macrófitas submersas varia entre as espécies, indicando que algumas espécies necessitam de RFA mais altas e outras estão adaptadas a condições de sombra. Em outro estudo com macrófita submersa, Tavechio & Thomaz (2003) avaliaram, em laboratório, a produção primária líquida de *E. najas* submetida a intensidades luminosas entre 0 e 124 $\mu\text{M}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Os autores observaram que a produção primária líquida ficou próxima da saturação nas intensidades de RFA máximas utilizadas e o ponto de compensação foi atingido entre 6 e 22 $\mu\text{M}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, o que indica que *E. najas* pode crescer em ambientes com pouca luminosidade.

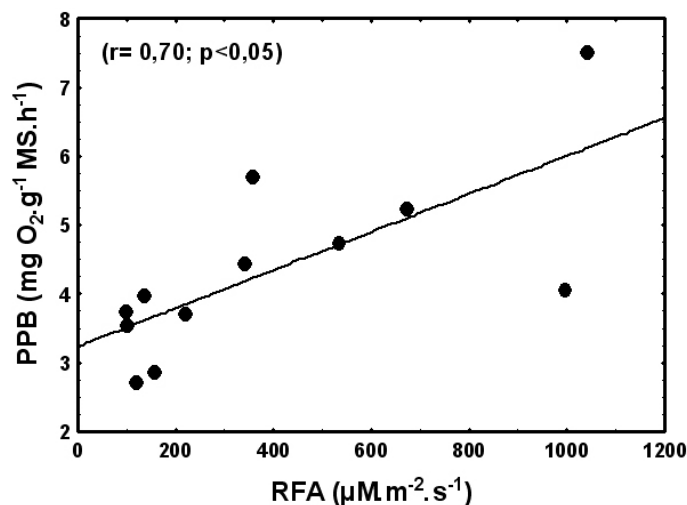


Figura 4. Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e a produtividade primária bruta (PPB) de *Egeria densa* (modificado de Camargo *et al.* 2006).

Figure 4. Relationship between the photosynthetic active radiation (PAR) and the gross primary production (GPP) of *Egeria densa* (modified from Camargo *et al.* 2006).

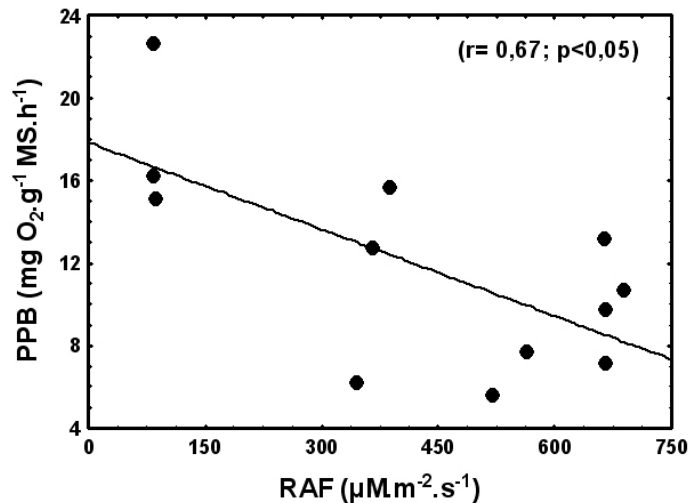


Figura 5. Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e a produtividade primária bruta (PPB) de *Cabomba furcata* (modificado de Camargo *et al.* 2006).

Figure 5. Relationship between the photosynthetic active radiation (PAR) and the gross primary production (GPP) of *Cabomba furcata* (modified from Camargo *et al.* 2006)

Estudos sobre a influência da RFA sobre macrófitas aquáticas flutuantes e emersas são raros. Esta carência de estudos se deve ao fato de que espécies flutuantes e emergentes não são influenciadas pela transparência da água como as submersas. No entanto, algumas espécies flutuantes e emergentes podem ocorrer em áreas mais ou menos sombreadas por outras espécies de macrófitas ou pela vegetação terrestre (mata ciliar) (Leung 2005). Entre os trabalhos realizados com macrófitas aquáticas flutuantes, Moraes (2002) avaliou o efeito de diferentes RFA (200, 400 e $600\mu\text{M.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) sobre o crescimento de *Salvinia molesta* e observou maior crescimento nas RFA 400 e $600\mu\text{M.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Em outro estudo, Rubim & Camargo (2001) constataram que alto valor de RFA ($852\mu\text{M.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) pode limitar a produção de biomassa de *S. molesta*, provavelmente, devido a inibição fotossintética.

VELOCIDADE DE CORRENTE

A velocidade de corrente é um fator que pode determinar a ocorrência, limitar a produtividade primária de macrófitas aquáticas ou favorecer seu crescimento. Altas velocidades de corrente transportam macrófitas aquáticas flutuantes e impedem a formação de bancos deste tipo ecológico (Camargo *et al.* 2003). Gantes & Tur (1995), em um estudo sobre a variação temporal de biomassa em um rio de planície

na Argentina, observaram o desaparecimento de espécies não enraizadas após uma enchente que elevou a velocidade do rio de 10 para $20\text{cm}.\text{s}^{-1}$. Espécies enraizadas também são prejudicadas por velocidades de corrente elevadas, pois a correnteza intensa torna o sedimento instável e dificulta a fixação dos vegetais aquáticos (Nilson 1987). Por outro lado, velocidade de corrente moderada pode favorecer o crescimento e o aumento da produtividade de macrófitas aquáticas. Este favorecimento se deve a dois motivos, que são (i) prejuízo ao crescimento do fitoplâncton e do perifiton que favorece o crescimento de macrófitas aquáticas submersas e (ii) quebra da *boundary layer*, o que proporciona maior disponibilidade de nutrientes para as macrófitas aquáticas flutuantes (Camargo *et al.* 2003).

Estudos sobre o efeito da velocidade de corrente sobre a produtividade de macrófitas aquáticas são escassos no Brasil. Entre os estudos realizados, Silva (2008) avaliou a produção de biomassa da macrófita flutuante *Eichhornia crassipes* em diferentes velocidades de corrente e constatou um efeito positivo do aumento da velocidade de corrente sobre a produção de biomassa desta macrófita (Tabela I). Em estudo realizado em sistemas de tratamento de efluentes, Pereira (2004) também verificou um efeito positivo do aumento da velocidade de corrente sobre a produção de biomassa da macrófita flutuante *Pistia stratiotes* (Tabela I).

Tabela I. Valores médios de produção de biomassa de *Eichhornia crassipes* (de acordo com Silva 2008) e *Pistia stratiotes* (de acordo com Pereira 2004) em diferentes velocidades de corrente.

Table I. Mean values of biomass production of *Eichhornia crassipes* (based on Silva 2008) and *Pistia stratiotes* (based on Pereira 2004) under different current speeds.

Espécies	Produção de biomassa (g MS.m ⁻² .dia ⁻¹)	Velocidade de corrente (cm.s ⁻¹)
<i>E. crassipes</i>	5,23	0,01
<i>E. crassipes</i>	9,90	0,04
<i>E. crassipes</i>	9,78	0,08
<i>E. crassipes</i>	11,55	0,16
<i>P. stratiotes</i>	0,22	0,028
<i>P. stratiotes</i>	0,27	0,056
<i>P. stratiotes</i>	0,87	0,112
<i>P. stratiotes</i>	1,70	0,223

A construção de reservatórios de usinas hidrelétricas diminui a velocidade de corrente dos rios e cria extensas áreas que podem ser colonizadas por macrófitas aquáticas. Dentre estas áreas, destacam-se os braços dos reservatórios, nos quais podem ser formados grandes bancos de macrófitas submersas e/ou flutuantes. Exemplo disto é a alta frequência de ocorrência e biomassa da macrófita submersa *E. najas* em braços do reservatório de Itaipu, onde a elevada transparência da água favorece o crescimento desta espécie e de outras macrófitas submersas como *Nitella acuminata*, *Urochloa plantaginea* e *Ludwigia suffruticosa* (Thomaz *et al.* 2003). Quanto às espécies flutuantes, em ambientes eutrofizados pode ocorrer a formação de grandes bancos de macrófitas flutuantes, tal como *P. stratiotes* no braço superior da represa de Salto Grande (interior do Estado de São Paulo) (Lopes-Ferreira 2000), o que é possível também pela baixa velocidade de corrente destes locais.

A formação de extensos bancos de macrófitas nos reservatórios pode prejudicar o funcionamento de usinas hidrelétricas. No Brasil, Marcondes *et al.* (2003) relatam sobre o prejuízo à geração de energia por macrófitas aquáticas na Usina Eng. Sousa Dias (Rio Paraná), para a qual são deslocados grandes bancos de macrófitas aquáticas flutuantes (*E. crassipes* e *P. stratiotes*) e submersas (*E. najas* e *E. densa*). Nesta usina, segundo Marcondes *et al.* (2003) as macrófitas danificam as grades de proteção de tomada de água das turbinas, que precisam ser constantemente substituídas. Ainda segundo estes autores, durante esta manutenção, as turbinas ficam indisponíveis para a geração de energia, o que reduz a capacidade de produção de energia.

VARIAÇÃO DO NÍVEL DE ÁGUA

Diversos estudos têm demonstrado a influência da variação do nível de água sobre a biomassa, frequência de ocorrência e/ou a produção primária de macrófitas aquáticas (Palma-Silva *et al.* 2000, Santos & Esteves 2002, Santos & Esteves 2004, Palma-Silva *et al.* 2005, Santos *et al.* 2006, Thomaz *et al.* 2006). Em estudo realizado na Lagoa de Imboassica (litoral norte do Rio de Janeiro), Palma-Silva *et al.* (2000) verificaram uma relação direta entre o aumento do nível de água e o aumento da biomassa da macrófita emersa *Eleocharis mutata*. Santos & Esteves (2004) também encontraram uma relação direta entre o aumento do nível de água e o aumento da biomassa aérea da macrófita emersa *Eleocharis intersticta* na Lagoa de Cabiúnas (litoral norte do Rio de Janeiro). Na Figura 6 pode-se observar que o maior valor de biomassa aérea de *E. intersticta* (338g.MS.m⁻²) foi registrado quando o nível de água atingiu valor máximo (135cm) e o menor valor de biomassa aérea (20g.MS.m⁻²) foi registrado quando o nível de água atingiu valor mínimo (0cm), logo após a abertura da barreira de areia que separava a lagoa do mar. Santos *et al.* (2006), em estudo realizado na Lagoa de Imboassica, observaram um efeito negativo da redução do nível de água, após a abertura da barra de areia entre a lagoa e o mar, sobre a biomassa da macrófita emersa *Typha domingensis*. Thomaz *et al.* (2006) estudaram o efeito de uma redução do nível de água em 5m sobre a frequência de ocorrência de macrófitas flutuantes (*E. crassipes* e *Salvinia herzogii*) e submersa (*E. najas*) em braços do Reservatório de Itaipu (fronteira Brasil-Paraguai). Os autores observaram que a redução do nível de água em 5m não alterou as frequências de ocorrência de *E. crassipes* e *S. herzogii* que permaneceram constantes antes e após o evento. Por outro lado, a redução do nível de água em 5m diminuiu a frequência de ocorrência de *E. najas* de 38% para 9% um mês após o evento e para 6% dez meses após o evento, o que indica um impacto prolongado da redução do nível de água sobre esta espécie. Estes estudos mostram claramente o efeito da variação do nível de água sobre espécies emersas (*E. mutata*, *E. intersticta* e *T. domingensis*) e submersa (*E. najas*). Enquanto, espécies flutuantes (*E. crassipes* e *S. herzogii*) parecem ser menos influenciadas pela variação do nível de água.

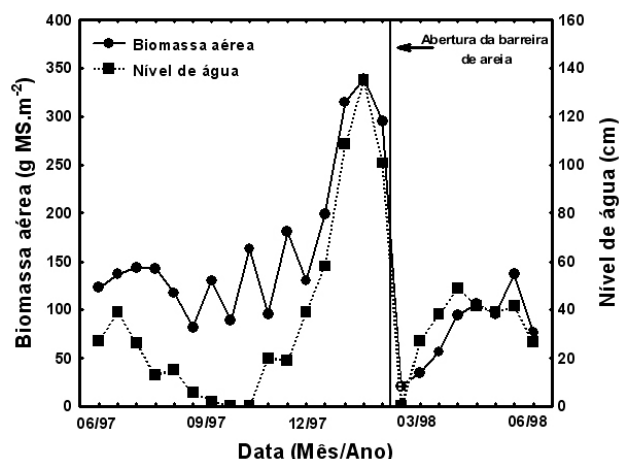


Figura 6. Variação da biomassa aérea (média) da macrófita emergsa *Eleocharis intersticta* e do nível de água da Lagoa de Cabiúnas (litoral norte do Estado do Rio de Janeiro; modificado de Santos & Esteves 2004).

Figure 6. Aerial biomass variation (mean) of the emergent macrophyte *Eleocharis intersticta* and water level of Cambiunas lagoon, Rio de Janeiro, Brazil (modified from Santos & Esteves 2004).

NITROGÊNIO E FÓSFORO

O nitrogênio (N) e o fósforo (P) são elementos constituintes da biomassa das macrófitas e são essenciais na composição de moléculas que atuam em processos metabólicos. O N é importante constituinte de proteínas e o P é constituinte de compostos celulares ligados ao armazenamento de energia da célula (ATP e GTP), ácidos nucleicos, fosfolípidos, nucleotídeos e fosfoproteínas (Salisbury & Ross 1992, Larcher 2000). Portanto, a disponibilidade de N e P é considerada como um dos principais fatores que controlam a ocorrência e a produção primária de macrófitas aquáticas (Van *et al.* 1999). Diversos estudos têm demonstrado maior frequência de ocorrência e maior produção primária de macrófitas aquáticas em ambientes (água e/ou sedimento) com maiores concentrações de N e P (Bini *et al.* 1999, Henry-Silva 2001, Biudes & Camargo 2006, Thomaz *et al.* 2006). Bini *et al.* (1999), ao estudarem a distribuição e a abundância de macrófitas na represa de Itaipu, encontraram uma relação positiva entre a ocorrência de espécies de macrófitas flutuantes e maiores concentrações de N e P na água. Henry-Silva (2001), em estudo realizado em sistemas de tratamento de efluentes de viveiros de tilápia-do-nilo, encontrou uma relação positiva entre a produção de biomassa pelas macrófitas flutuantes *E. crassipes* e *P. stratiotes* e as concentrações de N e P da água (Tabela II). Biudes & Camargo (2006), ao estudarem a biomassa da macrófita emergsa *S. alterniflora* em dois rios da bacia hidro-

gráfica do rio Itanhaém (SP), obtiveram maior valor de biomassa (732g.MS.m⁻²) no rio com as maiores concentrações de N e P totais na água (NT=400 µg.L⁻¹; PT=675µg.L⁻¹) e no sedimento (NT=0,25% MS; PT=0,20% MS) e menor valor de biomassa (262 g.MS.m⁻²) no rio com as menores concentrações de N e P totais na água (NT=110µg.L⁻¹; PT=20µg.L⁻¹) e no sedimento (NT=0,12% MS; PT=0,05% MS). Thomaz *et al.* (2007), ao estudarem o efeito de diferentes concentrações de N (0,0075 a 0,0600% MS) e P (0,0075 a 0,0600% MS) no sedimento sobre a produção de biomassa da macrófita submersa *E. najas*, encontraram relações positiva entre N e P no sedimento e a produção de biomassa da macrófita. Estes resultados sugerem que a eutrofização artificial pode provocar aumento da produção primária de macrófitas flutuantes, emersas e mesmo submersas, o que pode resultar em intensa proliferação destes vegetais. Exemplos disto são as formações de extensos bancos de *E. crassipes* e *P. stratiotes* na represa Billings, que está localizada na região metropolitana da cidade de São Paulo (Palombo 1997), e a formação de extensos bancos de *P. stratiotes* na represa de Americana (SP), que apresenta características hipereutróficas (Lopes-Ferreira 2000).

Tabela II. Valores médios de produção de biomassa de *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* em diferentes concentrações de nutrientes (de acordo com Henry-Silva 2001).

Table II. Mean values of biomass production of *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* reared under different nutrient concentrations (based on Henry-Silva 2001).

Espécies	Produção de biomassa (g MS.m ⁻² .dia ⁻¹)	Nutrientes	
		NT (µg.L ⁻¹)	PT (µg.L ⁻¹)
<i>E. crassipes</i>	22,07	350	77
<i>E. crassipes</i>	2,93	190	12
<i>P. stratiotes</i>	7,10	350	77
<i>P. stratiotes</i>	1,42	190	12

A alta produção de biomassa de macrófitas flutuantes em águas com elevadas concentrações de N e P tem despertado o interesse em utilizar macrófitas em sistemas de tratamento de efluentes enriquecidos em nutrientes. Nestes sistemas, as macrófitas removem nutrientes da água e os estocam em sua biomassa (Tilley *et al.* 2002). Além disto, servem de substrato para microrganismos que mineralizam e removem nutrientes do efluente (Brix 1997).

Diversos estudos têm demonstrado a eficiência de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes domés-

uticos (Cameron *et al.* 2003, Roussau *et al.* 2004) e de atividades agropecuárias (Lin *et al.* 2003, Lin *et al.* 2005). No Brasil, existem alguns estudos sobre o uso de macrófitas aquáticas para o tratamento de efluentes de atividades aquícolas, que são enriquecidos em N e P. Henry-Silva & Camargo (2006) utilizaram *E. crassipes* e *P. stratiotes* no tratamento de efluentes de viveiros de tilápias-do-nylo e observaram eficiências de 43% na remoção de N total e de 82% na remoção de P total do efluente. Biudes (2007) utilizou um sistema com a macrófita *E. crassipes* para o tratamento de efluente de viveiros de carcinicultura e verificou alta produção de biomassa (6.640g.MS.m⁻².ano⁻¹) desta macrófita. Os estoques de N e P removidos do efluente e acumulados na biomassa vegetal também foram altos (17,8g de N.m⁻² e 4,7g de P.m⁻²). Este autor também verificou que o efluente da saída do sistema com *E. crassipes* aguapé apresentou concentrações de N e P totais menores do que a água de abastecimento dos viveiros de cultivo, o que possibilita a reutilização do efluente tratado na própria atividade aquícola.

CARBONO INORGÂNICO DISSOLVIDO

O carbono inorgânico dissolvido (CID) na água pode controlar a produtividade de macrófitas aquáticas submersas, pois é essencial à fotossíntese destes vegetais. O CID está presente na água como CO₂, H₂CO₃, HCO₃⁻ e CO₃⁻², sendo que a proporção destas moléculas depende do pH do meio (Esteves 1998). Para a fotossíntese de macrófitas aquáticas, o CO₂ é a forma preferida, entretanto, em águas com pH próximo a

7,0 há maior disponibilidade de HCO₃⁻ (Sand-Jensen 1983). O HCO₃⁻ pode ser utilizado por muitas espécies de macrófitas para a fotossíntese quando as concentrações de CO₂ são baixas, o que é uma vantagem para estas espécies em ambientes com baixa disponibilidade de CO₂ (principalmente em valores mais elevados de pH) (van Wijk 1989). Contudo, as taxas fotossintéticas destas macrófitas, geralmente, são menores quando submetidas à saturação por HCO₃⁻ do que quando submetidas à saturação por CO₂ (Sand-Jensen 1983). Pierini & Thomaz (2006), em um estudo em laboratório, constataram que *E. najas* e *E. densa* utilizam preferencialmente CO₂ para realizar fotossíntese e aumentam a utilização de HCO₃⁻, quando a disponibilidade de CO₂ na água é pequena.

A relação entre a produção primária bruta e a concentração de CID na água foi estudada para as macrófitas submersas *C. furcata* e *Utricularia foliosa* por Camargo *et al.* (2006). Para as duas espécies, os autores observaram uma relação positiva entre a produção primária bruta e a concentração de CID na água (Figuras 7 e 8), evidenciando que maiores concentrações de CID proporcionam maiores valores de produção primária bruta destas macrófitas. Pezzato (2002), ao avaliar a produção primária bruta da macrófita submersa *E. densa* em diferentes concentrações de CID na água, observou maiores valores de produção primária bruta em altas concentrações de CID na água (Figura 9). Estes resultados confirmam que o CID na água é um importante fator limitante à produção primária de macrófitas aquáticas submersas.

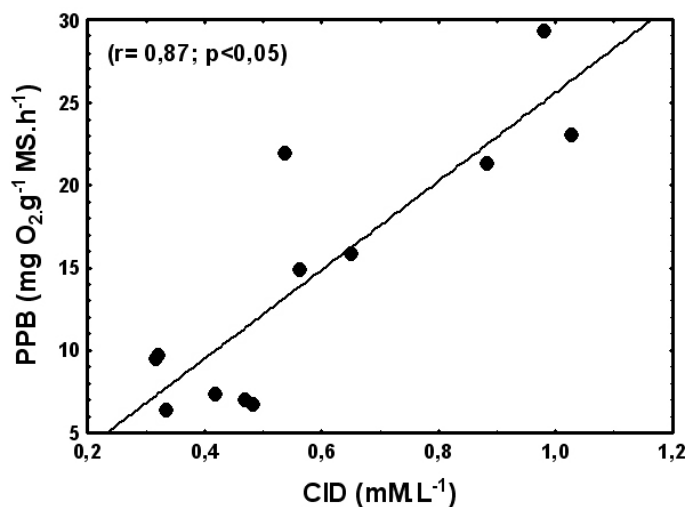


Figura 7. Relação entre a concentração de carbono inorgânico dissolvido (CID) na água e a produtividade primária bruta (PPB) de *Utricularia foliosa* (modificado de Camargo *et al.* 2006).

Figure 7. Relationship between the concentration of dissolved inorganic carbon (DIC) and the gross primary production (GPP) of *Utricularia foliosa* (modified from Camargo *et al.* 2006).

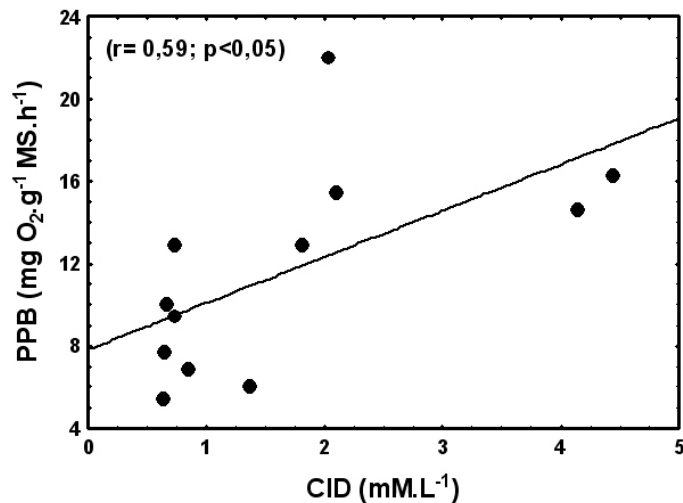


Figura 8. Relação entre a concentração de carbono inorgânico dissolvido (CID) na água e a produtividade primária bruta (PPB) de *Cabomba furcata* (modificado de Camargo *et al.* 2006).

Figure 8. Relationship between the concentration of dissolved inorganic carbon (DIC) in water and the gross primary production (GPP) of *Cabomba furcata* (modified from Camargo *et al.* 2006).

QUESTÕES METODOLÓGICAS

Um aspecto importante sobre produção primária e crescimento de macrófitas aquáticas está relacionado com as diferenças metodológicas utilizadas para a avaliação do crescimento/produção para as macrófitas emersas e flutuantes e para as submersas. Os métodos utilizados para a avaliação da produção de macrófitas emersas e flutuantes normalmente é o de ganho de biomassa por unidade de tempo e os resultados são fornecidos em massa por unidade de área por tempo. Por outro lado, para macrófitas submersas a metodologia utilizada é o de produção de O₂ utilizando o método de frascos claros e escuros. Assim, a comparação dos resultados é difícil. Poucos trabalhos têm utilizado medidas de ganho de biomassa de macrófitas submersas (Pistori *et al.* 2004, Thomaz *et al.* 2007). Estes autores avaliaram o crescimento/produção relacionando o comprimento de rametes com a biomassa.

Um aspecto importante na avaliação do crescimento e produção de macrófitas são as variáveis utilizadas como indicadores de crescimento. Alguns autores têm utilizado a taxa de crescimento relativo para comparar o crescimento de macrófitas aquáticas de diferentes espécies e em diferentes condições ambientais. No entanto, é importante destacar que a taxa de crescimento relativo (TCR) segue o modelo proposto por Mitchell & Tur (1975) que é um modelo exponencial $TCR = (\ln x_2 - \ln x_1) / (T_2 - T_1)$. Assim, este

modelo somente pode ser aplicado quando se observa crescimento exponencial, do contrário podem-se obter valores não reais. A Figura 10 contém gráficos com dados hipotéticos de crescimento de macrófitas, indicando possibilidades reais de ganho de massa e a curva do modelo exponencial (em tracejado) aplicado aos resultados. O gráfico A da Figura 10 contém uma curva de crescimento que segue o modelo logístico. Apenas no início do tempo experimental a curva segue aproximadamente um modelo exponencial e apenas neste intervalo de tempo é possível a utilização do modelo exponencial para o cálculo da taxa de crescimento. A linha tracejada indica a aplicação do modelo exponencial aos valores iniciais e finais de biomassa. No gráfico B da Figura 9, o crescimento é constante e o modelo que melhor se ajusta é o de uma reta. Neste caso o uso do modelo exponencial não é adequado como indicado pela linha tracejada. Apenas no gráfico C da Figura 9 pode-se utilizar o modelo exponencial para o cálculo da taxa de crescimento.

Outra análise aplicada a dados de crescimento de macrófitas em diferentes condições ambientais (tratamentos) é a análise de variância (ANOVA). Alguns experimentos que avaliam o crescimento de macrófitas têm aplicado a ANOVA ao ganho de massa (Henry-Silva *et al.* 2008). No entanto, a maioria dos experimentos avalia o ganho de massa em diferentes intervalos de tempo. Assim, a análise mais apropriada é a ANOVA com medidas repetidas que valoriza o

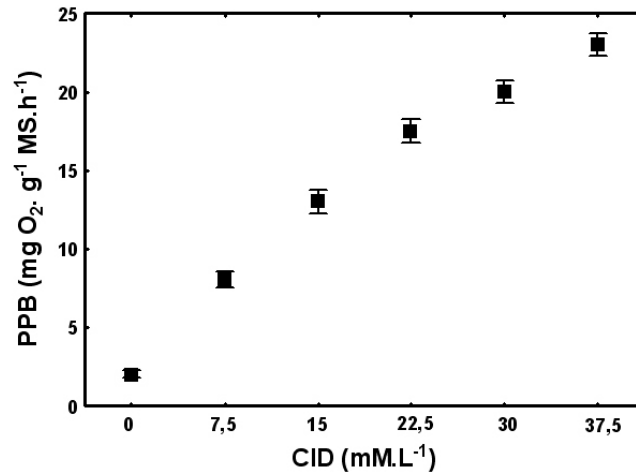


Figura 9. Produtividade primária bruta (PPB) (média e desvio padrão) de *Egeria densa* em diferentes concentrações de carbono inorgânico dissolvido (CID) na água (modificado de Pezzato 2002).

Figure 9. Gross primary production (GPP) (mean and standart deviation) of *Egeria densa* reared in different concentrations of dissolved inorganic carbon (DIC) (modified from Pezzato 2002).

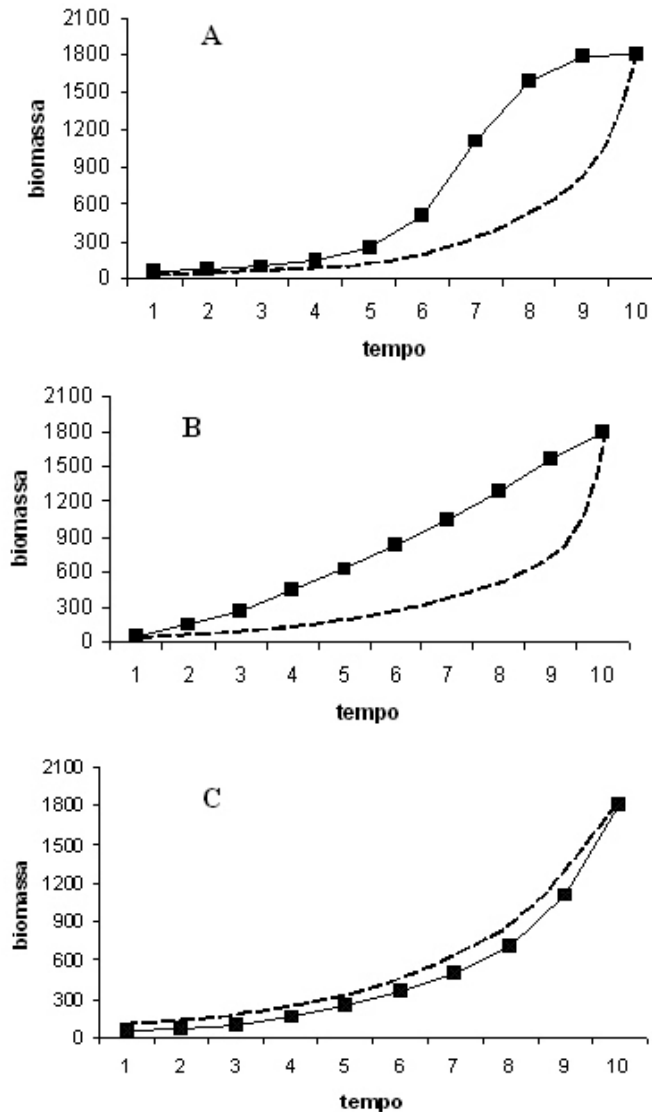


Figura 10. Gráficos hipotéticos de ganho de biomassa no tempo de macrófitas aquáticas. As linhas tracejadas indicam o ganho de biomassa com a aplicação do modelo exponencial de taxa de crescimento considerando a massa inicial e final. A = curva logística, B = reta, C = curva exponencial.

Figure 10. Hypothetical graph representations of biomass increase over time of aquactic macrophytes. The dotted lines illustrate biomass increase through application of an exponential model of growth rate considering initial and final mass. A = logistic curve; B = straight line; C = exponential curve.

esforço do pesquisador em medir o crescimento em diferentes intervalos de tempo e que fornece uma informação mais consistente. A ANOVA com medidas repetidas permite verificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos e no tempo, além da interação entre estes fatores.

Nós consideramos que é necessária uma padronização de métodos de medidas e de análise de dados sobre o crescimento de macrófitas para que se possa efetivamente comparar resultados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos sobre ecologia de macrófitas aquáticas e os fatores que controlam a produção primária e crescimento destes vegetais ainda são muito escassos no Brasil. Comparações entre a produção primária em diferentes ecossistemas aquáticos brasileiros ainda não são possíveis de serem realizadas. Os estudos sobre a produção destes vegetais têm se concentrado nas espécies mais abundantes nos ecossistemas estudados. Assim, observa-se que nas lagoas costeiras do Estado do Rio de Janeiro os estudos tem se concentrado em espécies emersas do gênero *Eleocharis* (ex. Palma-Silva *et al.* 2000, Santos & Esteves 2002, Santos & Esteves 2004) e do gênero *Typha* (p. ex. Palma-Silva *et al.* 2005, Santos *et al.* 2006). Na Represa de Itaipu, os estudos tem se concentrado principalmente nas espécies submersa *E. najas* e flutuantes *S. herzogii* e *E. crassipes* (ex. Thomaz *et al.* 2006). Em rios costeiros do Estado de São Paulo, os trabalhos têm sido desenvolvidos principalmente com as espécies flutuantes *S. molesta* e *P. stratiotes* (ex. Rubim & Camargo 2001) e as espécies submersas *E. densa*, *C. furcata* e *U. foliosa* (ex. Camargo *et al.* 2006). Trabalhos em laboratório são muito importantes, pois permitem que se isolem variáveis que controlam a produção e o crescimento de macrófitas aquáticas. No entanto estes trabalhos são ainda bastante escassos no Brasil. Estudos sobre interações ecológicas, tais como competição e herbivoria, também são muito escassos e fundamentais para a compreensão da distribuição e crescimento destes vegetais. Outro ponto fundamental é a padronização de variáveis indicadoras do crescimento de macrófitas aquáticas. A formação de pesquisadores, a ampliação das áreas geográficas em estudos de campo, o desenvolvimento de experimentos em

laboratório em condições controladas e a realização de eventos científicos específicos sobre macrófitas aquáticas podem contribuir para reduzir a lacuna de conhecimento técnico e científico sobre esta comunidade aquática.

REFERÊNCIAS

- BINI, L.M.; THOMAZ, S.M.; MURPHY, K.J. & CAMARGO, A.F.M. 1999. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*, 415: 147-154.
- 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 Itanhaém River Basin (SP, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 66(3): 781-789.
- BIUDES, J.F.V. 2007. *Uso de wetlands construídas no tratamento de efluentes de carcinicultura*. Tese de Doutorado. UNESP, Jaboticabal, Brasil. 103p.
- BONOCCHI, K.S.L. 2006. *Dinâmica populacional das macrófitas aquáticas emersas Spartina alterniflora Loiseleur, Crinum procerum Carey e Scirpus californicus Steud, na bacia do rio Itanhaém, SP*. Dissertação de Mestrado. UNESP, Rio Claro, Brasil. 67p.
- BRIX, H. 1997. Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? *Water Science Technology*, 35: 11-17.
- CAMARGO, A.F.M.; PEZZATO, M.M. & HENRY-SILVA, G.G. 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. Pp 85-126. In: S.M. Thomaz & L.M. Bini, (eds.), *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. EDUEM, Maringá. 341p.
- CAMARGO, A.F.M.; PEZZATO, M.M.; HENRY-SILVA, G.G. & ASSUMPTÃO, A.M. 2006. Primary production of *Utricularia foliosa* L., *Egeria densa* Planchon and *Cabomba furcata* Schult & Schult.f from rivers of the coastal plain of the State of São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, 570: 35-39.
- CAMERON, K.; MADRAMOOTOO, C.; CROLLA, A. & KINSLEY, C. 2003. Pollutant removal from municipal sewage lagoon effluents with a free-surface wetland. *Water Research*, 37: 2803-2812.
- CANCIAN, L.F. 2007. *Crescimento das macrófitas aquáticas flutuantes Pistia stratiotes e Salvinia molesta em diferentes condições de temperatura e fotoperíodo*. Dissertação de Mestrado. UNESP, Jaboticabal, Brasil. 55p.
- COSBY, B.J.; HORNBERGER, G.M. & KELLY, M.G. 1984. Identification of photosynthesis-light models for aquatic systems: II. Application to a macrophyte dominated stream. *Ecological Modeling*, 23: 25-51.

- DUARTE, C.M. 1995. Submerged aquatic vegetation in relation to different regimes. *Ophelia*, 41: 87-112.
- ENRICH-PRAST, A. & ESTEVES, F. A. 2005. Flood pulse influence and anthropic impact on the chemical composition and energy content of *Oryza glumaepatula* in an Amazonian lake. *Brazilian Journal of Biology*, 66(2): 451-458.
- ESTEVES, F.A. 1979. Die Bedeutung der aquatischen Makrophyten für den Stoffhaushalt des Schöhsees. I. Die Produktion na Biomasse. *Archive für Hydrobiologie*, 57: 117-143.
- ESTEVES, F.A. 1998. *Fundamentos de Limnologia* (Segunda Edição). FINEP, Rio de Janeiro. 602p.
- EVERITT, D.T. & BURKHOLDER, J.M. 1991. Seasonal dynamics of macrophyte communities from a stream flowing over granite flat rock in North Carolina, USA. *Hydrobiologia*, 222: 159-172.
- GANTES, H.P. & TUR, N.M. 1995. Variación temporal de la vegetación en un arroyo de Llanura. *Revista Brasileira de Biología*, 55(2): 259-566.
- GENEVIERE, M.C.; DUTHIE, H.C. & TAYLOR, W.D. 1997. Models of aquatic plant productivity: a review of the factors that influence growth. *Aquatic Botany*, 59: 195-215.
- GOPAL, B. 1990. Aquatic weed problems and management in Asia. Pp 318-340. In: A. Pieterse & K.J. MURPHY, (eds.), *Aquatic weeds: the ecology and management of nuisance aquatic vegetation*. Oxford University Press, Oxford. 580p.
- HENRY-SILVA, G.G. 2001. *Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (Eichhornia crassipes, Pistia stratiotes e Salvinia molesta) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidade de aproveitamento da biomassa vegetal*. Dissertação de Mestrado. UNESP, Jaboticabal, Brasil. 78p.
- HENRY-SILVA, G.G. & CAMARGO, A.F.M. 2006. Efficiency of aquatic macrophytes to treat Nile tilapia pond effluents. *Scientia Agricola*, 63: 433-438.
- HENRY-SILVA, G.G. & CAMARGO, A.F.M. 2008. Impacto das atividades de aquíicultura e sistemas de tratamento de efluentes com macrófitas aquáticas. *Boletim do Instituto de Pesca*, 34 (1): 165-175.
- HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. & PEZZATO, M.M. 2008. Growth of free-floating aquatic macrophytes in different concentrations of nutrients. *Hydrobiologia*, 610: 153-160.
- KIRK, J.T.O. 1994. *Light and photosynthesis in aquatic ecosystems* (Second Edition). Cambridge University Press, Cambridge. 509p.
- LARCHER, W. 2000. *Ecofisiologia Vegetal*. Rima, São Carlos. 531p.
- LEUNG, R. 2005. *Distribuição de macrófitas aquáticas em relação a variáveis ambientais em ecossistemas lóticos da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém*. Tese de Doutorado. UNESP, Rio Claro, Brasil. 125p.
- LIN, Y.F.; JING, S.R. & LEE, D.Y. 2003. The potential use of constructed wetlands in a recirculating aquaculture system for shrimp culture. *Environmental Pollution*, 123: 107-113.
- LIN, Y.F.; JING, S.R.; LEE, D.Y.; CHANG, Y.F.; CHEN, Y.M. & SHIH, K.C. 2005. Performance of a constructed wetland treating intensive shrimp aquaculture wastewater under high hydraulic loading rate. *Environmental Pollution*, 134: 411-421.
- LOPES-FERREIRA, C. 2000. *Estudo de uma área alagada do Rio Atibaia visando à elaboração de proposta de manejo para a melhoria da qualidade da água no reservatório de Salto Grande (Americana, SP)*. Tese de Doutorado. USP, São Paulo, Brasil. 145p.
- MARCONDES, D.A.S.; MUSTAFÁ, A.L. & TANAKA, R.H. 2003. Estudos para manejo integrado de plantas aquáticas no reservatório de Jupia. Pp 299-317. In: S.M. Thomaz & L.M. Bini, (eds.), *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. EDUEM, Maringá. 341p.
- MITCHEL, D.S. & TUR, N.M. 1975. The rate of growth of *Salvinia molesta* (*Salvinia auriculata* Auct.) in laboratory and natural conditions. *Journal of Applied Ecology*, 12: 213-225.
- MORAES, O.C.C. 2002. *Crescimento da macrófita aquática Salvinia molesta Mitchell em diferentes intensidades luminosas*. Monografia de Graduação. UNESP, Rio Claro, Brasil. 32p.
- NILSON, C. 1987. Distribution of stream-edge vegetation along a gradient of current velocity. *Journal of Ecology*, 75: 513-522.
- PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E.F. & ESTEVES, F.A. 2000. *Eleocharis mutata* (L.) Roem. et Schult. subject to drawdowns in a tropical coastal lagoon, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Plant Ecology*, 148: 157-164.
- PALMA-SILVA, C.; ALBERTONI, E.F. & ESTEVES, F.A. 2005. Clonal growth of *Typha domingensis* Pers., subject to drawdowns and interference of *Eleocharis mutata* (L.) Roem. et Schult. in a tropical coastal lagoon (Brazil). *Wetlands Ecology and Management*, 13(2): 191-198.
- PALOMBO, C.R. 1997. *Determinação do padrão fenológico de Eichhornia crassipes (Mart.) Solms (Aguapé) e Pistia stratiotes L. (Alface d'água)*. Tese de Doutorado. USP, São Paulo, Brasil. 213p.
- PEREIRA, A.M.M. 2004. *Influência da velocidade de corrente no tratamento de efluentes de carcinicultura com macrófita aquática Pistia stratiotes*. Dissertação de Mestrado. UNESP, Jaboticabal, Brasil. 42p.
- PEZZATO, M.M. 2002. *Efeitos da radiação fotossinteticamente*

- ativa, temperatura, pH e carbono inorgânico na produção primária da macrófita aquática *Egeria densa* Planch. Dissertação de Mestrado. UNESP, Jaboticabal, Brasil. 52p.
- PEZZATO, M.M. 2007. *Macrófitas Aquáticas Submersas: Crescimento, Fotossíntese e Variáveis abióticas da água*. Tese de Doutorado. UFSCAR, São Carlos, Brasil. 95p.
- PIERINI, S.A. & THOMAZ, S. 2004. Effects of inorganic carbon source on photosynthetic rates of *Egeria najas* Planchon and *Egeria densa* Planchon (Hydrocharitaceae). *Aquatic Botany*, 78: 135-146.
- PISTORI, R.E.T.; CAMARGO, A.F.M. & HENRY-SILVA, G.G. 2004. Relative growth rate and duplication time of the submerged aquatic macrophyte *Egeria densa* Planch. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 16(1): 77-84.
- PLATT, T.; GALLEGOS, C.L. & HARRISON, W.G. 1980. Photoinhibition of photosynthesis in natural assemblage of marine phytoplankton. *Journal of Marine Research*, 38: 687-701.
- ROUSSEAU, D.P.L.; VANROLLEGHEM, P.A. & PAUW, N. 2004. Constructed wetlands in Flanders: a performance analysis. *Ecological Engineering*, 23: 151-163.
- RUBIM, M.A.C. & CAMARGO, A.F.M. 2001. Taxa de crescimento específico da macrófita aquática *Salvinia molesta* Mitchell em um braço do rio Preto, Itanhaém, São Paulo. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 13(1): 75-83.
- SAND-JENSEN, K. 1983. Photosynthetic carbon sources of stream macrophytes. *Journal of Experimental Botany*, 34: 198-210.
- SAND-JENSEN, K. 1989. Environmental variables and their effects on photosynthesis of aquatic plant communities. *Aquatic Botany*, 34: 5-25.
- SANTOS, A.M. & ESTEVES, F.A. 2002. Primary production and mortality of *Eleocharis interstincta* in response to water level fluctuations. *Aquatic Botany*, 74(3): 189-199.
- SANTOS, A.M. & ESTEVES, F.A. 2004. Influence of water level fluctuation on the mortality and aboveground biomass of the aquatic macrophyte *Eleocharis interstincta* (VAHL) Roemer et Schults. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(2): 281-290.
- SANTOS, A.M.; AMADO, A.M.; MINELLO, M.; FARJALLA, V.F. & ESTEVES, F.A. 2006. Effects of the sand bar breaching on *Typha domingensis* (PERS) in a tropical coastal lagoon. *Hydrobiologia*, 556: 61-68.
- SILVA, R.S. 2008. *Influência da temperatura e de cargas de nutrientes no crescimento da macrófita aquática flutuante *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms cultivada em água enriquecida artificialmente*. Dissertação de Mestrado. UNESP, Rio Claro, Brasil. 31p.
- SOLISBURY, F. & ROSS, C. 1992. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing Company, Belmont-California. 925p.
- TAVECHIO, W.L.G. & THOMAZ, S.M. 2003. Effects of light on the growth and photosynthesis of *Egeria najas* Planchon. *Brazilian Journal of Biology*, 46(2): 203-209.
- THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. & PAGIORO, T.A. 2003. Macrófitas aquáticas em Itaipu: ecologia e perspectivas para o manejo. Pp 319-341. In: S.M. Thomaz & L.M. Bini, (eds.), *Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas*. EDUEM, Maringá. 341p.
- THOMAZ, S.M.; PAGIORO, T.A.; BINI, L.M. & MURPHY, K.J. 2006. Effects of reservoir drawdown on biomass of three species of aquatic macrophytes in a large sub-tropical reservoir (Itaipu, Brazil). *Hydrobiologia*, 570: 53-59.
- THOMAZ, S.M.; PIERINI, S.; CHAMNERS, P.A. & PEREIRA, G. 2007. Effects of phosphorus and nitrogen amendments on the growth of *Egeria najas*. *Aquatic Botany*, 86: 191-196.
- TILLEY, D.R.; BADRINARAYANAN, H.; ROSATI, R. & SON, J. 2002. Constructed wetland as recirculation filters in large-scale shrimp aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 26: 81-109.
- 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.
- van WIJK, R.J. 1989. Ecological studies on *Potamogeton pectinatus* L: V. Nutritional ecology, in vitro uptake of nutrients and growth limitation. *Aquatic Botany*, 35: 319-335.

Submetido em 02/06/2008.

Aceito em 05/08/2008.