

# CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO NA UHE AMERICANA RELACIONADOS À OCORRÊNCIA DE PLANTAS AQUÁTICAS<sup>1</sup>

*Characterization of Water and Sediment Quality at the Americana Reservoir Related to the Occurrence of Aquatic Plants*

VELINI, E.D.<sup>2</sup>, NEGRISOLI, E.<sup>3</sup>, CAVENAGHI, A.L.<sup>4</sup>, CORRÊA, M.R.<sup>3</sup>, BRAVIN, L.F.N.<sup>5</sup>, DE MARCHI, S.R.<sup>3</sup>, TRINDADE, M.L.B.<sup>6</sup>, ARRUDA, D.P.<sup>7</sup> e PADILHA, F.S.<sup>8</sup>

RESUMO - Este trabalho foi realizado na UHE Americana, pertencente à Companhia Paulista de Força e Luz, e faz parte de um projeto de pesquisa e desenvolvimento realizado em conjunto com a Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP) de Botucatu. Foram realizadas amostragens de água e sedimento nos meses de outubro e dezembro de 2003 e fevereiro, abril e junho de 2004. Selecionaram-se seis pontos de coleta no reservatório, sendo cinco a montante da barragem e um a jusante. Levantamentos de flora foram realizados nos meses de dezembro de 2003 e abril e julho de 2004, sendo constatados elevados teores de nitrogênio e fósforo nas amostras de água, com valores médios de 3,867 mg L<sup>-1</sup> para nitrato, 0,706 mg L<sup>-1</sup> para amônia, 1,372 mg L<sup>-1</sup> para nitrito e 151,979 µg L<sup>-1</sup> para fosfato dissolvido na água. O sedimento apresentou elevado nível de fertilidade, com médias de 32,18 g kg<sup>-1</sup> para matéria orgânica, 68,87 mg dm<sup>-3</sup> para P, 36,96 mmol dm<sup>-3</sup> para Ca e 11,88 mmol dm<sup>-3</sup> para Mg. Espécies marginais e flutuantes foram as principais infestantes do reservatório, destacando-se *Brachiaria subquadripara*, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata*.

**Palavras-chave:** plantas aquáticas, qualidade de água, sedimentos, reservatório.

ABSTRACT - This work was carried out at the Americana Reservoir, owned by Companhia Paulista de Força e Luz, and was part of a joint R & D project with Faculdade de Ciências Agronômicas – Botucatu – São Paulo – Brazil. Water and sediment samplings were collected in October and December 2003 and February, April and June 2004. Six sampling points were selected, being five upstream the barrage and one downstream. Flora assessment was carried out in December 2003, April and July 2004. High levels of nitrogen and phosphorus were observed in the water samples with average values of 3.867 mg L<sup>-1</sup> for nitrate, 0.706 mg L<sup>-1</sup> for ammonia, 1.372 mg L<sup>-1</sup> for nitrite and 151.979 µg L<sup>-1</sup> for phosphate dissolved in water. Sediment presented a high level of fertility with mean values of 31.18 g kg<sup>-1</sup> for organic matter, 68.87 mg dm<sup>-3</sup> for phosphorus, 36.96 mmol dm<sup>-3</sup> for calcium and 11.86 mmol dm<sup>-3</sup> for magnesium. Marginal and floating plants were the main weeds in the reservoir, with the most prominent being ***Brachiaria subquadripara***, ***Eichhornia crassipes***, ***Pistia stratiotes*** and ***Salvinia auriculata***.

**Key words:** aquatic plants, water quality, sediments, reservoir.

<sup>1</sup> Recebido para publicação em 25.1.2005 e na forma revisada em 24.3.2005.

<sup>2</sup> Professor Doutor, Departamento de Produção Vegetal, FCA/UNESP, 18603-970 Botucatu-SP, <velini@uol.com.br>; <sup>3</sup> Pós-Graduação, Departamento de Produção Vegetal, FCA/UNESP, Botucatu-SP; <sup>4</sup> Eng.-Agr. Dr., Departamento de Produção Vegetal, FCA/UNESP, Botucatu-SP. <sup>5</sup> Professor M.S. da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Botucatu-SP. <sup>6</sup> Criativa, Consultoria em Matologia e Meio Ambiente. <sup>7</sup> Químico, Departamento de Produção Vegetal, FCA/UNESP, Botucatu-SP. <sup>8</sup> Companhia Paulista de Força e Luz.



## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem se observado uma redução na quantidade e qualidade da água nos rios e reservatórios, com efeito direto na capacidade de geração de energia elétrica e abastecimento humano. As atividades desenvolvidas nas bacias hidrográficas que formam os reservatórios influenciam diretamente a qualidade da água e o tempo útil destes. A erosão da camada fértil de solos agrícolas e a grande descarga de efluentes residenciais e industriais têm levado rios e reservatórios, naturais ou artificiais, a uma condição de desequilíbrio, caracterizado pela grande disponibilidade de nutrientes na coluna d'água e no sedimento. Além de interferir decisivamente na qualidade da água, a grande disponibilidade de nutrientes pode levar ao crescimento desordenado de populações de plantas aquáticas.

As plantas aquáticas desempenham importantes funções na manutenção do equilíbrio natural de ambientes aquáticos (Tanaka, 1998; Thomaz, 2002), porém os inúmeros benefícios começam a se transformar em problemas quando elas deixam de coexistir em equilíbrio nesses ambientes (Tanaka, 1998; Velini, 1998; Pitelli, 1998; Marcondes, 2001; Velini et al., 2002; Galo et al., 2002; Cavenaghi et al., 2003; Carvalho et al., 2003).

O manejo de plantas aquáticas no país, através do controle químico (Martins et al., 1999, 2002; Neves et al., 2002; Tanaka et al., 2002; Carbonari et al., 2003; Cardoso et al., 2003; Guimarães et al., 2003; Marcondes et al., 2003; Negrisoli et al., 2003; Terra et al., 2003), controle mecânico (Velini, 1998; Antuniassi et al., 2002) e controle biológico (Miyazaki & Pitelli, 2003; Borges Neto & Pitelli, 2004; Borges Neto et al., 2004), são estudados e avaliados, na maioria das vezes, em sistemas fechados, como caixas-d'água e tanques fechados, ou em caráter emergencial, pois o Brasil ainda não possui legislação específica para o manejo dessas plantas em sistemas abertos (rios e reservatórios).

Dessa forma, fica evidente a importância de estudos de qualidade de água e sedimento em reservatórios e do levantamento das plantas existentes no sistema, facilitando

posteriormente o manejo e o impacto que este possa causar.

A UHE Americana foi formada pela barragem do rio Atibaia, que está situado na bacia hidrográfica do rio Piracicaba. O reservatório está localizado na cidade de Americana e pertence a uma bacia hidrográfica de vasta área, com elevada atividade antrópica e grande descarga de efluentes de origem industrial e doméstica das cidades de Campinas e Paulínia, bem como intensa atividade agrícola (Leite & Espíndola, 2002).

Este trabalho teve por objetivos a caracterização de água e sedimento e o monitoramento de problemas com plantas aquáticas na UHE Americana, procurando-se correlacionar as informações obtidas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na UHE Americana, da Companhia Paulista de Força e Luz, localizada na cidade de Americana-SP.

Para coleta de água e sedimento foram selecionados seis pontos de amostragem no corpo do reservatório (Figura 1), sendo os pontos 1 e 6 coletados em superfície e os pontos 2, 3, 4 e 5 coletados em três profundidades (superfície, meio e fundo da seção). As campanhas de amostragens de água e sedimento foram realizadas bimestralmente, entre os meses de outubro de 2003 e junho de 2004. Foram coletadas, no total, 70 amostras de água (14 amostras por coleta) e 30 amostras de sedimento (seis amostras por coleta) para caracterização do ambiente de ocorrência das plantas aquáticas.

Em todas as campanhas, a coleta de água foi feita com o auxílio de um coletor de fluxo contínuo, com uma mangueira de 15 m, desenvolvido para que a amostragem fosse realizada em diferentes profundidades, succionando-se a amostra com a ajuda de uma bomba a vácuo (Figura 2a). A coleta de sedimento foi realizada com o auxílio de uma draga tipo Petersen, que era lançada em cada ponto até o fundo do reservatório (Figura 2b).

No momento da coleta foram realizadas as seguintes determinações: coordenadas geográficas do ponto, profundidade, transparência com disco de Secchi (Figura 3a), temperatura do ar e da água, teor de oxigênio dissolvido,

pH, condutividade elétrica, turbidez e potencial de oxirredução (Figura 3b).

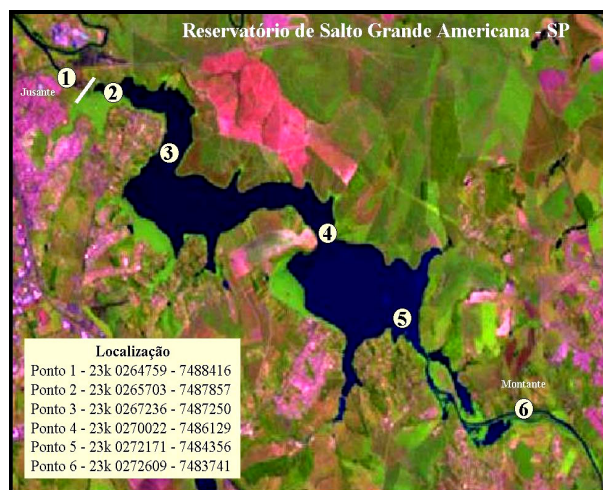


Figura 1 - Localização dos pontos na UHE Americana.

Feitas essas análises, as amostras de água e sedimento foram acondicionadas em recipientes apropriados e submetidas aos procedimentos de conservação, segundo Eaton et al. (1995).

Para cada amostra de água foram realizadas as análises de pH; condutividade; potencial de oxirredução; turbidez; acidez; alcalinidade; teores de sólidos suspensos, dissolvidos e totais; teor de nitrato; teor de nitrito; teor de amônio; teor de nitrogênio inorgânico, orgânico e total; teor de sulfato; teores de fósforo, fósforo reativo e total; dureza; demanda química de oxigênio; demanda biológica de oxigênio; coliformes fecais e totais; fitoplâncton; microcistina; transmissão de luz para coluna d'água de 1 m; e teores dissolvidos de Na, Ca, Si, K, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cd, Mg, Sn, Pb, Al, B, Ba, Co, Cr, Hg, Li, Mo e Se.



Figura 2 - Sistema de bomba a vácuo usado para coleta de amostra de água (a) e draga tipo Petersen utilizada para coleta de amostra de sedimento (b).



Figura 3 - Avaliação da transparência através do disco de Secchi (a) e determinação do teor de oxigênio dissolvido e pH (b).

Em se tratando das amostras de sedimento, foram realizadas as análises de pH, capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), saturação de bases (V%), textura e teores de matéria orgânica (MO%), Ca, Mg, P, K, nitrato, nitrito, amônia, N orgânico, N inorgânico, N total, S, H + Al, areia, silte, argila, Na, Si, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cd, Sn, Pb, Ag, Al, B, Ba, Co, Cr, Hg, Li, Mo e Se.

Os levantamentos e as identificações das plantas aquáticas foram realizados nos meses de dezembro de 2003 e abril e julho de 2004, percorrendo-se as margens do reservatório com um barco de alumínio movido por motor de popa de 25 HP. Ao longo do reservatório foram estabelecidos 20 pontos de avaliação, sendo um localizado próximo à barragem (próximo ao ponto 2 da coleta de água), outro localizado no início do reservatório (próximo ao ponto 6 da coleta de água) e os 18 pontos restantes distribuídos no reservatório. Todos os pontos foram georreferenciados através de um aparelho localizador geográfico Garmin GPS 12 e suas respectivas áreas estimadas através de um binóculo com fotômetro a laser da marca Bushnell, modelo Yardage PRO 800.

Durante o levantamento foi realizada uma estimativa visual de valor geográfico do ponto e distribuição proporcional das plantas no foco. Foram atribuídos valores de 0 a 100%, tanto para as espécies presentes como para os espaços livres de macrófitas que eventualmente pudessem ocorrer dentro dos pontos amostrados. A partir desses dados foram calculados os índices de ocupação média (IOM) em todos os pontos avaliados, o que proporcionou uma estimativa da área ocupada pela espécie em todo o reservatório.

Com os dados referentes à estimativa de ocupação das espécies e dos pontos avaliados, foi determinada a frequência relativa de cada espécie, com a utilização da fórmula proposta por Mueller-Dombois & ElleMBERG (1974):  $FRe = FAe / FAT * 100$  (%), em que FRe refere-se à frequência relativa de cada espécie, FAe representa a frequência absoluta de cada espécie ( $FAe = NAe / NAT * 100$ , em que NAe significa o número de amostragens em que ocorreu uma determinada espécie e NAT é o número total de amostragens realizadas) e FAT é a soma-tória das frequências absolutas de todas as espécies da comunidade infestante. Esses

parâmetros possibilitaram avaliar o nível de infestação de cada espécie em toda a represa, valorizando a infestação em pontos maiores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em razão do grande número de dados gerados durante as cinco coletas realizadas (3.500 análises de água e 1.230 de sedimento), optou-se por apresentar os resultados das características mais relevantes analisadas nas amostras de água e sedimento. Nas Tabelas 1, 2 e 3 são apresentados os resultados obtidos para essas características das amostras de água. Nesse caso, optou-se também por apresentar a média dos resultados das três profundidades coletadas dos pontos 2, 3, 4 e 5. Nas Tabelas 4 e 5 encontram-se os resultados obtidos para as análises das amostras de sedimento.

Os principais elementos responsáveis pela eutrofização de corpos hídricos são nitrogênio e fósforo. Segundo Leite & Espíndola (2002), estudos realizados entre 1969 e 2000 demonstraram aumentos significativos nas concentrações de nitrato (de 0,326 para 0,808 mg L<sup>-1</sup>), nitrito (de 0,331 para 1,412 mg L<sup>-1</sup>), amônia (de 0,0382 para 0,3197 mg L<sup>-1</sup>) e fosfato total dissolvido (de 6,00 para 174,04 µg L<sup>-1</sup>) no reservatório da UHE Americana. Os valores médios obtidos neste trabalho para estes elementos foram de 3,867 mg L<sup>-1</sup> para nitrato, 0,706 mg L<sup>-1</sup> para amônia, 1,372 mg L<sup>-1</sup> para nitrito e 151,979 µg L<sup>-1</sup> para fosfato dissolvido na água. No entanto, os valores máximos observados foram 19 vezes maiores para nitrato, 15 para nitrito, 22 para amônia e 10 para fósforo total dissolvido (fosfato), em relação ao valor observado por Leite & Espíndola (2002) no ano de 2000. Os valores máximos para esses elementos foram obtidos no ponto 6, localizado na entrada do reservatório, caracterizado principalmente por transição de ambiente lótico para léntico, grande acúmulo de plantas aquáticas e baixa profundidade devido ao avançado processo de sedimentação. Neste ponto ainda foram observados valores baixos de oxigênio dissolvido (1,56 a 3,79 mg L<sup>-1</sup>), provavelmente em decorrência do consumo elevado deste elemento no processo de decomposição de matéria orgânica. Considerando-se também os demais pontos, os valores do oxigênio dissolvido variaram entre 1,56 e

8,81 mg L<sup>-1</sup>, mas 73% dos valores ficaram abaixo de 5,0 mg L<sup>-1</sup> e 50% abaixo de 4,0 mg L<sup>-1</sup> – valores estes utilizados como referência para classificação de águas nas classes 2 e 3, respectivamente, da Resolução CONAMA 20 de 1986, que estabelece valores para águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional (BRASIL, 1986). Esses valores demonstram a intensificação de um processo de eutrofização iniciado no final da década de 1970 (Leite & Espindola, 2002).

O sedimento apresenta-se como um depósito de nutrientes para o sistema aquático. As maiores taxas de liberação de nutrientes do sedimento para a coluna d'água ocorrem quando a parte inferior desta encontra-se com baixas concentrações de oxigênio, ou mesmo anaeróbica. Nessas condições, o meio torna-se, do ponto de vista físico-químico, favorável à solubilização de alguns íons (Esteves, 1998). Os resultados das análises do sedimento apresentaram grande variação,

devendo-se, porém, destacar o elevado nível de fertilidade dos valores médios encontrados no reservatório, sendo 32,18 g kg<sup>-1</sup> para matéria orgânica, 68,87 mg dm<sup>-3</sup> para P, 36,96 mmol dm<sup>-3</sup> para Ca e 11,88 mmol dm<sup>-3</sup> para Mg. Estes nutrientes podem ser disponibilizados para colona d'água ou mesmo retirados do sedimento diretamente pelas plantas.

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentadas as espécies e seus valores de frequência relativa e o índice de ocupação média de cada uma delas, respectivamente, durante as três épocas de avaliação. Espécies marginais e flutuantes foram as principais infestantes do reservatório, merecendo destaque *Brachiaria subquadripara*, *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata*. Somando as frequências relativas dessas quatro espécies, obtêm-se os totais de 72,48, 63,71 e 70,27%, o que significa dizer que estas quatro espécies são de ocorrência comum em todo o reservatório.

**Tabela 1** - Resultados das análises de pH, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos e dissolvidos para água do reservatório da UHE Americana. Coletas bimestrais realizadas entre outubro de 2003 e junho de 2004

	Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
pH	Out/2003	7,45	7,60	8,20	8,40	7,56	6,22
	Dez/2003	7,11	7,19	7,27	7,16	7,11	7,00
	Fev/2004	7,26	7,19	8,19	8,64	8,51	7,64
	Abr/2004	7,17	7,27	7,09	6,94	7,12	6,74
	Jun/2004	6,77	6,80	6,83	6,85	6,85	6,88
Turbidez (NTU)	Out/2003	3,10	9,11	26,62	53,33	24,48	21,98
	Dez/2003	21,75	15,38	20,95	27,33	53,02	62,00
	Fev/2004	3,92	1,57	24,10	40,63	26,12	14,84
	Abr/2004	1,57	0,63	0,82	1,13	2,07	7,07
	Jun/2004	6,58	5,69	7,19	9,65	12,87	11,25
O.D. (mg L <sup>-1</sup> )	Out/2003	5,44	2,14	4,49	6,12	2,36	1,56
	Dez/2003	3,35	2,58	6,27	8,81	6,42	3,07
	Fev/2004	4,10	2,76	5,36	4,77	4,16	3,13
	Abr/2004	4,33	3,26	5,28	5,00	4,79	3,55
	Jun/2004	4,54	3,26	3,28	3,22	3,94	3,79
Sólidos Suspensos (g m <sup>-3</sup> )	Out/2003	7,0	13,7	13,3	12,3	23,7	32,0
	Dez/2003	20,0	15,3	20,3	18,7	46,7	57,0
	Fev/2004	15,0	7,0	11,0	59,0	18,3	20,0
	Abr/2004	16,0	7,7	12,7	27,7	36,7	73,0
	Jun/2004	23,0	33,0	24,3	31,3	56,3	30,0
Sólidos Dissolvidos (g m <sup>-3</sup> )	Out/2003	303,0	304,0	308,7	320,7	461,0	472,0
	Dez/2003	182,0	165,7	165,0	157,7	180,0	181,0
	Fev/2004	160,0	158,7	163,3	170,3	178,3	186,0
	Abr/2004	302,0	298,0	301,0	293,0	269,3	389,0
	Jun/2004	256,0	259,7	255,7	259,3	292,0	354,0



**Tabela 2** - Resultados das análises de nitrato, amônio, nitrito, fosfato e fósforo total para água do reservatório da UHE Americana. Coletas bimestrais realizadas entre outubro de 2003 e junho de 2004

	Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
NO <sub>3</sub> (N) (mg L <sup>-1</sup> )	Out/2003	1,486	0,135	0,357	0,933	0,000	0,000
	Dez/2003	2,192	2,480	3,179	3,020	3,059	2,762
	Fev/2004	6,416	3,084	8,519	7,613	12,587	15,287
	Abr/2004	2,240	1,920	2,640	2,553	3,735	3,611
	Jun/2004	5,144	3,626	4,079	4,208	4,177	4,974
NH <sub>4</sub> (N) (mg L <sup>-1</sup> )	Out/2003	0,420	0,628	0,347	0,181	6,118	7,028
	Dez/2003	0,259	0,240	0,060	0,086	0,110	0,151
	Fev/2004	0,039	0,002	0,001	0,008	0,007	0,000
	Abr/2004	0,323	0,361	0,336	0,336	0,385	1,122
	Jun/2004	0,118	0,094	0,060	0,173	0,867	1,320
NO <sub>2</sub> (N) (mg L <sup>-1</sup> )	Out/2003	0,057	0,089	0,150	2,438	15,402	21,315
	Dez/2003	0,733	0,122	0,157	0,062	0,170	0,150
	Fev/2004	0,004	0,003	0,003	0,006	0,002	0,001
	Abr/2004	0,020	0,002	0,003	0,003	0,008	0,015
	Jun/2004	0,059	0,075	0,022	0,047	0,020	0,021
Fosfato (µg L <sup>-1</sup> )	Out/2003	16,432	31,801	4,108	3,603	1746,95	1624,872
	Dez/2003	20,976	86,105	55,202	60,89	10,474	7,383
	Fev/2004	13,676	16,829	14,086	17,216	22,309	78,532
	Abr/2004	8,581	4,983	5,546	4,831	31,864	223,802
	Jun/2004	93,616	20,524	32,175	31,079	68,842	202,096
Fósforo Total (µg L <sup>-1</sup> )	Out/2003	152,180	85,177	45,653	48,937	1946,283	1841,510
	Dez/2003	112,047	139,512	129,314	141,776	17,220	15,646
	Fev/2004	62,813	69,839	83,685	79,168	77,848	142,386
	Abr/2004	102,469	59,046	28,637	28,692	92,679	317,555
	Jun/2004	177,617	74,153	81,474	94,747	140,482	312,426

**Tabela 3** - Resultados das análises de sulfato, cálcio, magnésio, ferro e mercúrio para água do reservatório da UHE Americana. Coletas bimestrais realizadas entre outubro de 2003 e junho de 2004

	Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Sulfato (mg L <sup>-1</sup> )	Out/2003	4,773	5,219	5,320	5,645	8,286	7,965
	Dez/2003	47,115	46,499	29,592	36,283	44,921	46,639
	Fev/2004	71,989	71,252	73,304	78,832	79,347	86,844
	Abr/2004	42,402	43,689	43,850	41,946	36,356	72,424
	Jun/2004	35,112	36,427	36,801	36,454	42,663	69,536
Ca (mg L <sup>-1</sup> )	Out/2003	9,609	8,786	8,339	8,622	13,349	13,139
	Dez/2003	10,101	7,826	8,608	8,159	10,834	10,501
	Fev/2004	9,312	9,475	9,200	9,488	9,885	7,214
	Abr/2004	7,611	7,827	7,833	7,909	7,825	7,595
	Jun/2004	7,341	6,689	6,791	6,945	7,291	7,444
Mg (mg L <sup>-1</sup> )	Out/2003	5,748	5,753	5,559	5,428	6,167	6,336
	Dez/2003	4,705	2,917	3,975	3,738	5,223	5,318
	Fev/2004	4,530	4,315	4,248	4,171	4,834	4,730
	Abr/2004	4,468	4,612	4,814	4,759	4,869	4,840
	Jun/2004	4,518	3,831	3,849	4,006	4,171	4,443
Fe (mg L <sup>-1</sup> )	Out/2003	0,020	0,043	0,021	0,024	0,018	0,027
	Dez/2003	0,027	0,014	0,050	0,054	0,051	0,052
	Fev/2004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Abr/2004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,345
	Jun/2004	0,000	0,032	0,157	0,191	0,099	0,000
Hg (mg L <sup>-1</sup> )	Out/2003	0,004	0,005	0,005	0,005	0,010	0,014
	Dez/2003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
	Fev/2004	0,000	0,001	0,002	0,002	0,001	0,003
	Abr/2004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Jun/2004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

**Tabela 4** - Resultados das análises de pH, matéria orgânica, fósforo, cálcio e magnésio no sedimento do reservatório da UHE Americana. Coletas bimestrais realizadas entre outubro de 2003 e junho de 2004

	Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
pH (CaCl)	Out/2003	6,64	4,80	4,82	5,00	5,30	5,80
	Dez/2003	6,60	5,73	4,75	5,30	5,80	5,20
	Fev/2004	6,15	5,18	4,16	5,20	5,60	4,90
	Abr/2004	5,77	4,65	4,90	4,47	5,20	5,37
	Jun/2004	6,80	5,30	5,26	5,26	4,85	5,70
M.O. (g kg <sup>-1</sup> )	Out/2003	21,10	16,00	52,10	19,70	14,30	18,60
	Dez/2003	17,78	32,42	46,66	51,54	29,29	40,22
	Fev/2004	17,97	21,29	25,39	29,68	38,86	21,88
	Abr/2004	22,46	39,64	30,27	34,37	32,03	30,66
	Jun/2004	20,71	85,31	59,93	43,35	18,95	33,00
P (mg dm <sup>-3</sup> )	Out/2003	20,40	10,20	8,50	6,20	83,40	27,90
	Dez/2003	19,70	36,90	26,90	34,10	64,00	52,30
	Fev/2004	51,67	6,67	106,56	58,77	155,22	85,47
	Abr/2004	113,59	74,02	45,49	142,38	272,42	133,64
	Jun/2004	31,34	103,19	124,35	39,12	30,54	101,00
Ca (mmol. dm <sup>-3</sup> )	Out/2003	304,30	14,10	62,40	4,20	58,30	27,30
	Dez/2003	1,64	0,83	0,58	0,36	0,59	2,38
	Fev/2004	3,11	2,33	2,19	1,99	2,24	1,86
	Abr/2004	65,84	38,33	17,07	32,03	73,86	54,46
	Jun/2004	82,50	150,00	43,00	18,80	5,94	36,20
Mg (mmol dm <sup>-3</sup> )	Out/2003	9,00	5,90	18,30	1,40	12,90	11,40
	Dez/2003	38,59	40,77	11,48	7,79	24,26	25,23
	Fev/2004	10,68	7,20	5,22	3,54	8,32	6,72
	Abr/2004	11,20	5,66	4,03	7,06	12,42	11,48
	Jun/2004	16,51	12,04	10,86	3,09	0,69	12,63

**Tabela 5** - Resultados das análises de nitrato, nitrogênio total, areia, argila e silte no sedimento do reservatório da UHE Americana. Coletas bimestrais realizadas entre outubro de 2003 e junho de 2004

	Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
NO <sub>3</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Out/2003	36,40	35,00	28,00	30,80	30,80	33,60
	Dez/2003	95,20	134,40	389,20	295,40	274,40	462,00
	Fev/2004	56,00	58,24	263,76	64,40	58,24	195,16
	Abr/2004	13,83	14,00	15,23	14,70	16,98	14,18
	Jun/2004	76,65	153,13	41,48	1,38,78	65,45	199,33
N Total (mg L <sup>-1</sup> )	Out/2003	630,0	588,0	3.192,0	826,0	434,0	784,0
	Dez/2003	854,0	1.400,0	2.744,0	2.478,0	3.206,0	2.772,0
	Fev/2004	826,0	1.764,0	2.618,0	1.316,0	3.066,0	2.394,0
	Abr/2004	1.050,0	2.870,0	2.142,0	2.534,0	2.520,0	2.436,0
	Jun/2004	798,0	5.936,0	4.424,0	2.394,0	560,0	2.226,0
Areia (%)	Out/2003	66,5	61,6	51,7	79,4	89,1	64,3
	Dez/2003	33,4	23,1	28,3	65,3	1,5	2,1
	Fev/2004	49,4	17,0	0,9	65,3	9,8	1,3
	Abr/2004	57,1	65,5	73,9	22,7	23,8	12,8
	Jun/2004	26,0	16,9	18,7	71,9	962,0	12,0
Argila (%)	Out/2003	9,3	14,2	16,1	5,8	2,8	12,5
	Dez/2003	20,8	40,2	37,7	18,4	47,0	50,2
	Fev/2004	17,7	50,7	63,3	14,4	42,1	41,8
	Abr/2004	14,6	21,0	10,6	43,8	36,4	29,9
	Jun/2004	20,3	47,0	42,5	15,2	48,0	37,6
Silte (%)	Out/2003	24,2	24,2	32,2	14,8	8,1	23,2
	Dez/2003	45,8	36,7	34	16,3	51,5	47,7
	Fev/2004	32,9	32,3	35,8	20,3	48,1	56,9
	Abr/2004	33,7	13,5	15,5	33,5	39,8	57,3
	Jun/2004	53,7	63,1	38,8	12,9	2,6	50,4

**Tabela 6** - Valores de frequência relativa (%) para cada espécie durante as três épocas de avaliação

Espécie	Dez/03	Abr/04	Jul/04
	FRe (%)	FRe (%)	FRe (%)
<i>Aeschynomene sensitiva</i>	2,75	4,84	6,25
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	1,83	1,61	0,00
<i>Brachiaria subquadriflora</i>	18,35	16,13	17,86
<i>Commelina diffusa</i>	0,00	0,81	0,00
<i>Cyperus difformis</i>	2,75	4,03	0,89
<i>Echinochloa polystachia</i>	4,59	2,42	1,79
<i>Eichhornia crassipes</i>	17,43	15,32	16,96
<i>Hedychium coronarium</i>	0,92	0,81	0,89
<i>Ludwigia elegans</i>	0,00	0,81	0,00
<i>Mimosa pigra</i>	0,92	0,81	0,89
<i>Panicum rivulare</i>	3,67	3,23	3,57
<i>Paspalum repens</i>	0,00	4,03	0,00
<i>Pistia stratiotes</i>	18,35	16,13	17,86
<i>Salvinia auriculata</i>	18,35	16,13	17,86
<i>Salvinia molesta</i>	0,00	2,42	0,89
<i>Typha angustifolia</i>	9,17	8,06	8,93
Área livre	0,92	2,42	5,36
Total	100,00	100,00	100,00

**Tabela 7** - Índices de ocupação médios observados para cada espécie durante as três épocas de avaliação

Espécie	Dez/03	Abr/04	Jul/04
	IOM(%)	IOM (%)	IOM (%)
<i>Aeschynomene sensitiva</i>	0,06	0,04	0,04
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	0,03	0,01	0,00
<i>Brachiaria subquadriflora</i>	47,76	67,12	54,29
<i>Commelina diffusa</i>	0,00	0,40	0,00
<i>Cyperus difformis</i>	0,06	0,04	0,01
<i>Echinochloa polystachia</i>	0,19	0,03	0,03
<i>Eichhornia crassipes</i>	39,13	11,63	2,86
<i>Hedychium coronarium</i>	0,03	0,03	0,03
<i>Ludwigia elegans</i>	0,00	0,01	0,00
<i>Mimosa pigra</i>	0,03	0,01	0,01
<i>Panicum rivulare</i>	0,50	0,36	0,36
<i>Paspalum repens</i>	0,00	0,24	0,00
<i>Pistia stratiotes</i>	8,29	11,88	16,12
<i>Salvinia auriculata</i>	1,74	3,87	8,76
<i>Salvinia molesta</i>	0,00	0,09	0,01
<i>Typha angustifolia</i>	1,79	1,84	2,24
Área livre	0,45	2,45	15,27
Total	100,00	100,00	100,00

A espécie *Brachiaria subquadriflora* foi a que mais se destacou dentro do ecossistema, pois, além de apresentar frequência relativa alta, mostrou os maiores índices de infestação média. Juntas, *Brachiaria subquadriflora* e *Eichhornia crassipes* representam 86,88% de toda a infestação de macrófitas que ocorrem no reservatório durante a primeira avaliação.

Esses resultados estão de acordo com o levantamento realizado por Faria & Espindola (2002) no mesmo reservatório, que observaram com maior frequência e abundância as espécies *Brachiaria subquadriflora*, *Eichhornia crassipes* e *Pistia stratiotes*. *Brachiaria subquadriflora* também se destacou quanto aos índices de ocupação média avaliados nas duas épocas subsequentes, sendo estes superiores a 67 e 54% nos meses de abril e julho de 2004, respectivamente.

Embora *Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata* tenham demonstrado elevados valores de frequência relativa, elas não apresentaram elevados níveis de infestação nos pontos de avaliação, mas ambas aumentaram suas áreas de ocupação no decorrer dos períodos de avaliação, com índices médios de 8,29, 11,88 e 16,12% para *P. stratiotes* e de 1,74, 3,87 e 8,76% para *S. auriculata*, nas avaliações de dezembro de 2003 e abril e julho de 2004, respectivamente.

As espécies encontradas são condizentes com o ambiente eutrófico apresentado pelo reservatório, que dificulta a sobrevivência de plantas submersas, em razão, principalmente, da baixa penetração de luz na coluna de água, levando à substituição dessas espécies por espécies marginais e flutuantes (Esteves, 1998; Thomaz, 2002).

## AGRADECIMENTOS

À CPFL, Companhia Paulista de Força e Luz, pelo apoio técnico e financeiro. Projeto financiado com recursos da linha P & D da ANEEL.

## LITERATURA CITADA

- ANTUNIASSI, U. R.; VELINI, E. D.; MARTINS, D. Remoção mecânica de plantas aquáticas: análise econômica e operacional. **Planta Daninha**, v. 20, p. 35-43, 2002. (Edição especial)
- BORGES NETO, C. R.; PITELLI, R. A. Adjuvantes e herbicidas e a infectividade de *Fusarium graminearum*, agente potencial de biocontrole de *Egeria densa* e *Egeria najas*. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 77-83, 2004.
- BORGES NETO, C. R.; GORGATI, C. Q.; PITELLI, R. A. Influência da concentração de inóculo e da idade da planta na intensidade de doença causada por *Fusarium graminearum* em *Egeria densa* e *Egeria najas*. **Fitopatol. Bras.**, v. 29, n. 3, p. 282-288, 2004.



- BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>>. Acesso em: 13 dez. 2004.
- CARBONARI, C. A.; MARTINS, D.; TERRA, M. A. Controle de *Brachiaria subquadripara* e *Brachiaria mutica* através de diferentes herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, v. 21, p. 79-84, 2003. (Edição especial)
- CARDOSO, L. R.; MARTINS, D.; TERRA, M. A. Sensibilidade a herbicidas de acessos de aguapé coletados em reservatórios do estado de São Paulo. **Planta Daninha**, v. 21, p. 61-67, 2003. (Edição especial)
- CARVALHO, F. T. et al. Plantas aquáticas e nível de infestação das espécies presentes no reservatório de Barra Bonita, no rio Tietê. **Planta Daninha**, v. 21, p. 15-19, 2003. (Edição especial)
- CAVENAGHI, A. L. et al. Caracterização da qualidade da água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do rio Tietê. **Planta Daninha**, v. 21, p. 43-52, 2003. (Edição especial)
- EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E. (Eds.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19.ed. Maryland: American Public Health Association, 1995. 106 p.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP, 1998. 575 p.
- FARIA, O. B.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Macrófitas aquáticas no Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): Estimativa da biomassa, concentração de nutrientes e metais. In: **RECURSOS Hidroenergéticos - usos, impactos e planejamento integrado**. São Carlos: 2002. p. 165-176.
- GALO, M. L. B. T. et al. Uso do sensoriamento remoto orbital no monitoramento da dispersão de macrófitas nos reservatórios do complexo Tietê. **Planta Daninha**, v. 20, p. 7-20, 2002. (Edição especial)
- GUIMARÃES, G. L. et al. Metodologia para avaliação de impacto ambiental de macrófitas em mesocosmos. **Planta Daninha**, v. 21, p. 37-42, 2003. (Edição especial)
- LEITE, M. A.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Análise do processo de eutrofização entre os Reservatórios de Salto Grande (22°44'S e 47°15'W) e do Lobo (22°10'S e 47°57'W). In: **RECURSOS Hidroenergéticos - usos, impactos e planejamento integrado**. São Carlos: 2002. p. 107-116.
- MARCONDES, D. A. **Eficiência do fluridone no controle de plantas aquáticas submersas e efeitos sobre algumas características ambientais**. Botucatu, 2001. 171 f. Tese (Livre-Docência) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- MARCONDES, D. A. S. et al. Eficiência de fluridone no controle de plantas aquáticas submersas no reservatório de Jupia. **Planta Daninha**, v. 21, p. 69-77, 2003. (Edição especial)
- MARTINS, D. et al. Controle químico de plantas daninhas aquáticas em condições controladas em caixa d'água. **Planta Daninha**, v. 17, n. 2, p. 289-296, 1999.
- MARTINS, D. et al. Controle químico de *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes* e *Salvini molesta* em caixa d'água. **Planta Daninha**, v. 20, p. 83-88, 2002. (Edição especial)
- MIYAZAKI, D. M. Y.; PITELLI, R. A. Estudo do potencial do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) como agente de controle biológico de *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum*. **Planta Daninha**, v. 21, p. 53-59, 2003. (Edição especial)
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Willey & Sons, 1974. 547 p.
- NEGRISOLI, E. et al. Uso de diferentes herbicidas no controle de *Muriophyllum aquaticum*. **Planta Daninha**, v. 21, p. 93-98, 2003. (Edição especial)
- NEVES, T.; FOLONI, L. L.; PITELLI, R. A. Controle químico de aguapé (*Eichhornia crassipes*). **Planta Daninha**, v. 20, p. 89-97, 2002. (Edição especial)
- PITELLI, R. A. Macrófitas aquáticas no Brasil, na condição de problemáticas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Anais...** Brasília-DF: IBAMA, 1998. p. 32-35.
- TANAKA, R. H. Prejuízos provocados por plantas aquáticas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Anais...** IBAMA, Brasília-DF, 1998. p. 36-38.
- TANAKA, R. H. et al. Avaliação de herbicidas no controle de egéria em laboratório, caixa d'água e represa sem fluxo d'água. **Planta Daninha**, v. 20, p. 73-81, 2002. (Edição especial)
- TERRA, M. A. et al. Controle químico de plantas aquáticas: *Polygonum lapathifolium*. **Planta Daninha**, v. 21, p. 85-88, 2003. (Edição especial)
- THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, v. 20, p. 21-33, 2002. (Edição especial)
- VELINI, E. D. Controle mecânico de plantas daninhas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998. **Anais...** Brasília-DF: IBAMA, 1998. p. 32-35.
- VELINI, E. D. et al. Manejo de plantas aquáticas em grandes reservatórios: riscos associados à estratégia de não ação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23., 2002, Gramado. **Resumos...** Gramado: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2002. p. 610.

