

# AS MACRÓFITAS AQUÁTICAS EM RESERVATÓRIOS TROPICAIS: ASPECTOS ECOLÓGICOS E PROPOSTAS DE MONITORAMENTO E MANEJO

POMPÊO, M. L. M.

Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Oceanografia e Limnologia  
Praça Gonçalves Dias, 21 – Centro, 65020-240, São Luís, Maranhão, Brasil

**RESUMO:** As macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais: aspectos ecológicos e propostas de monitoramento e manejo. No Brasil as macrófitas aquáticas flutuantes e submersas vêm atualmente causando inúmeros prejuízos à geração de energia. Desta forma, o melhor e maior conhecimento sobre a ecologia de macrófitas aquáticas tropicais fornecerá subsídios para auxiliar no seu manejo, colaborando para o gerenciamento ambiental. Este capítulo visa discutir sucintamente os principais aspectos relacionados à ecologia de reservatórios e macrófitas aquáticas tropicais. Visa também sugerir formas de estudo e de manejo das macrófitas aquáticas, particularmente relacionadas aos reservatórios tropicais.

**Palavras-chaves:** macrófitas aquáticas; reservatório; manejo.

**ABSTRACT:** The aquatic macrophytes in tropical reservoirs: ecological aspects and proposal of monitoring and management. In Brazil the floating and submerged aquatic macrophytes, can cause countless damages to the generation of energy. Thus, a better and larger knowledge an the ecology of tropical aquatic macrophytes will give subsidies to its monitoring, collaborating with the environmental management. This chapter seeks to discuss the main aspects related to the ecology of reservoirs and tropical aquatic macrophytes, taking for basis the author's experience. He also seeks to suggest forms of study and management of aquatic macrophytes, particularly related to tropical reservoirs.

**Key-words:** macrophyte; reservoir; management.

## INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas foram durante muitos anos consideradas pouco importantes para o metabolismo dos ecossistemas aquáticos (Esteves, 1988). No entanto, com o aprofundamento do conhecimento, particularmente após estudos efetuados nas regiões tropicais, ficou evidenciado o seu importante papel.

Ecologicamente, as macrófitas aquáticas podem se constituir no principal produtor de matéria orgânica, atingindo cerca de 100 t de peso seco/ha/ano (Piedade et al., 1991), valor superior ao da cana de açúcar, mesmo mediante a aplicação de grandes quantidades de insumos agrícolas. Apresenta importante papel na troca de nutrientes, podendo tornar-se as principais controladoras da dinâmica de nutrientes no ecossistema (Junk, 1980; Pompêo, 1996a). Dessa forma, participam intensivamente da reciclagem de nutrientes, podendo assimilar elementos retidos no sedimento por intermédio das raízes, os quais são liberados para a coluna de água através da excreção e da decomposição (Granéli & Solander, 1988).

Os estandes das macrófitas aquáticas possibilitam a existência de muitos microhabitats. Assim, a água do estande, devido a presença física das macrófitas aquáticas e das trocas metabólicas da planta e dos organismos associados com o meio, pode apresentar características físicas, químicas e biológicas diferenciadas do corpo de água adjacente (Pompêo et al., 1997). Segundo Esteves (1988), o estande constitui-se num compartimento muito complexo, que deve ser analisado separadamente da região limnética, como demonstrado por Pompêo et al. (1997).

Estudos efetuados em região tropical, particularmente no Brasil, têm demonstrado que o período de crescimento e de mortalidade das macrófitas aquáticas está muito relacionado com a variação do nível da água (Junk & Piedade, 1993; Camargo & Esteves, 1995, 1996; Pompêo, 1996a). Algumas espécies de macrófitas aquáticas apresentam picos de biomassa durante o período de cheia (Neiff, 1975; François et al., 1989; Piedade et al., 1991), enquanto outras reduzem quando cobertas pelas águas, com picos de biomassa durante o período de águas baixas (Neiff, 1975; Junk & Piedade, 1993). A alternância nos períodos de crescimento, provavelmente é uma estratégia para minimizar os efeitos da competição. Neiff (1975) também observou modificações na composição vegetal (estrutura e dominância) e na biomassa, após o período de cheia. Desta forma, a estrutura da vegetação aquática após a cheia pode ser substancialmente modificada, de acordo com a periodicidade da cheia. Provavelmente a duração da cheia também deve produzir mudanças na composição e nas taxas de crescimento das macrófitas aquáticas.

Na zona de desembocadura dos rios em reservatórios as macrófitas aquáticas emersas podem apresentar elevada biomassa. Já na região próxima à barragem, devido a maior profundidade de penetração da luz, as macrófitas aquáticas submersas é que podem se constituir em importantes produtores de matéria orgânica para o sistema. Nos reservatórios o crescimento excessivo das macrófitas aquáticas pode causar diversos problemas ambientais além de prejuízos à geração de energia e navegação, entre outros usos múltiplos (Junk et al., 1981).

Cabe destacar que no Brasil as macrófitas aquáticas, particularmente as flutuantes e as submersas, vêm atualmente causando inúmeros prejuízos à geração de energia em várias usinas hidroelétricas, como relatado na 2ª Reunião Técnica sobre Macrófitas Aquáticas realizada pelo Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico (Paulo Afonso, BA, 13 a 16 de outubro de 1997). A Light, no sistema Pirai – Paraíba do Sul, recentemente gastou cerca de US\$ 3.000.000,00 ao ano apenas com a retirada do reservatório de cerca de 40 caminhões diários de macrófitas aquáticas. A Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), no sistema Moxotó-Paulo Afonso (BA), em 1995/1996 despendeu muitos recursos visando apenas retirar a macrófita aquática submersa *Egeria densa* que ficava retida nas grades de proteção de entrada de água das turbinas. Os prejuízos são ainda maiores quando somados aos custos envolvidos na interrupção temporária da geração de energia elétrica pela paralisação das turbinas. Portanto, o melhor e maior conhecimento sobre a ecologia de macrófitas aquáticas tropicais fornecerá subsídios para auxiliar no seu manejo, colaborando para o gerenciamento ambiental.

Este capítulo visa discutir sucintamente aspectos relacionados à ecologia de reservatórios e macrófitas aquáticas tropicais, tomando por base a experiência do autor. Visa também sugerir formas de estudo e de manejo das macrófitas aquáticas, particularmente relacionado aos reservatórios tropicais.

## RESERVATÓRIOS

Essencialmente, numa represa existem gradientes horizontais e verticais e um contínuo fluxo de água em direção à barragem. Em função do fluxo de água e das diferenças de nível que ocorrem durante as diversas épocas do ano, esses gradientes apresentam variações temporais (Imberg, 1985 *apud* Tundisi, 1985). Além disso, os diferentes tempos de residência da água durante o ciclo estacional, propiciam modificações na altura do nível de água, interferindo na estrutura e na composição da comunidade (Tundisi, 1985).

De maneira geral, a maior parte da água, nutrientes e carga de sedimento que penetram no reservatório são oriundos de um ou dois tributários principais localizados a considerável distância da barragem, como verificado nos reservatórios de Boa Esperança (MA-PI) e de Jurumirim (SP). Isso permite, ao longo de um gradiente em direção à barragem, a discriminação de três zonas (de rio, de transição e lacustre), com distintas características físicas, químicas e biológicas (Thorton et al., 1990).

A zona de rio fisicamente é caracterizada por apresentar um canal relativamente estreito e com a sua massa d'água bem misturada e oxigenada. Embora a velocidade da água seja decrescente, forças advectivas são suficientes para transportar significativas quantidades de fino material particulado, como silte e argila. Possui também baixa penetração da luz, a qual geralmente limita os produtores primários. Com o aumento da sedimentação, na zona de transição pode ser verificado uma elevação da profundidade de penetração da luz. A zona lacustre apresenta mecanismos de funcionamento semelhante aos lagos, com baixa sedimentação de partículas inorgânicas e suficiente penetração da luz para promover a produção primária, podendo apresentar-se estratificada (Thorton et al., 1990).

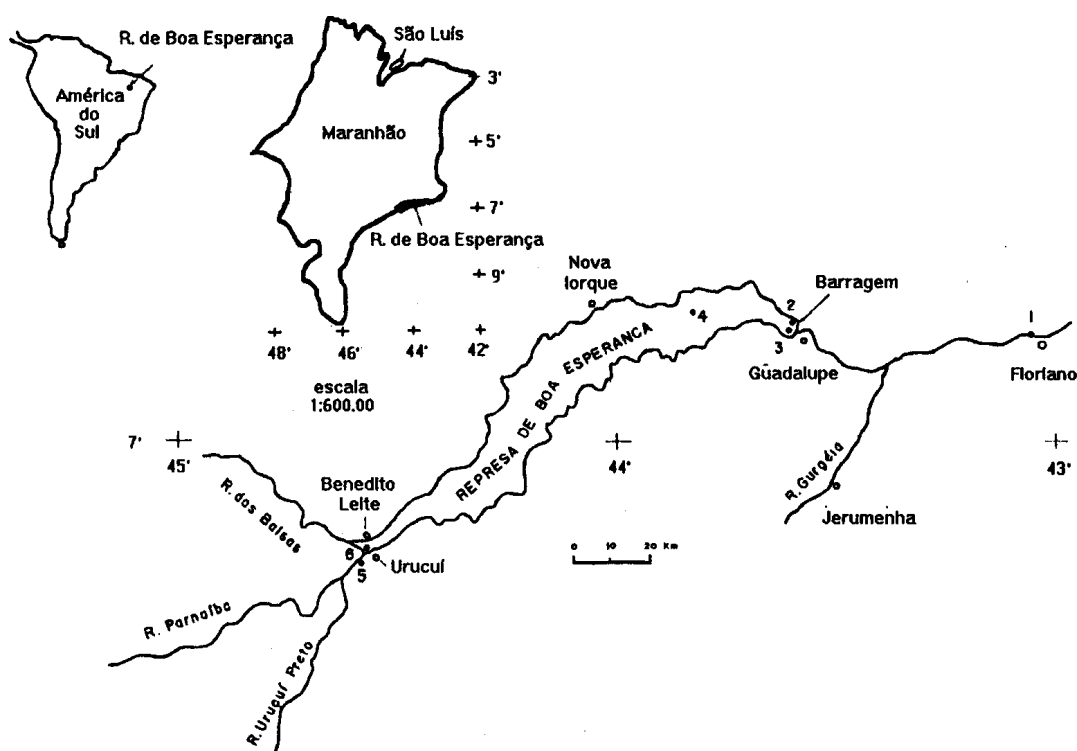


Figura 1: Reservatório de Boa Esperança com a localização das estações de amostragem (1- rio Parnaíba, a jusante da barragem, antes da cidade de Floriano; PI); 2- região marginal, próxima à barragem; 3- entrada da tomada de água do projeto de irrigação – Guadalupe, PI; 4- corpo central do reservatório, Pedra Quadrada, MA; 5- rio Parnaíba – Uruçuí, P1; 6- rio Parnaíba após a confluência com o rio das Balsas – Benedito Leite, MA (Pompêo, et al., 1998).

A análise da água superficial em 6 pontos ao longo da represa de Boa Esperança (MA-PI) possibilitou evidenciar a presença de compartimentos (Figs. 1 e 2). Pompêo et al. (1998) verificaram que as estações 2, 3 e 4 apresentam características de zona lacustre enquanto que as estações 1, 4 e 5 de ambiente lótico. A estação 1, apesar de compor um agrupamento com as estações 5 e 6, por se apresentar à jusante, distante cerca de 200 Km dos pontos 5 e 6 e a 70 Km da barragem, constitui um terceiro compartimento.

As estações 2, 3 e 4 também assemelharam-se quanto à dominância de Classes de algas fitoplanctônicas. A dominância mudou nas estações 1, 5 e 6, com predomínio de Bacillariophyceae, importante constituinte do fitoplâncton de ambientes lóticos (Round, 1973). Portanto, o reservatório de Boa Esperança apresentava um compartimento na zona da barragem, com características de ambiente lântico e outro compartimento na parte alta do reservatório, com características de ambiente lótico (Pompêo et al., 1998). A heterogeneidade espacial horizontal num eixo longitudinal, ao longo da linha de fluxo de água, também foi observada em vários outros reservatórios brasileiros (Tundisi et al., 1993; Tundisi, 1996).

Desta forma, devido ao contínuo fluxo de água em direção à barragem e da variação do seu tempo de residência, os reservatórios são considerados sistemas de transição entre rios e lagos, com mecanismos de funcionamento específicos. Em função de suas características morfométricas e de sua posição na bacia o reservatório funciona como um "acumulador de informações" processadas ao longo de sua bacia hidrográfica. Posteriormente são "decodificadas" pela comunidade, com reflexo na composição fito e zooplancônica. Assim, torna-se um "coletor de eventos" e um "vaso de reação", refletindo as modificações ocorridas na sua bacia (Tundisi, 1985). Portanto, é depositário de todos os eventos presentes e passados de sua bacia de drenagem, e a dinâmica, a estrutura, o funcionamento e a caracterização do ecossistema aquático repousa, em parte, sob a influência externa (Henry, 1990).

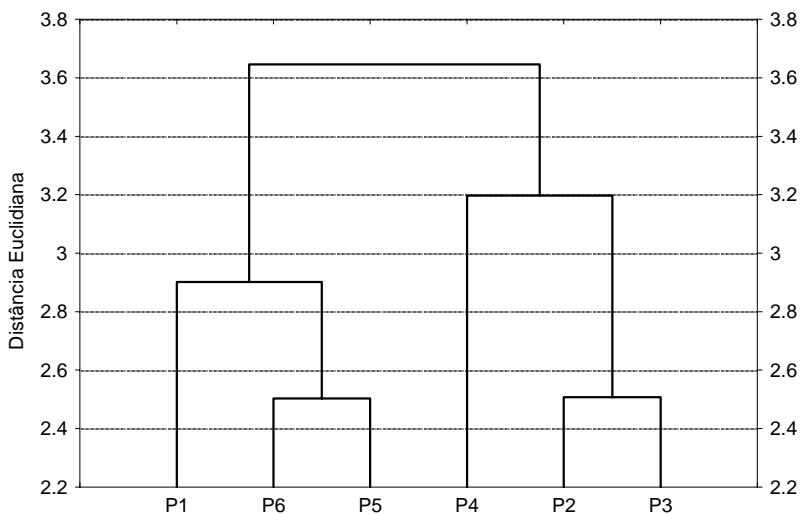


Figura 2: Análise de agrupamento das variáveis físicas, químicas e biológicas determinadas na água superficial do reservatório de Boa Esperança (MA-PI) (Pompêo et al., 1998).

Com relação ao nível da água muitos reservatórios apresentam marcado padrão anual de variação, geralmente refletindo alterações sazonais da precipitação e da operação do reservatório, particularmente relacionada às alterações da vazão defluente, como observado na represa de Jurumirim (SP) (Pompêo et al., 1997) e no reservatório de Boa Esperança (MA-PI) (Pompêo et al., 1998) (Fig. 3).

## MACRÓFITAS AQUÁTICAS: Casos estudados

### Represa de Jurumirim

A represa de Jurumirim é a primeira represa no sentido montante - jusante do complexo de barragens que se sucedem no rio Paranapanema, localizada no sul do Estado de São Paulo. Na cota 570 m, o reservatório apresenta uma lâmina de água com 484 m<sup>2</sup> e um volume estimado em 7941 hm<sup>3</sup>. Sua bacia hidrográfica apresenta cerca de 17800 Km<sup>2</sup>. Devido a baixa produtividade primária fitoplanctônica na zona da barragem, Henry (1993) classificou o reservatório como oligotrófico e o crescimento fitoplanctônico parece ser limitado pelo fósforo (Henry, 1990).

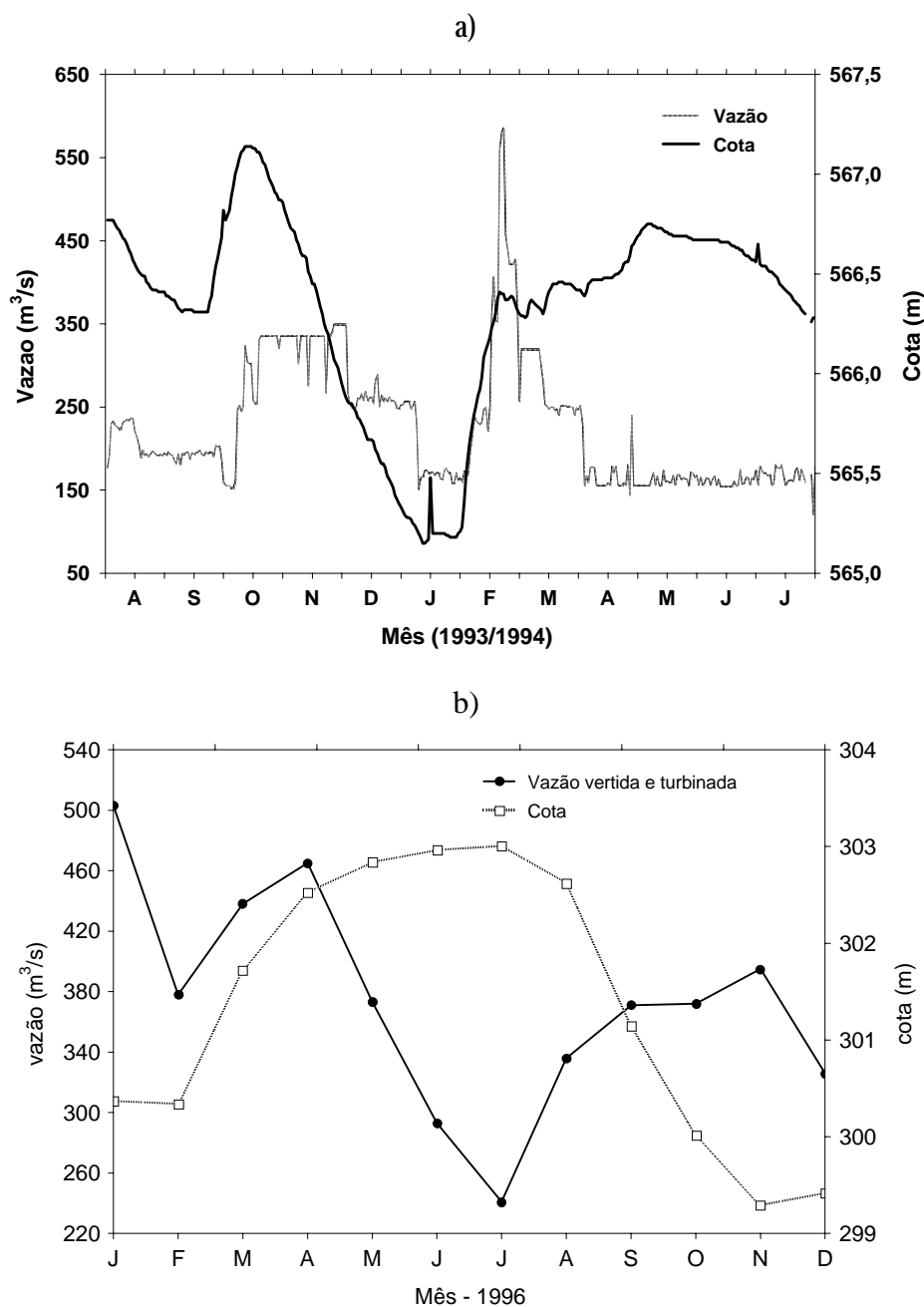


Figura 3: Vazão defluente e cotas para os reservatórios de Jurumirim (SP) (a, Pompêo et al., 1997) e de Boa Esperança (MA-PI) (b, Pompêo et al., 1998).

Na zona de desembocadura do rio Paranapanema na represa de Jurumirim, Pompêo (1996a) verificou a presença de extensas áreas permanentemente inundadas com exuberante cobertura de macrófitas aquáticas. Enraizada nas margens do rio a macrófita aquática *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitch apresenta ampla distribuição, com uma área de ocupação estimada em 130 ha (Russo, 1996), dominando a fisionomia vegetal.

Ao longo do ano, o padrão de variação unimodal da biomassa da gramínea *E. polystachya*, segundo Pompêo (1996a), mostrou maiores biomassas totais entre novembro/93 e abril/94, com pico em janeiro/94 (Fig. 4). A biomassa média determinada no período foi de 1933,7+479,5 gPS/m<sup>2</sup>, com uma amplitude de 1149,8 a 2755,9 gPS/m<sup>2</sup>. A ordem decrescente da participação da biomassa das frações na biomassa total foi a seguinte: colmo, detrito aéreo, lâmina, detrito aquático, bainha e raiz. A fração lâmina apresentou ao longo do ano grande variação na participação da biomassa total e as frações colmo aéreo e aquático, as menores. Pompêo (1996a) também observou entre fevereiro e julho/94 um aumento das frações lâmina, bainha e detrito aquático, com diminuição das frações detrito aéreo e colmo aquático. A fração raiz participou com uma pequena percentagem na biomassa total ao longo de todo o período.

O padrão anual da biomassa viva e detrito de *E. polystachya* está relacionado com a variação do nível da água (Pompêo, 1996a). Esse autor verificou que *E. polystachya* cresce vigorosamente no período de elevação do nível da água (Fig. 5).

O estoque de nutrientes no estande de *E. polystachya* variou ao longo do ano de 3,8 a 11,9 tC/ha, 96,3 a 460,6 kgN/ha e 3,6 a 44,3 kgP/ha (Pompêo, 1996a). A variação sazonal dos estoques de carbono, nitrogênio e fósforo na biomassa "total" e nas frações "verde total" (lâminas + bainhas + colmos aéreo e aquático), "verde aéreo" (lâminas + bainhas + colmo aéreo) e no detrito aéreo e aquático, é apresentada na Fig. 6. Como pode ser observado, há um marcado padrão de variação, principalmente dos estoques de nitrogênio e fósforo.

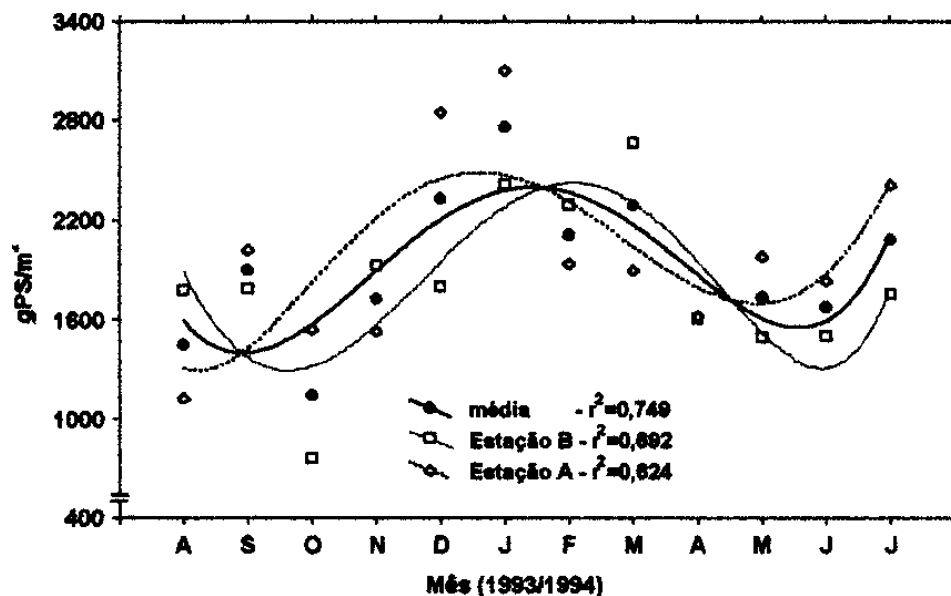


Figura 4: Variação anual da biomassa total de *E. polystachya* nas estações A e B e média entre as estações Segundo Pompêo (1996a).

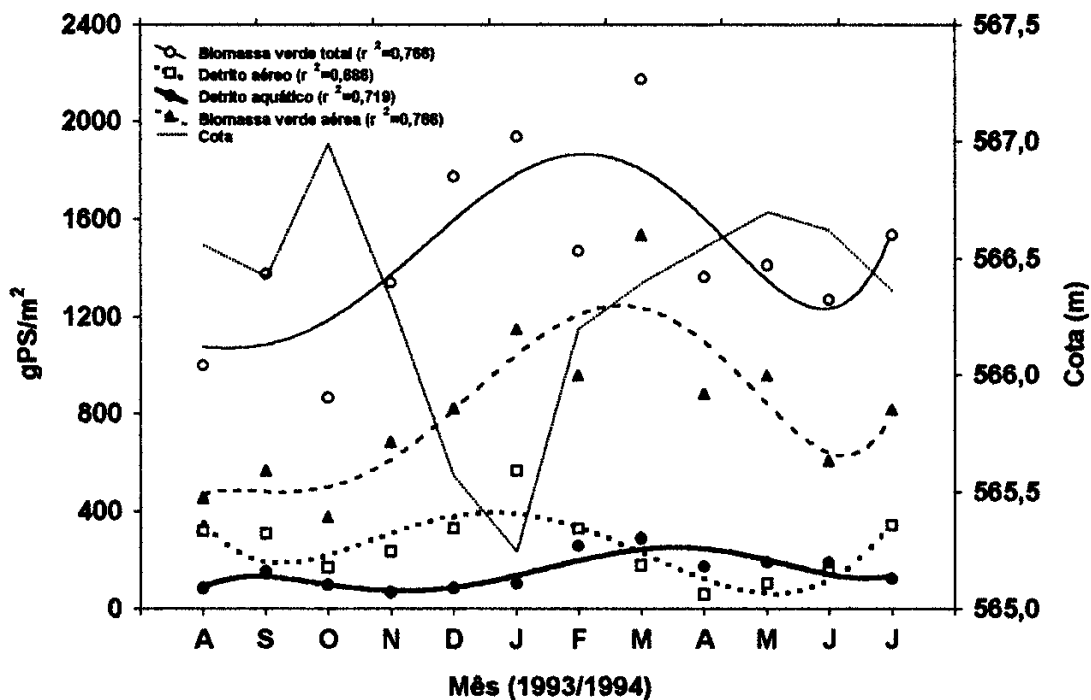


Figura 5: Variação anual da biomassa verde total (lâmina, bainha, colmo aéreo e colmo aquático), biomassa verde aérea (lâmina, bainha e colmo aéreo), detrito aéreo e detrito aquático de *E. polystachya* ( $p < 0,05$ ). A variação do nível d'água (m) apresentada reflete a cota do reservatório no respectivo dia de coleta, segundo Pompêo (1996a).

Nas macrófitas aquáticas, elevados teores de nutrientes são verificados nas estruturas com maior metabolismo, como folhas e flor (Esteves, 1988) e nas frações mais jovens (Finlayson, 1991). Nas frações de *E. polystachya*, os teores médios de nitrogênio e fósforo mostram a seguinte ordem decrescente de seqüência: lâmina > bainha > detrito aéreo > detrito aquático (Pompêo, 1996a). Os mais baixos teores determinados na fração detrito aquático, quando comparado com os teores da fração detrito aéreo, foram atribuídos à perda de nutrientes por translocação durante a senescência das folhas e à lixiviação durante a decomposição (Pompêo, 1996a). À medida que a planta cresce e o material vegetal na região distal torna-se senescente, parte do nitrogênio e fósforo é translocado das lâminas para as bainhas e o colmo. Posteriormente, esses elementos são redistribuídos para centros de maior atividade celular (folhas jovens e fotos sinteticamente ativas) na região apical do colmo.

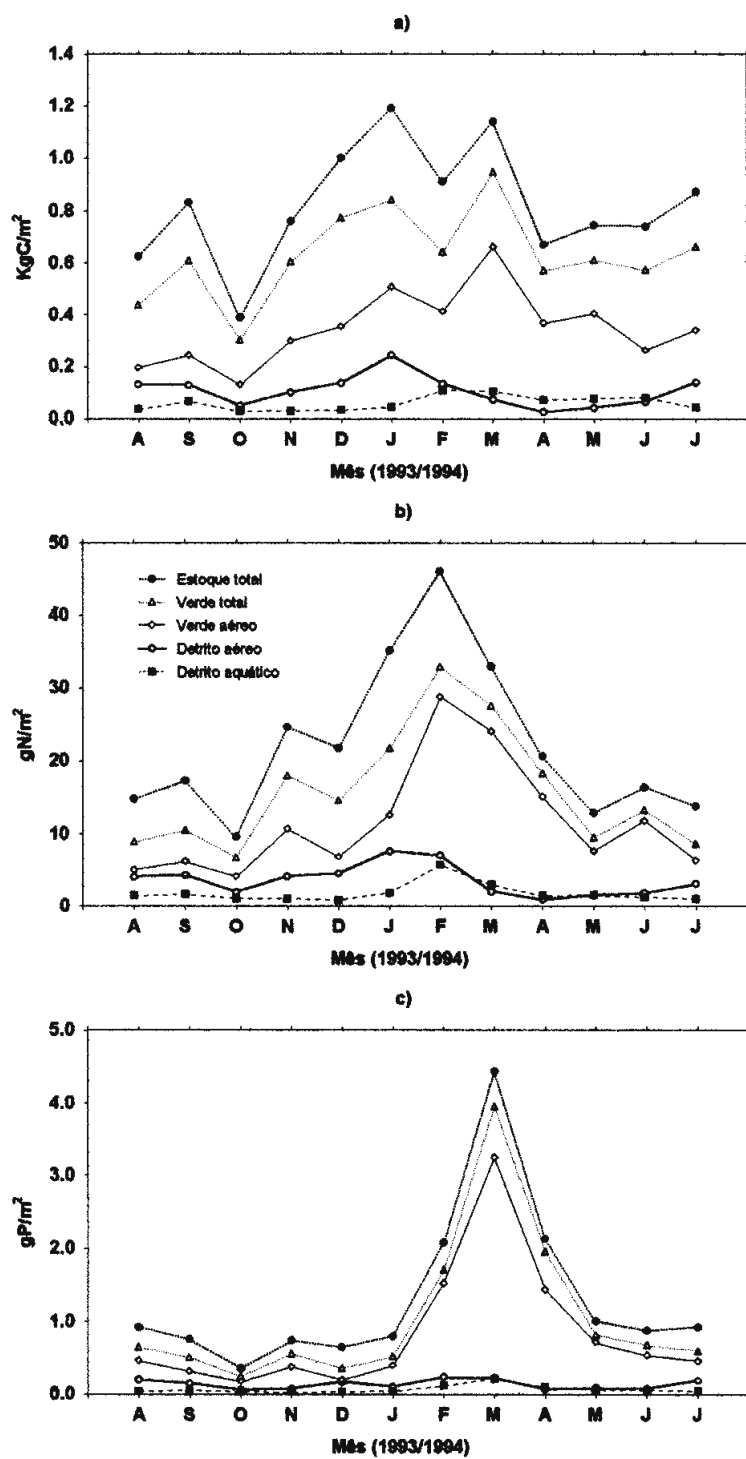


Figura 6: Estoque de carbono (a), nitrogênio (b) e fósforo (c) nas frações de *E. polystachya*. (Estoque total; Verde total lâmina, bainha, colmo aéreo e aquático; Verde aéreo - lâmina, bainha e colmo aéreo; Detrito aéreo; e Detrito aquático). Segundo Pompêo (1996a).



Nas regiões temperadas, o estoque de nutrientes das macrófitas aquáticas apresenta um padrão característico, com mudança acentuada durante o período de crescimento, conseqüência da variação de biomassa observada no mesmo período (Esteves, 1988). Para regiões tropicais, esse autor considera que não há significativas variações nos estoques de nutrientes durante o ano. As exceções dizem respeito às variações de biomassa, decorrentes de alterações abruptas nas condições ambientais, como por exemplo do nível da água em função da ruptura da barragem (Barbieri et al., 1984; Barbieri & Esteves, 1991), ou em virtude de herbivoria intensa. Os estudos efetuados em regiões tropicais têm demonstrado que as macrófitas aquáticas desenvolvem-se ao longo de todo o ano, geralmente com um período de maior crescimento (Piedade et al., 1991; Junk & Piedade, 1993; Pompêo, 1996a). Em função de alterações nas taxas de crescimento ocorrem mudanças no padrão de biomassa. Assim, a variação nos estoques de nitrogênio e fósforo nas macrófitas aquáticas tropicais, ocorre devido tanto às mudanças dos teores desses elementos nos tecidos da planta como também em função de alterações no estoque de biomassa, como observado por Pompêo (1996a).

Em conseqüência das elevadas taxas de decomposição (Pompêo & Henry, 1998) e do curto tempo de atividade fotossintética (1 mês), as frações lâmina e bainha de *E. polystachya* são provavelmente responsáveis pela maior parte do carbono, nitrogênio e fósforo reciclados. Por outro lado, Pompêo (1996a) sugere que o elevado estoque dos elementos retidos no colmo (mais de 90 % do estoque total), sua pequena participação na composição do detrito e a sua mais baixa taxa de decomposição, confere a essa fração o papel de estocadora de nutrientes.

Baseado nas concentrações médias, o estande de *E. polystachya* possui cerca de 17 vezes mais nitrogênio e fósforo do que a mesma área do rio, além disso uma área de 67 ha do estande, contém quantidades de nitrogênio e fósforo idênticas àquelas introduzidas no período de um ano pelo rio Paranapanema na represa de Jurumirim (Tab. 1) (Pompêo, 1996a). Levando-se em consideração que a área colonizada por *E. polystachya* é estimada em cerca de 130 ha (Russo, 1996), pode-se concluir que a dinâmica de nutrientes no rio Paranapanema, particularmente de nitrogênio e fósforo, é muito influenciada por essa planta.

Tabela 1: Comparação dos estoques de nitrogênio e fósforo nas macrófitas aquáticas e na água e sedimento do rio Paranapanema.

<b>nutriente</b>	<b>planta<sup>(1)</sup></b>	<b>água</b>	<b>transporte pelo rio Paranapanema<sup>(4)</sup></b>	<b>sedimento<sup>(5)</sup></b>
	kg/ha	µg/l	t/ano	%
N	221,4	254,1 <sup>(2)</sup>	14,00	0,589
P	13,1	16,1 <sup>(3)</sup>	0,88	0,241

(1) estoque médio anual para *E. polystachya*;

(2) concentração média de  $\text{NO}^{-3} + \text{NO}^{-2} + \text{NH}_4^{+}$  (Pompêo et al., 1997);

(3) concentração média na forma de fosfato (Pompêo et al., 1997);

(4) para uma vazão média para o rio, a montante da área de estudo (Campina do Monte Alegre) de 104,85 m/s (Henry, dados não publicados);

(5) Pompêo & Henry (1996)

A produtividade primária de *E. polystachya* foi estimada em cerca de 25 tPS/ ha/ano (Pompêo, 1996a). Em função da elevada produção de matéria orgânica e como grande estocagem de estoques de nutrientes, o manejo de *E. polystachya* poderia ser de grande utilidade no controle da entrada de nutrientes na represa. Soma-se o fato de ser uma gramínea de grande valor nutricional, largamente utilizada como ração animal.

O balanço anual da biomassa de *E. polystachya*, sugere que ao longo do ano não ocorreu acúmulo de detrito e que toda biomassa morta foi decomposta (Fig. 7). A diferença verificada por Pompêo (1996a), quando comparado com a serrapilheira produzida em lagos suíços (Pettersson & Hansson, 1990), foi atribuída à temperatura. Nos trópicos, as temperaturas ambientais maiores propiciam taxas de decomposição mais elevadas (Carpenter & Adams, 1979; Bastardo et al., 1982; Esteves & Barbieri 1983). Conseqüentemente, a biomassa morta é rapidamente decomposta, com pouco acúmulo de matéria orgânica, o que é corroborado pelas baixas quantidades de detrito (tanto aéreo como aquático) na biomassa total e pelas elevadas taxas de decomposição de *E. polystachya* (Pompêo, 1996a; Pompêo & Henry, 1998).

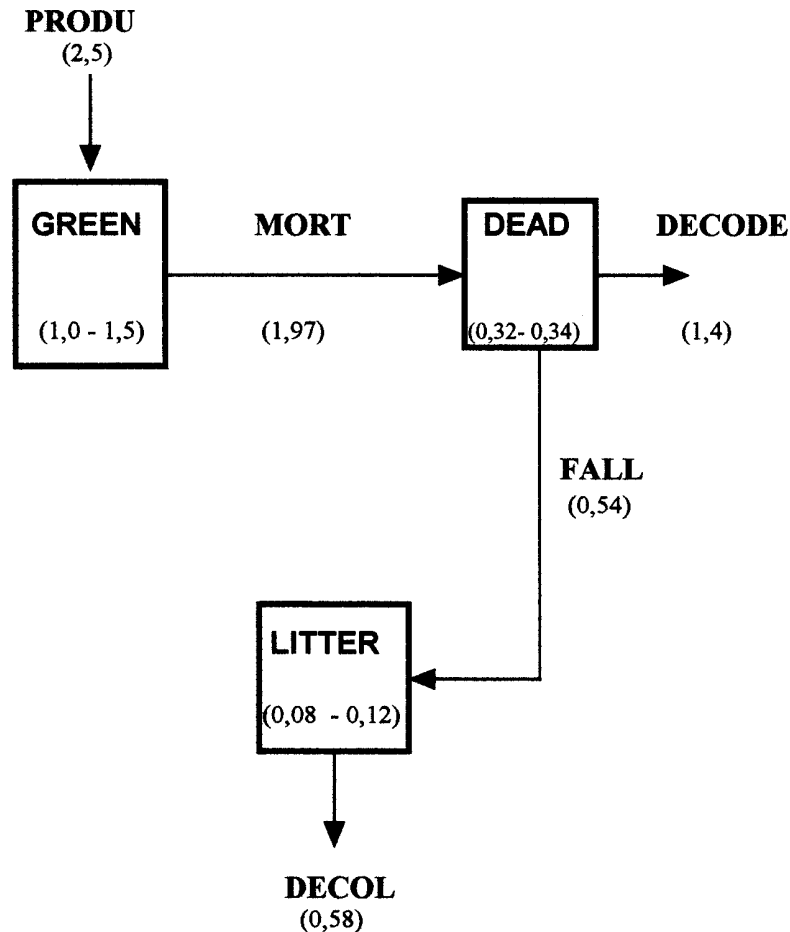


Figura 7: Balanço anual da biomassa no estande de *E. polystachya* (valores entre parênteses expressos em KgPS/m<sup>2</sup>). Dentro dos compartimentos GREEN, DEAD e LITTER estão anotados os estoques de biomassa presentes no primeiro (agosto/93) e no último mês de medidas (julho/94), segundo Pompêo (1996a). De acordo com o modelo proposto por Bulla et al. (1980), toda a matéria orgânica produzida é denominada PRODU, incrementando a fração GREEN. Quando parte de GREEN morre é denominado MORT, quando parte é consumida chama-se CONSU. A porção morta passa então a incrementar o compartimento DEAD. Desta, parte se decompõe enquanto está aderida à planta (DECODE), e parte cai na água (FALL) e se incorpora ao LITTER. Sua decomposição (DECOL) completa o ciclo da matéria no sistema.

Desta forma, Pompêo (1996a) sugere que a macrófita aquática *E. polystachya* no rio Paranapanema está em equilíbrio com as condições ambientais, em particular a flutuação do nível da água.

## Lagoa Dourada

A Lagoa Dourada (Brotas, SP) é um pequeno reservatório localizado no Córrego das Perdizes, tributário da represa do Lobo. Apresenta cerca de 600 m de comprimento, 250 m de largura e 6,3 m de profundidade máximos. Com base nas baixas produtividades primária e taxas de assimilação fitoplanctônica e concentrações de nitrogênio e fósforo totais, Pompêo (1996b) classificou esse reservatório como oligotrófico. Apresenta elevada transparência da água, com exuberante cobertura de macrófitas aquáticas submersas, constituídas principalmente de *Utricularia gibba*, *Websteria* sp e *Mayaca fluviatilis* (Pompêo & Moschini-Carlos, 1995). Segundo levantamento efetuado por Pompêo & Moschini-Carlos (1995), a biomassa média das macrófitas aquáticas é da ordem de 397 gPS/m<sup>2</sup>. A *U. gibba* pode ser observada desde a superfície até 5 m de profundidade e cerca de 85% da biomassa total dessa macrófita aquática presente no perfil está compreendida entre 2 e 4 m de profundidade (Tab. 2).

Tabela 2: Produtividade primária bruta (PPB), líquida (PPL) e respiração (R) "in situ" e biomassa da *U. gibba* em diferentes faixas de profundidades. Segundo Pompêo & Moschini-Carlos (1995, 1997).

faixa de prof. (m)	17/11/89			8/02/90			biomassa	
	PPL	R	PPB	PPL	R	PPB	(mgPS/m <sup>2</sup> )	(%)
0-1	0,006	0,007	0,013	0,019	0,007	0,026	8,95	0,21
1-2	0,097	0,130	0,227	0,383	0,102	0,486	138,12	4,58
2-3	3,179	1,297	4,476	7,086	1,077	8,163	1553,71	51,30
3-4	4,275	1,039	5,309	3,732	0,654	4,386	946,05	34,02
4-5	-	-	-	0,749	0,126	0,875	350,23	9,88

Pompêo & Moschini-Carlos (1997) também determinaram a produtividade primária da *U. gibba* na represa em um gradiente de profundidade e em experimentos de laboratório (Figs 8, 9, 10). Os autores verificaram que os perfis de produtividade primária dessa macrófita aquática submersa apresentaram inibição na superfície, com taxas mais elevadas entre 2 e 4 m de profundidade. Uma tendência de diminuição da PPL, PPB e R e nas taxas de assimilação com aumento do período de incubação também foi observado (Fig. 9). As maiores PPB, PPL e taxas de assimilação determinadas entre 2 e 4 m de profundidade, foram atribuídas a menor intensidade luminosa que atinge essa camada de água, sugerindo que essa planta está adaptada a baixas intensidades luminosas.

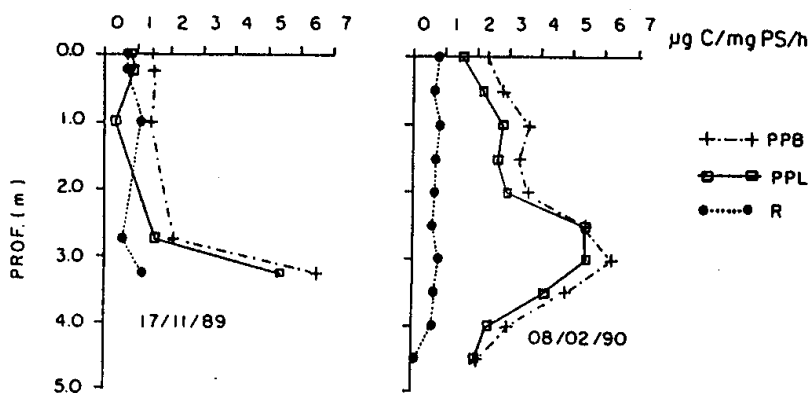


Figura 8: Perfis de produtividade primária da *U. gibba* na Lagoa Dourada. Segundo Pompêo & Moschini-Carlos (1997).

Portanto, a luz pode ser considerada um importante fator controlador tanto da produtividade primária como da zonação de *U. gibba* ao longo de um gradiente de profundidade. Pompêo & Moschini-Carlos (1997) sugerem que a *U. gibba* é uma planta esciófita.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS DE MANEJO

O padrão de variação anual da biomassa das macrófitas aquáticas está muito relacionado aos fatores ambientais, entre eles a disponibilidade de nutrientes, temperatura, turbulência e variação do nível da água (Camargo & Esteves, 1996). A variação do nível da água, é apontado como um dos principais fatores relacionado com a zonação da vegetação e alterações de biomassa (Liefers, 1984; Blom et al., 1990; Junk & Piedade, 1993; Menezes et al., 1993; Camargo & Esteves, 1996; Pompêo, 1996a). Segundo Camargo & Esteves (1995), ambientes aquáticos sem significativa variação do nível da água, são pequenas as mudanças nos valores de biomassa. A intensidade luminosa também é outro importante fator, associado principalmente às plantas submersas (Pompêo & Moschini-Carlos, 1995, 1997).

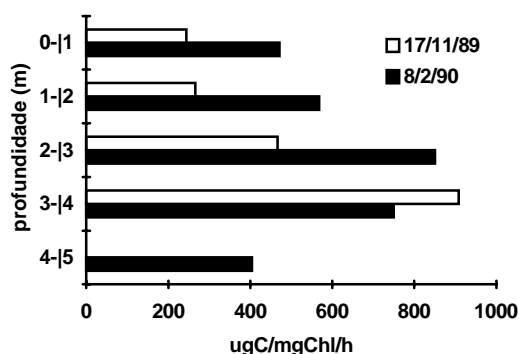


Figura 9: Taxas de assimilação da *U. gibba* determinadas "in situ" em diferentes faixas de profundidade, segundo Pompêo & Moschini-Carlos (1997).

Para o manejo das macrófitas aquáticas em reservatórios, efetuar o controle em grande escala de fatores ambientais como a temperatura, precipitação e disponibilidade de nutrientes torna-se muito difícil. A turbulência da água, ocasionada principalmente pela ação do vento, também não é de fácil controle, tendo que ser levado em consideração a forma, o "fetch", o tamanho e como o reservatório está encravado no relevo regional. Por outro lado, na maioria dos reservatórios é tecnicamente possível efetuar o controle da altura da lâmina d'água através da alteração da vazão. Esse procedimento permite prever as profundidades da massa d'água e da penetração da luz no corpo do reservatório. Desta forma, a manutenção do nível da água do reservatório em cotas que altere o padrão sazonal histórico da profundidade da água e da penetração da luz poderá interferir no desenvolvimento das macrófitas aquáticas, proporcionando modificações na área potencialmente colonizável nas margens para as emersas e na intensidade da radiação fotossinteticamente ativa para as submersas.

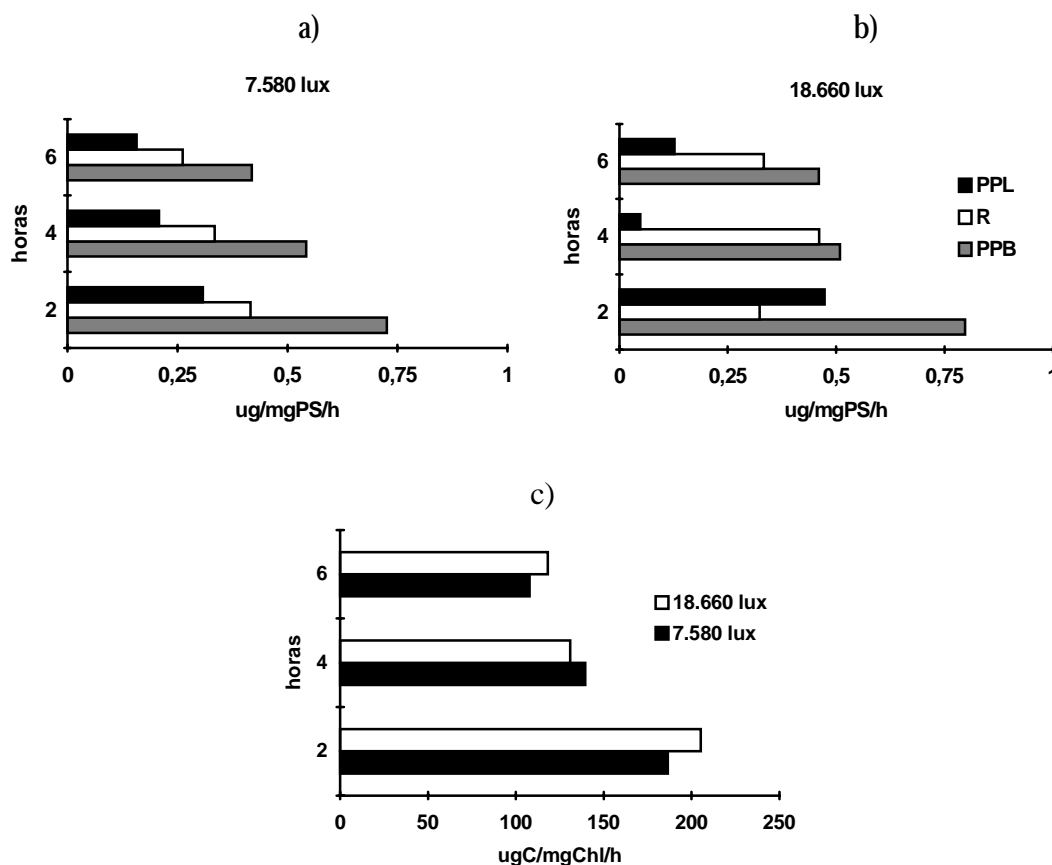


Figura 10: a) e b) Produtividade primária bruta (PPB), líquida (PPL) e respiração (R) e c) taxas de assimilação da *U. gibba* nos experimentos de laboratório sob diferentes tempos de incubação e regimes luminosos (Pompêo & Moschini-Carlos, 1997).

## SUGESTÕES PARA O ESTUDO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS

Para avaliar o papel e a importância ecológica das macrófitas aquáticas para o ecossistema há necessidade do monitoramento periódico através do levantamento de uma série de dados em trabalhos de campo e laboratório, como:

- avaliar a área de ocupação do estande;
- determinar a biomassa;
- determinar a composição química do tecido vegetal;
- determinar o crescimento da planta viva;
- determinar as taxas de decomposição e consumo de oxigênio;
- determinar a produtividade primária (escala temporal e espacial).

Através desses dados será possível verificar mudanças temporais e espaciais nos estoques de biomassa e nutrientes das macrófitas aquáticas, determinar as taxas de decomposição das várias frações da planta e dos teores de oxigênio dissolvido utilizados durante esse processo, determinar seu período de maior crescimento e as taxas e quantidades de matéria orgânica produzidas. Experimentos de laboratório também são muito importantes na determinação das amplitudes ecológicas das macrófitas aquáticas frente a vários fatores ambientais, tais como luz e nutrientes. Todos esses dados servirão como subsídios auxiliares visando o manejo da macrófita aquática, colaborando no gerenciamento ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbieri, R.; Esteves, F.A. 1991. The chemical composition of some aquatic macrophyte species and implications for the metabolism of a tropical lacustrine ecosystem - Lobo Reservoir, São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, 213: 33-140.
- Barbieri, R.; Esteves, F.A.; Reid, J. W. 1984. Contribution of two macrophytes to the nutrient budget of Lobo Reservoir, São Paulo, Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22: 1631-1635.
- Bastardo, H.; Rivera, C.J.; Santana, A. 1982. Descomposición de gramíneas tropicales en sabanas inundables de los llanos venezolanos. *Colóquio regional sobre matéria orgânica do solo*, Piracicaba, ESALQ-USP, p. 35-43.
- Blom, C. W.P.M.; Bögemann, G.M.; Laan, P.; van der Sman, A.J.M.; van de Steeg, H.M.; Voesenek, L.A.C.J. 1990. Adaptation flooding in plants from river areas. *Aquat. Bot.*, 38: 29-47.
- Bulla, L.; Miranda, R.; Pacheco, J. 1980. Produccion, descomposicion, flujo de materia organica y diversidad en una sabana de banco del modulo experimental de Mantecal (Estado de Apure, Venezuela). *Acta Cient. Venezolana*, 31: 331-338.
- Camargo, A.F.M.; Esteves, F.A. 1995. Biomass and productivity of aquatic macrophytes in Brazilian lacustrine ecosystems. In: Tundisi, J.G.; Bicudo, C.E.M.; Matsumura-Tundisi, T., *Limnology in Brazil*. São Paulo: ABC/SBL, p. 137-149.
- Camargo, A.F.M.; Esteves, F.A. 1996. Influence of water level variation on biomass and chemical composition of the aquatic macrophyte *Eichhornia azurea* (Kunth) in an oxbow lake of the Rio Mogi-Guaçu (São Paulo, Brazil). *Arch. Hydrobiol.*, 135(3): 423-432.
- Carpenter, S.R.; Adams M.S. 1979. Effects of nutrients and temperature on decomposition of *Myriophyllum spicatum* L. in a hard-water eutrophic lake. *Limnol. & Oceanogr.*, 24(3): 520-528.
- Esteves, F.A. 1988. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Editora Interciência/FINEP, 575p.
- Esteves, F.A.; Barbieri, R. 1983. Dry weight and chemical changes during decomposition of tropical macrophytes in Lobo Reservoir - São Paulo, Brazil. *Aquat. Bot.*, 16: 285-295.
- Finlayson, C.M. 1991. Production and major nutrient composition of three grass species on the Magela floodplain, Northern Territory, Australia. *Aquat. Bot.*, 41: 263-280.
- François, J.; Rivas, A.; Compère, R. 1989. Le pâturage semi-aquatique à *Echinochloa stagnina* (RETZ.) P.BEAUV. Etude approfondie de la plante "bourgou" et des bourgoutières situées en zone lacustre du Mali. *Bull. Rech. Agron. Gembloux*, 24(2): 145-189.
- Granéli, W.; Solander, D. 1988. Influence of aquatic macrophytes on phosphorus cycling in lakes. *Hydrobiologia*, 170: 245-266.
- Henry, R. 1990. *Estrutura espacial e temporal do ambiente físico e químico e análise de alguns processos ecológicos na Represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP) e na sua bacia hidrográfica*. Botucatu: UNESP, 242p. (Tese de Livre-Docência)
- Henry, R. 1993. Primary production by phytoplankton and its controlling factors in Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). *Rev. Brasil. Biol.*, 53(4): 489-499.
- Junk, W.J. 1980. Areas inundáveis: Um desafio para Limnologia. *Acta Amazonica*. 10(4): 775-795.
- Junk, W. J.; Piedade, M.T.F. 1993. Biomass and primary-production of herbaceous plant communities in the Amazon floodplain. *Hydrobiologia*, 263: 155-162.
- Junk, W.J.; Robertson, B.A.; Darwich, A.J.; Vieira, I. 1981. Investigações limnológicas e ictiológicas em Curuá-Una, a primeira represa hidroelétrica da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 11(4): 689-716.
- Lieffers, V.J. 1984. Emergent plant communities of oxbow lakes in northeastern Alberta: salinity, water-level fluctuation, and succession. *Can. J. Bot.*, 62: 310-316.
- Menezes C.F.S.; Esteves, F.; Anesio, A.M. 1993. Influência da variação artificial do nível d'água da represa do Lobo (SP) sobre a biomassa e produtividade de *Nymphaoides indica* (L.) O. Kuntze e *Pontederia cortada* L. *Acta Limnol. Brasil.*, 6: 163-172.

- Neiff, J.J. 1975. Fluctuaciones anuales en la composition fitocenotica y biomassa de la hidrofítia en lagunas islenas del Paraná Medio. *Ecosur*, 2(4): 153-183.
- Petterson, R.; Hansson, A.C. 1990. Net primary production of perennial assessed with different methods and compared with a lucerne ley (*Medicago sativa*). *J. Appl. Ecol.*, 27: 788-802.
- Piedade, M.T.F.; Junk, W.J.; Long, S.P. 1991. The productivity of the C<sub>4</sub> grass *Echinochloa polystachya* on the Amazon floodplain. *Ecology*, 72(4): 1456-1463.
- Pompêo, M.L.M.; Henry, R. 1996. Variação sazonal dos teores de N e P no sedimento do rio Paranapanema (zona de desembocadura na represa de Jurumirim, SP). *Anais do I Simpósio de Ciências da Engenharia Ambiental, III Simpósio do Curso de Ciências da Engenharia Ambiental*, São Carlos, CRHEA/EESC/USP, p. 135-137.
- Pompêo, M.L.M.; Henry, R. 1998. Decomposition of aquatic macrophyte *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock, in a Brazilian Reservoir (Paranapanema River mouth zone). *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 26: 1871-1875.
- Pompêo, M.L.M.; Henry, R.; Moschini-Carlos, V.; Padovani, C.R. 1997. O papel da macrófita aquática *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock na caracterização física e química da água na zona de desembocadura do rio Paranapanema na represa de Jurumirim, SP. *Brasil. J. Ecol.*, 1: 44-53.
- Pompêo, M.L.M.; Moschini-Carlos, V. 1997. Produtividade primária da macrófita aquática livre flutuante *Utricularia gibba* L. na Lagoa Dourada (Brotas, SP). *Acta Limnol. Brasil.* 9: 1-9.
- Pompêo, M.L.M.; Moschini-Carlos V. 1995. Zonação e biomassa das macrófitas aquáticas na Lagoa Dourada (Brotas, SP), com ênfase na *Utricularia gibba* L., *Acta Limnol. Brasil.*, 7: 78-86.
- Pompêo, M.L.M.; Moschini-Carlos V.; Costa Neto, J.P.; Cavalcante, P.R.S.; Ibañez, M.S.R.; Ferreira-Correia, M.M.; Barbieri, R. 1998. Heterogeneidade espacial do fitoplâncton no reservatório de Boa Esperança (MA-PI, Brasil). *Acta Limnol. Brasil.*, 10.
- Pompêo, M.L.M. 1996a. *Ecologia de Echinochloa polystachya* (H. B. K) Hitchcock na represa de Jurumirim (zona de desembocadura do rio Paranapanema - SP). São Carlos, USP, 150 p. Tese
- Pompêo, M.L.M. 1996. Produtividade primária do fitoplâncton da Lagoa Dourada (Brotas, SP). *Anais VII Sem. Reg. Ecol.*, São Carlos, p. 15-25.
- Round, E.F. 1973. *Biologia das algas*. Guanabara Dois, 2<sup>a</sup> ed., 263 p.
- Russo, E.H.R. 1996. *Aplicação de sensores na identificação de plantas aquáticas nos rios Taquari e Paranapanema*. Relatory not Published, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Brasil, 103 pp.
- Thorton, K.W., Kimmel, B.L.; Payne, F.E. 1990. *Reservoir Limnology: Ecological perspectives*. A Wiley Intersciences Publications. John Wiley & Sons, Inc. 248p.
- Tundisi, J.G. 1985. Represas artificiais: Perspectivas para o controle e manejo da qualidade da água para usos múltiplos. *Anais IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos*, p. 36-59.
- Tundisi, J.G. 1996. Reservoirs as complex systems. *Ciênc. Cult.*, 48(5/6): 383-387.
- Tundisi, J.G., Matsumura-Tundisi, T.; Calijuri, M.C. 1993. Limnology and management of reservoirs in Brazil., In: Straskraba, M., Tundisi, J.G.; Duncan, A. *Comparative Reservoir Limnology and Water Management*, Netherland, Kluwer Academic Publishers. p. 25-55.