

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**“CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO  
RELACIONADOS COM A OCORRÊNCIA DE PLANTAS AQUÁTICAS  
EM CINCO RESERVATÓRIOS DA BACIA DO RIO TIETÊ”**

**ANDERSON LUIS CAVENAGHI**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Proteção de Plantas.

**BOTUCATU - SP  
Maio - 2003**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**“CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA E SEDIMENTO  
RELACIONADOS COM A OCORRÊNCIA DE PLANTAS AQUÁTICAS  
EM CINCO RESERVATÓRIOS DA BACIA DO RIO TIETÊ”**

**ANDERSON LUIS CAVENAGHI**

Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini

Co-orientador: Prof. Dr. Fernando Tadeu de Carvalho

Co-orientadora: Prof. Dra. Maria Lourdes Bueno Trindade Galo

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração em Proteção de Plantas.

**BOTUCATU - SP**  
**Maio – 2003**

**OFEREÇO**

**AOS MEUS PAIS**

**ALAÉRCIO E REGINA**

**A QUEM SOU GRATO  
PELOS ENSINAMENTOS MAIS SIMPLES  
E ESSENCIAIS NA VIDA**

**DEDICO**

**À MINHA ESPOSA DANIELA E MINHA FILHA FERNANDA**

**OS MAIORES INCENTIVOS DE MINHAS LUTAS**

## AGRADECIMENTOS

- À DEUS pelo dom da vida,
- Ao Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini pela amizade, apoio, orientação e dedicação em todos os trabalhos realizados,
- Aos co-orientadores Prof. Dr. Fernando T. Carvalho e Prof. Dra Maria Lourdes B. T. Galo pela valiosa colaboração no decorrer do trabalho,
- Ao Prof. Dr. Dagoberto Martins pelo companheirismo e amizade,
- Ao Sr. Affonso M. Carvalho e Sra Neide G. L. Carvalho pelo carinho e incentivos em todos os momentos,
- Aos amigos e companheiros Eduardo Negrisola, Luis Fernando N. Bravin, Marco A. S. Silva e Marcelo Rocha Corrêa pela inestimável colaboração na execução deste trabalho,
- Aos amigos e funcionários José Roberto Marques Silva, Dorival P. Arruda e Armando Soares pela grandiosa ajuda neste trabalho,
- Aos amigos Dr. Eduardo A. D. da Costa, Gustavo R. Tofoli e Augusto F. Guerreiro pela amizade e companheirismo,
- Aos Srs. Sílvio C. A. Santos e José L. A. Simionato pelo auxílio dado na coordenação dos trabalhos,
- À Luciana Rodrigues Cardoso Trigueiro, Elza Alves, Carolina Aparecida de Souza Queiroz, e Tiago Matosinho Corrêa pela amizade,
- Às secretárias Vera e Lana e funcionários Milton, Valéria, Rubens e Maurílio do Departamento de Produção Vegetal, Setor de Agricultura e Melhoramento Vegetal, pela amizade e auxílio sempre,
- À AES Tietê S.A., pela possibilidade da realização do trabalho,
- À CAPES pela concessão da bolsa de estudo,
- À todos que, de alguma forma, contribuíram na realização deste trabalho

Muito Obrigado!!!

**SUMÁRIO**

	<b>Página</b>
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
5.1 Levantamento de flora e reconhecimento dos reservatórios através de sobrevôo.....	16
5.2 Coleta e análise de água e sedimento.....	17
5.3 Levantamento de flora com a utilização de embarcações.....	26
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
6.1 Levantamento de flora e reconhecimento dos reservatórios através de sobrevôo.....	29
6.2 Análise de água e sedimento.....	32
6.3 Estimativa da área ocupada com plantas aquáticas com uso de imagens de satélite ETM+/Landsat .....	54
6.4 Levantamento de flora.....	63
7. CONCLUSÕES.....	66
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

## 1. RESUMO

Este trabalho é parte integrante de um projeto de pesquisa que tem por objetivo o desenvolvimento de programas de manejo integrado de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do rio Tietê (São Paulo-Brasil), usados na produção de energia elétrica. A ocorrência, importância relativa e área ocupada pelas diferentes espécies de plantas aquáticas foram correlacionadas com a qualidade da água e sedimento. Amostragem de água e sedimento e levantamento de plantas foram realizados em Junho de 2001 (estação seca), Outubro/Novembro de 2001 (início da estação chuvosa) e Fevereiro/Março de 2002 (final da estação chuvosa). Informações sobre a área total ocupada pelas plantas marginais e flutuantes disponíveis na literatura e obtidas pela classificação de imagens ETM+/Landsat foram correlacionadas com os resultados obtidos neste trabalho. Amostras de água foram utilizadas para estimar a transmissão ou extinção de luz em comprimentos de onda de 190 a 900nm para colunas de água de 1m de profundidade. Para melhor entendimento e registro (em fotos digitais) dos problemas com formação de bancos de sedimento e plantas aquáticas, todos os reservatórios foram sobrevoados usando um helicóptero, nos dias 4 e 5 de Junho de 2001. Os resultados permitiram concluir que a ocorrência de plantas submersas, destacando-se *Egeria*

*densa* e *Egeria najas*, foram as mais dependentes da transparência da água e transmissão de luz. A maior turbidez e sólidos suspensos contidos e a menor transmissão de luz alteram a frequência de plantas submersas. Os reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava foram os mais infestados com plantas submersas. A ocorrência de plantas marginais e flutuantes é muito dependente da formação de bancos de sedimentos. Os reservatórios de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga foram os mais infestados com plantas marginais e flutuantes. A concentração de fósforo e nitrogênio, a turbidez e os sólidos suspensos foram reduzidos com o deslocamento ao longo da sequência de reservatórios no rio Tietê (Barra Bonita => Bariri => Ibitinga => Promissão => Nova Avanhandava).

WATER AND SEDIMENT COMPOSITION RELATED TO THE OCCURRENCE OF  
AQUATIC PLANTS IN FIVE RESERVOIRS OF THE TIETÊ BASIN. Botucatu, 2003. 76P.

Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências

Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ANDERSON LUIS CAVENAGHI

Adviser: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Co-adviser: FERNANDO TADEU DE CARVALHO

Co-adviser: MARIA LOURDES BUENO TRINDADE GALO

## 2. SUMMARY

This research is a part of a larger project aiming the development of aquatic plants integrated management programs in five reservoirs of Tietê basin (Brazil – São Paulo State) used for the production of electric energy. The occurrence, relative importance and area occupied by different species of aquatic plants were correlated to the water and sediment composition. Water and sediment sampling and field evaluations were performed in June of 2001 (drought season), October/November of 2001 (start of rainy season) and February/March of 2002 (end of the rainy season). Information about total area occupied by marginal and floating plants available in the literature and obtained by the classification ETM+/Landsat images were also correlated to the results obtained in this research. Water samples were used to estimate the transmission or extinction of light from 190 to 900nm by water columns of 1m of thickness. Aiming a better understanding and register (in digital pictures) of the problems with the formation of sediment banks and aquatic plants, all the reservoirs were over flew, using a helicopter, in June 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup>. The results allowed to conclude that the occurrence of submersed plants, pointing out *Egeria densa* and *Egeria najas*, is much dependent on the water transparency and light transmission. The higher the turbidity



and the content of suspended solids the lower the light transmission change the frequency of submersed plants. The reservoirs of Promissão and Nova Avanhandava were the most infested ones with submersed plants. The occurrence of marginal and floating plants is much dependent on the formation of sediment banks. The reservoirs of Barra Bonita, Bariri e Ibitinga were the most infested ones with marginal and floating plants. The concentrations of P and N, the turbidity and the contents of suspended solids were reduced by the downstream movement along the sequence of reservoirs (Barra Bonita => Bariri => Ibitinga => Promissão => Nova Avanhandava).

---

Keywords: water quality, aquatic plants, sediments, reservoirs.

### 3. INTRODUÇÃO

No Brasil, lagos e rios são importantes para fornecer água e dar suporte a sistemas de produção agrícola e industrial, para consumo humano, recreação, navegação, irrigação, pesca e geração de energia elétrica. Décadas de desmatamento indiscriminado, falta de planejamento e desrespeito ao uso e conservação do solo, estimularam o carregamento de material sedimentável e nutrientes para o leito dos rios e reservatórios. O carregamento de parte dos fertilizantes utilizados em culturas agrícolas e a grande carga de esgotos residenciais e industriais têm levado cursos e reservatórios de água, naturais ou artificiais, a uma condição de desequilíbrio, caracterizada pela grande disponibilidade de nutrientes, que normalmente acelera o crescimento de vegetação aquática indesejável. Embora uma quantidade mínima de vegetação nativa seja necessária como fonte de O<sub>2</sub>, alimento e abrigo para a vida aquática, grandes massas destes vegetais podem dificultar a navegação, pesca, recreação, além de servir como criador de mosquitos transmissores de doenças e obstruir a tomada de água de turbinas de usinas hidroelétricas, acarretando em um alto custo de manejo das mesmas.

Deve ser destacado que, em função do grande número e da diversidade das espécies envolvidas, as comunidades de plantas aquáticas apresentam elevada capacidade de adaptação a ambientes com diferentes características químicas e físicas, apresentando elevado potencial de crescimento em uma ampla faixa de condições ambientais.

A ocorrência de plantas aquáticas em reservatórios de hidroelétricas é um problema de importância crescente no Brasil. Algumas hidroelétricas já têm suas eficiências comprometidas pela elevada infestação de plantas emersas e imersas. No reservatório de Americana, a área total infestada com plantas aquáticas era de 191ha em junho de 2001 havendo um crescimento médio mensal de 2,27% (Velini et al, 2002). Merece destaque o caso da hidroelétrica de Jupiá que, em alguns meses do ano, pode ser praticamente parada em função da obstrução das grades de proteção das turbinas por grandes massas das plantas imersas *Egeria densa* e *Egeria najas* (Marcondes & Tanaka, 1997; Príncipe et al, 1997; Tanaka, 1998). Na Light, o custo anual com controle mecânico de macrófitas é da ordem de R\$ 3.000.000,00 (Velini, 1998).

Mesmo havendo divergências entre técnicos de diferentes formações sobre algumas situações específicas, não há dúvida sobre o aumento do número de casos no Brasil em que o controle de plantas aquáticas precisa ser implementado imediatamente. Contudo, em termos de informações, predominam, no Brasil, trabalhos sobre a biologia das principais espécies de plantas aquáticas. São limitadas as informações disponíveis referentes à origem e evolução de comunidades de plantas aquáticas (relacionadas a características do meio), viabilidade e limitações dos principais métodos de controle. Destaca-se que bases de dados de qualidade de água e composição do sedimento são fundamentais para a compreensão e previsão de problemas com plantas aquáticas e para auxiliar a elaboração de programas de manejo destas comunidades.

Este trabalho teve por objetivo caracterizar a água e o sedimento em cinco reservatórios constituídos para a geração de energia elétrica administrados pela AES Tietê S.A., e correlacionar as informações obtidas com a ocorrência das principais plantas aquáticas.

#### **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

As plantas aquáticas desempenham importantes funções na manutenção do equilíbrio natural de ambientes aquáticos. Tanto nos reservatórios construídos pelo homem, através do represamento de rios, como em lagos e rios naturais, estas plantas são responsáveis pela oxigenação, filtragem e remoção de nutrientes da água, proteção contra ação erosiva da água nas margens e servem de fonte de alimento e refúgio para peixes, aves e outros organismos (IBAMA, 1998; Tanaka, 1998). Porém, os inúmeros benefícios proporcionados por estas plantas começam a se transformar em problemas quando elas deixam de coexistir em equilíbrio nos ecossistemas aquáticos.

A rápida elevação da densidade demográfica em várias regiões do planeta e do Brasil, tem exigido um aumento constante na geração de energia elétrica e abastecimento de água de centros urbanos, tendo suas necessidades suplantadas através da construção de barragens, que possibilitam, ainda, a navegação, a recreação e a criação de peixes (fonte de alimento). Por outro lado, a construção de barragens implica em uma ação do homem no meio, que juntamente com outros fatores como o descarte de resíduos industriais e esgoto nos corpos d'água, acabam acarretando um desequilíbrio no ambiente aquático, possibilitando o crescimento excessivo de plantas aquáticas prejudicando o uso múltiplo dos

recursos, afetando a saúde pública (servindo de local para procriação de insetos vetores de doenças humanas), navegação (impedindo a passagem de embarcações por canais e eclusas), pesca (dificultando a armação de redes), recreação (modificando a aparência da superfície da água e dificultado o acesso das pessoas) e nos últimos anos em uma escala maior, a geração de energia (pela constante necessidade de parada das turbinas geradoras de energia para retirada das plantas das grades de proteção das turbinas) (Fernández et al,1990; Marcondes & Tanaka, 1997; Pitelli, 1998; Smith et al, 1999; Van Nes et al, 2002; Tanaka et al, 2002b e Thomaz, 2002).

Nas últimas três décadas observou-se um incremento na utilização de fertilizantes, devido ao aumento tecnológico na agricultura. De uma maneira geral, por volta de 90.000 a 100.000 produtos químicos estão sendo usados regularmente, sendo que 3.000 correspondem a 90% do uso total (Holt, 2000). A acumulação destes produtos no meio depende de suas propriedades físico-químicas, forma de liberação e degradação.

Segundo Smith et al (1999), tem sido notória a elevação dos níveis de nitrogênio e fósforo no meio ambiente. Estes elementos são indispensáveis para o desenvolvimento de culturas, mas são, também, os principais elementos envolvidos na eutrofização de corpos hídricos, isto é, no carregamento do meio aquático com nutrientes.

Quando da constituição do reservatório, a condição trófica, isto é, a carga de nutrientes existente no meio, é prioritariamente definida pelo tipo de solo e material vegetal em decomposição após a inundação. Com a estabilização do sistema, a contribuição de cada tributário, que recebe influência direta de sua bacia de formação (agricultura, ocupação humana, conservação das margens, regime de precipitação), passa a ser de grande importância (Thomaz & Bini, 1999).

Ainda segundo Thomaz & Bini (1999), dentre os principais fatores que determinam as características limnológicas de um reservatório, destacam-se a morfometria (área, comprimento, largura, forma e desenvolvimento da margem, profundidade, volume e área de drenagem) e a hidrologia (descarga de afluentes, velocidade de enchimento, tempo de residência da água, regras operacionais da usina), além de outros elementos intrínsecos da bacia de drenagem (tipo de vegetação e solos inundados, quantidade de matéria orgânica incorporada, atividades antrópicas).

No Brasil, as águas de rios, lagos e reservatórios são classificadas segundo as normas e índices descritos na Resolução CONAMA nº 20 (1986). Nesta resolução são encontrados valores para diversas substâncias que auxiliam na classificação das águas, induzindo à sua provável utilização.

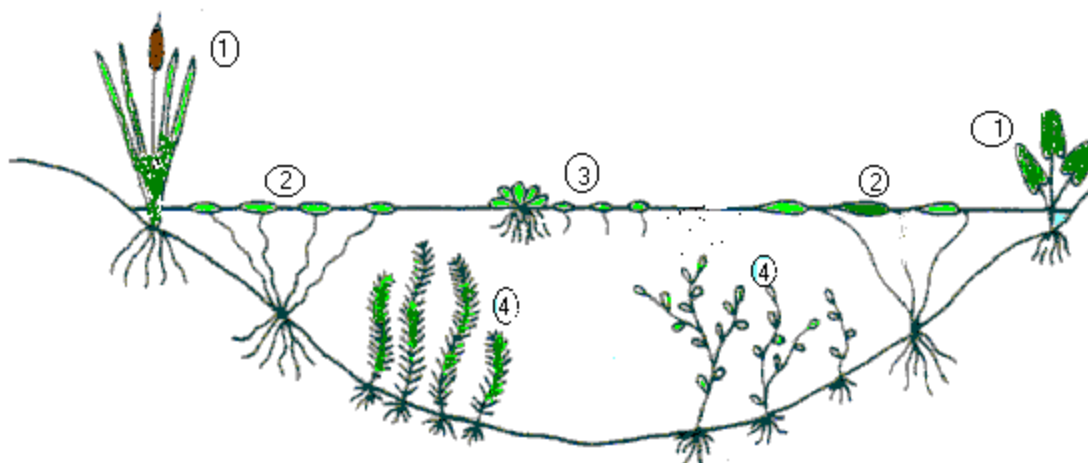
De Filippo et al (1999) avaliaram as alterações na qualidade da água durante o enchimento do reservatório da UHE Serra da Mesa em Goiás, analisando 31 parâmetros, incluindo fitoplâncton, zooplâncton e clorofila, durante 16 meses, em oito pontos de coleta, sendo sete na área de inundação e um a jusante da barragem. Logo no início do represamento, os pontos mais próximos à barragem sofreram transição de ambiente lótico para lêntico, tendo suas características limnológicas mudadas lentamente, pois o período do represamento deste ponto coincidiu com a estação das cheias. A transparência do disco de Secchi permaneceu por volta de 2m de profundidade. Para o ponto mais a montante do reservatório, o represamento coincidiu com o a época da seca, aumentando a transparência da água de menos de 1m para 5m. Com a transformação do ambiente lótico em lêntico e o aumento da transparência, ocorreu um aumento nas populações planctônicas.

Deve se destacar a grande capacidade adaptativa das plantas aquáticas, possibilitando a ocupação de ambientes extremamente distintos, e a dificuldade de se correlacionar estes ambientes com as plantas existentes ali devido ao grande número de fatores envolvidos. Segundo Riemer (1984), as plantas aquáticas podem ser incluídas em quatro classes distintas quanto ao crescimento e desenvolvimento, representadas na Figura 1:

- 1) plantas emergentes ou emersas: plantas enraizadas, mas com folhas acima da superfície da água;
- 2) plantas flutuantes livres: plantas que se desenvolvem flutuando livremente no espelho de água;
- 3) plantas flutuantes enraizadas: plantas enraizadas com folhas flutuando na lâmina d'água;
- 4) plantas submersas: plantas enraizadas ou livres com folhas abaixo da lâmina d'água.

Os fatores que afetam a colonização de reservatórios por plantas aquáticas relacionam-se à estrutura dos habitats, cuja heterogeneidade pode ser reduzida ou incrementada após a formação do novo ambiente; ao padrão de flutuação dos níveis de água, menor nestes ambientes; à sedimentação, mais acentuada nos reservatórios, que resulta em maior penetração de luz e perda de nutrientes na coluna de água (Thomaz, 2002).

Segundo Thomaz & Bini (1999), com a formação do lago de Itaipu, o número de espécies de plantas aquáticas passou de 24 para 62, sendo que 14 destas são submersas, provavelmente devido a forte regulação dos níveis hidrológicos e o aumento da transparência da água contribuindo para este fato. Estas plantas exigem um monitoramento constante, pois apresentam um potencial incontestável de danos à geração de energia.



**Figura 1.** Tipos de plantas aquáticas baseadas no hábito de crescimento: 1. Plantas emergentes (marginais), 2. plantas flutuantes enraizadas, 3. Plantas flutuantes livres, 4. plantas submersas. Fonte: (Riemer, 1984).

Khedr & El-Demerdash (1997) estudando a distribuição de plantas aquáticas em canais de irrigação no Egito, com profundidade de 0,47 a 1,47m e largura de 3,59 a 28,80m, e relacionando com fatores ambientais ligados a qualidade da água, observaram que a distribuição de espécies emergentes e flutuantes se correlacionava melhor com a condutividade elétrica, concentração de potássio e fósforo, enquanto as espécies submersas apresentam alta correlação com o aumento da largura do canal e diminuição do sombreamento provocado pelas árvores das margens.

Camargo & Esteves (1997) observaram que a variação da biomassa de plantas aquáticas estava associada a variações sazonais no nível de água dos corpos hídricos, e, em ambientes aquáticos que não estão sujeitos à variação do nível de água, a variação da biomassa de planta não é evidente. Os sistemas aquáticos brasileiros têm em comum um grande grau de variação do nível de água em consequência de regimes pluviométricos caracterizados pela alteração de períodos chuvosos e secos.

A velocidade da corrente da água afeta significativamente o crescimento de plantas aquáticas, estimulando a abundância e diversidade destas plantas em correntes de baixa à moderada velocidade, mas reduzindo o crescimento em correntes com altas velocidades (Madsen et al, 2001).

O sedimento desenvolve um importante papel em ecossistemas aquáticos, apresentando grande concentração de nutrientes passíveis de trocas com o meio. Frequentemente, as maiores taxas de liberação de nutrientes do sedimento para a coluna de água ocorrem quando a parte inferior desta encontra-se com baixas concentrações de oxigênio, ou mesmo anaeróbica, fato este observado principalmente para o elemento fósforo (Esteves, 1998, De Felippo et al, 1999). Este fato foi observado também por Santos (1995) em um estudo avaliando a liberação de fósforo do sedimento para água com baixos teores de oxigênio dissolvido induzido pelo borbulhamento de nitrogênio na água. Quando se induziu a queda dos níveis de oxigênio dissolvido na água de 7,95 para 0,71mg/L, os valores de fósforo inorgânico, fósforo total dissolvido e fósforo total neste meio passaram de 5,62 para 82,72µg/L, 24,02 para 106,01µg/L e 80,52 para 354,56µg/L, respectivamente. Este trabalho evidenciou a não necessidade de anoxia para a liberação de fósforo e sim de níveis baixos de oxigênio dissolvido.

Na literatura não foram encontrados índices para classificação do sedimento de reservatórios no Brasil, sendo utilizados índices para avaliação de solos agrícolas, isto é, utilizados em análises de solo (Van Raij et al, 1997).

Tundisi et al (1997a), Tundisi et al (1997b) e Mitamura & Hino (1997), estudando as características da água de lagos da região do Vale do Rio Doce, observaram uma estratificação características nos lagos, com queda de temperatura, oxigênio dissolvido, nitrito e nitrato e aumento na concentração de amônia, conforme a profundidade de



coleta aumentava no mesmo ponto, não apresentando, no entanto, diferença significativa nos valores obtidos para duas épocas estudadas, estação das chuvas e estação da seca.

Saijo et al (1997), estudando a distribuição vertical de nutrientes no sedimento de quatro lagos da região do Vale do Rio Doce, observaram uma maior concentração de fósforo na superfície do sedimento.

A análise dos trabalhos de Tundisi et al (1997a), Tundisi et al (1997b), Mitamura & Hino (1997) e Saijo et al (1997) indicou que a estratificação em lagos e reservatórios, com queda no oxigênio dissolvido em profundidades maiores e altas concentrações de fósforo na superfície do sedimento, facilitam a troca deste nutriente entre os dois meios.

Sedimentos provenientes de erosão, pelo uso do solo ao longo das bacias dos tributários, sedimentam em sua maioria no leito dos mesmos, mas os tributários são as grandes fontes de sedimentos para os reservatórios, variando qualitativa e quantitativamente conforme a distância da fonte do sedimento (Faria & Oliveira, 1994).

Henry et al (1999) avaliaram durante dois anos o transporte de sólidos suspensos, nitrogênio e fósforo total nos rios Paranapanema e Taquari. As coletas foram realizadas em dois locais no rio Paranapanema, um a montante o outro a jusante da barragem de Jurumirim, e em um ponto do rio Taquari, um dos principais tributários deste reservatório. Os autores observaram que praticamente todo o nitrogênio ingressante no reservatório foi exportado através do fluxo de água. Comportamento contrário foi observado para os sólidos suspensos, retidos praticamente em sua totalidade no reservatório. No caso do fósforo, a retenção no reservatório foi parcial.

Clarke & Wharton (2001) estudaram as características do sedimento de 17 rios na Inglaterra e procuraram relacionar estas características com as plantas aquáticas existentes nestes rios. Os autores encontraram uma grande variabilidade nas características dos sedimentos (valores de fósforo total variando de 154ug/g a 2247ug/g) dificultando o estabelecimento de modelos que relacionassem as características do sedimento de cada rio com as plantas aquáticas.

Segundo Esteves (1998), a luz incidente na superfície da água é um fator extremamente importante na ecologia de sistemas aquáticos. A radiação total corresponde à soma da radiação incidente diretamente com a radiação difusa na atmosfera. A

primeira constitui-se na principal fonte de energia para os ecossistemas aquáticos, embora a radiação difusa possa variar de 8 a 100% da radiação total, dependendo da nebulosidade e da posição relativa do sol. Na coluna de água, a luz pode ser absorvida, atenuada ou refletida para diferentes direções. A turbidez e concentração de sólidos suspensos interferem diretamente neste processo.

Segundo Van Duin et al (2001), as substâncias orgânicas dissolvidas apenas absorvem luz, enquanto as partículas de argila suspensas apenas espalham a luz. Os fitoplanctons contribuem tanto para absorção quanto para o espalhamento da luz. Ainda segundo os autores, em lagos eutrofizados, a maior contribuição para a atenuação da luz frequentemente é originária dos fitoplanctons em uma escala temporal maior (meses ou anos), mas os sólidos suspensos interferem diretamente em uma escala temporal menor (dias ou semanas).

Velini et al (2001) observaram que a turbidez e a quantidade de sólidos em suspensão são fundamentais para a determinação da transmissão de luz por colunas de água. Comparando amostras de água com turbidez 10 e 40 observaram que para a maior turbidez, há uma grande redução na quantidade de luz com comprimentos de onda fotossinteticamente ativos (400 a 700nm) mesmo para colunas de água de apenas 10cm. Para colunas de água de 1m, há a praticamente a extinção de todos os comprimentos de onda estudados, quando a água tem turbidez 40. Os autores destacam a pequena penetração de luz ultra-violeta (comprimentos de onda inferiores a 400nm) nas duas amostras de água. A luz ultra-violeta é fundamental para a degradação de moléculas orgânicas dissolvidas. Desse modo, concluem os autores, a turbidez (ou presença de sólidos em suspensão) pode limitar o potencial de degradação de poluentes orgânicos em corpos hídricos

No Brasil, dentre os trabalhos descrevendo-se o levantamento de plantas aquáticas em reservatórios, podemos citar o de Thomaz e Bini (1999), realizado no reservatório de Itaipu e de Tanaka et al (2002a) nos reservatórios da CESP. Os objetivos do levantamento em Itaipu realizados por Thomaz e Bini (1999), foram inventariar a flora aquática nos braços do lado brasileiro do reservatório de Itaipu; identificar espécies potencialmente daninhas; identificar regiões dos reservatórios com alto grau de colonização e identificar os fatores ambientais que promovem e restringem o crescimento das diferentes espécies. Os autores constataram que formação do reservatório de Itaipu criou um ambiente favorável para

as macrófitas submersas enraizadas. *Egeria najas* foi a espécie que apresentou a distribuição mais ampla no reservatório, com biomassa variando de 28 a 235g de peso seco/m<sup>2</sup>. Estes autores observaram ainda que a desembocadura dos tributários são as regiões do reservatório de Itaipu que apresentaram o maior grau de desenvolvimento de macrófitas. Tanaka et al (2002a) realizaram nos meses de Janeiro e Dezembro de 1999, o levantamento de macrófitas nos reservatórios de Três Irmãos, Jupia, Ilha Solteira, Porto Primavera, Paraibuna e Jaguari. Foram identificadas 29 espécies de plantas em 17 famílias diferentes. Para os reservatórios de Ilha Solteira, Jupia e Três Irmãos, a espécie relevante foi *Egeria najas*. *Brachiaria arrecta*, *Eichhornia crassipes*, e *Polygonum* foram as predominantes nos demais reservatórios.

A presença de plantas aquáticas, materiais particulados e dissolvidos (como, por exemplo, clorofila e sedimentos) afetam a cor da água provocando mudanças na radiação registrada por sensores orbitais. Nesse sentido, o sensoriamento remoto pode constituir-se em uma fonte bastante importante de dados para o monitoramento de macrófitas e da qualidade da água em grandes reservatórios. Galo et al (2002), desenvolveram técnicas para a avaliação da área com infestação de plantas aquáticas utilizando imagens orbitais multiespectrais ETM+/Landsat (resolução espacial de 30m), obtidas em duas épocas (estação chuvosa: fevereiro e março de 2001; estação seca: junho a agosto de 2001), para mapear a dispersão espacial, estimar a área de ocorrência de macrófitas aquáticas e definir pontos de amostragem em levantamentos de flora realizados “in loco”, nos reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão e Nova Avanhandava. Os autores observaram que os níveis de infestação dos reservatórios oscilaram entre 2,15 e 12,94% e que as plantas aquáticas flutuantes são produzidas nos primeiros reservatórios da cascata (prioritários em termos de controle), com maior nível de eutrofização (com destaque para Barra Bonita), e deslocam-se a jusante durante a estação chuvosa, principalmente.

Velini et al (2002) utilizaram imagens orbitais multiespectrais ETM+/Landsat (resolução espacial de 30m), obtidas em 1985, 1990, 1995, 2000 e 2001 para mapear a dispersão espacial, estimar a área total de ocorrência de macrófitas marginais e flutuantes no reservatório de Americana. As principais espécies presentes foram *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes*, *Brachiaria mutica* e *B. subquadripara* e o valor médio de biomassa encontrado em março de 2002 foi de 260 t / ha. As áreas totais ocupadas com macrófitas nos diferentes anos foram de: 2,5ha (perímetro total de 0,62km); 33ha (perímetro

total de 7,78km); 81,4ha (perímetro total de 13,81km); 142ha (perímetro total de 37,8km) e 191ha (perímetro total de 21,8km). A taxa média de crescimento da área ocupada com macrófitas de 1985 a 2000 foi de 2,27% ao mês. Entre 2000 e 2001 tal taxa elevou-se para 3,35% ao mês em função da maior fragmentação das grandes massas de plantas, evidenciado pelo maior perímetro total na avaliação realizada em 2000 (37,8km). Entre 1985 e 2001 as porcentagens de ocupação do reservatório com plantas aquáticas evoluíram de 0,21% para 16%. Se em 1990 bastaria eliminar 30,5ha de vegetação para retornar aos níveis de infestação de 1985, em 2001 seria necessário controlar 7,5ha por mês por 27 meses, para alcançar o mesmo resultado.

Na maioria dos trabalhos nacionais consultados, os autores citam a escassez de trabalhos básicos e complementares envolvendo a qualidade da água e sedimento dos reservatórios brasileiros. Embora o Brasil tenha uma área imensa de reservatórios, em todas as regiões, as informações sobre qualidade de água e sedimento ainda são escassas, sobretudo em termos de suporte à previsão do crescimento de macrófitas justificando a realização deste trabalho com os objetivos propostos.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Levantamento de flora e reconhecimento dos reservatórios através do sobrevôo**

O trabalho de caracterização de qualidade de água, sedimento e levantamento de flora tiveram início com o sobrevôo dos reservatórios da AES (Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão e Nova Avanhandava) realizado nos dias 4 e 5 de junho de 2001 com os seguintes objetivos: o primeiro, e mais importante, foi o de permitir à equipe de trabalho, um conhecimento mínimo dos reservatórios antes que as atividades de campo fossem iniciadas; o segundo foi o de auxiliar no estabelecimento de pontos de amostragem de água e sedimento; o terceiro foi o de permitir o aprimoramento do processo de amostragem da vegetação nos levantamentos de flora; o quarto foi registrar em fotografias digitais os principais problemas com plantas aquáticas nos reservatórios, destacando-se a acumulação de plantas em áreas de lazer, portos, usinas e eclusas.

Todo o trabalho foi realizado em apenas 10 horas de vôo. Para facilitar o trabalho de obtenção de fotografias, as portas traseiras da aeronave foram removidas.

Em função da elevada velocidade de operação (acima de 140km/h), houve a necessidade de otimizar o trabalho de obtenção de imagens, utilizando-se duas câmeras digitais (uma em cada lado da aeronave), dispensando a substituição de filmes. Utilizou-se um operador para cada câmera. Com uso de GPS com sinal de correção, foram registradas, a cada segundo e com precisão de 5m, as coordenadas da aeronave. Como as câmeras digitais registram a data, e horário (com precisão de segundo) de aquisição de cada imagem, a combinação destas informações com as coordenadas da rota traçada permitiram determinar, com grande exatidão, o local de obtenção de cada foto. Este procedimento permitiu que fosse dispensada a anotação manual das coordenadas de cada foto, com grande consumo de tempo e difícil de ser realizado em uma aeronave sem portas. Antes do início do sobrevôo os relógios das câmeras foram sincronizados ao do GPS.

As rotas de sobrevôo foram previamente planejadas utilizando-se um conjunto de imagens dos reservatórios obtidas pelo satélite Landsat-7 *ETM+* com resolução de 15m nas imagens pancromáticas e 30m nas imagens multiespectrais segundo os procedimentos utilizados por Galo et al (2002). Para orientação do piloto houve a necessidade da inclusão de um navegador na tripulação. O navegador dispunha de mapas digitais das rotas planejadas (memorizados em computador portátil e no GPS). A alimentação das câmeras digitais, do computador portátil e do GPS foi feita por uma bateria veicular ligada a um inversor de frequência com 300W de potência e que produz corrente alternada com diferença de potencial de 110V.

## **5.2. Coleta e análise de água e sedimento**

O trabalho de caracterização de qualidade de água e sedimento foi realizado nos reservatórios de Barra Bonita, Bariiri, Ibitinga, Promissão e Nova Avanhandava, todos localizados na bacia do Rio Tietê e pertencentes a AES Tietê S.A. (Figura 2). Na Tabela 1 são apresentados os dados de início de operação, área e capacidade de geração de cada reservatório.

O trabalho de levantamento foi iniciado demarcando-se as áreas dos reservatórios a partir das mesmas imagens utilizadas no sobrevôo e com a realização do sobrevôo propriamente dito. Estas imagens de satélite, obtidas no período de junho de 2000 a abril de 2001; foram utilizadas na definição dos pontos de amostragem de água e sedimento,



**Figura 2.** Localização dos reservatórios avaliados.

**Tabela 1.** Início da Operação, área e capacidade de geração para cada reservatório.

<b>Reservatório</b>	<b>Início da Operação</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Geração (mw/h)</b>	<b>Defluência média em 2001-2002 (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Tempo de residência (dias)</b>
<b>Barra Bonita</b>	20/05/1963	310	140,76	385	90
<b>Bariri</b>	19/11/1965	63	143,10	443	14
<b>Ibitinga</b>	24/04/1969	114	146,49	516	22
<b>Promissão</b>	23/07/1975	530	264,00	622	134
<b>Nova Avanhandava</b>	17/12/1982	210	347,40	653	46

onde foram selecionados 15 pontos no reservatório de Barra Bonita (seis pontos no Rio Capivara), 09 pontos no reservatório de Bariri (quatro pontos no Rio Lençóis), 07 pontos no reservatório de Ibitinga (três pontos no Rio Jacaré Guaçu), 08 pontos no reservatório de Promissão (quatro pontos no Rio Fartura) e 08 pontos no reservatório de Nova Avanhandava (quatro pontos no Rio Santa Bárbara), totalizando 47 pontos de coleta representados na Figura 3, onde os pontos brancos correspondem aos pontos nos tributários e os pontos amarelos aos pontos nos corpos dos reservatórios. Na Tabela 2 são apresentadas as identificações utilizadas para os pontos numerados na Figura 3.

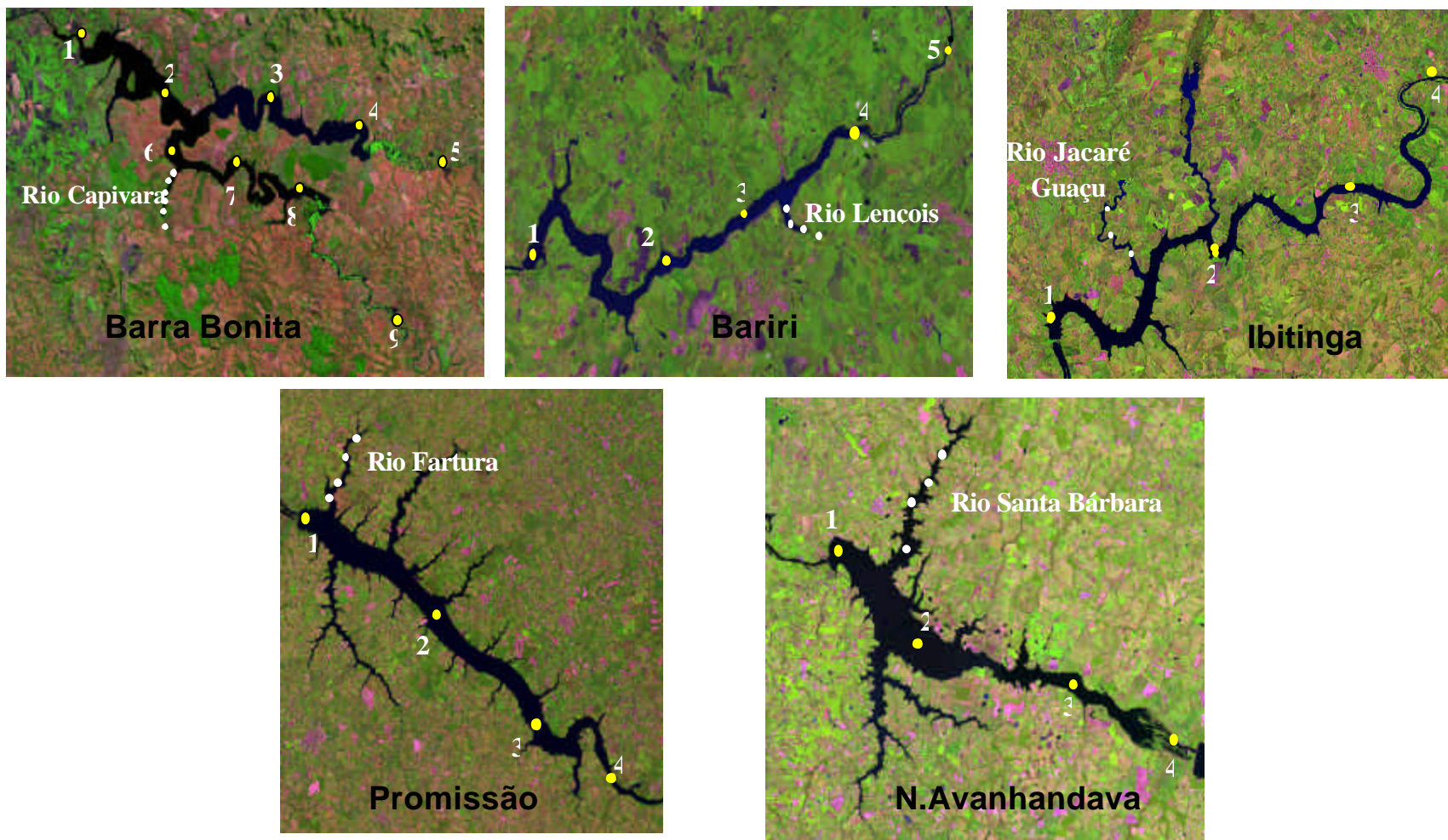
No tributário selecionado em cada reservatório estudado, a amostragem de cada ponto foi realizada em toda a seção (todas as profundidades de margem a margem) e cada ponto apresentava uma distância diferente do corpo principal do reservatório. Esta avaliação procurou representar a região de transição do ambiente lótico (alta velocidade da água) para lêntico (baixa velocidade da água) e estudar o processo de sedimentação nestas áreas. Já para nos pontos do corpo do reservatório, a amostragem foi realizada em três profundidades, coletando-se na superfície, profundidade média e fundo da seção de cada ponto.

Foram ainda adquiridas imagens de satélite de Fevereiro/Março de 2001 e Junho/Julho/Agosto 2001, as quais foram editadas, classificadas e utilizadas no mapeamento da dispersão espacial e estimativa da área de ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios (Galo et al, 2002).

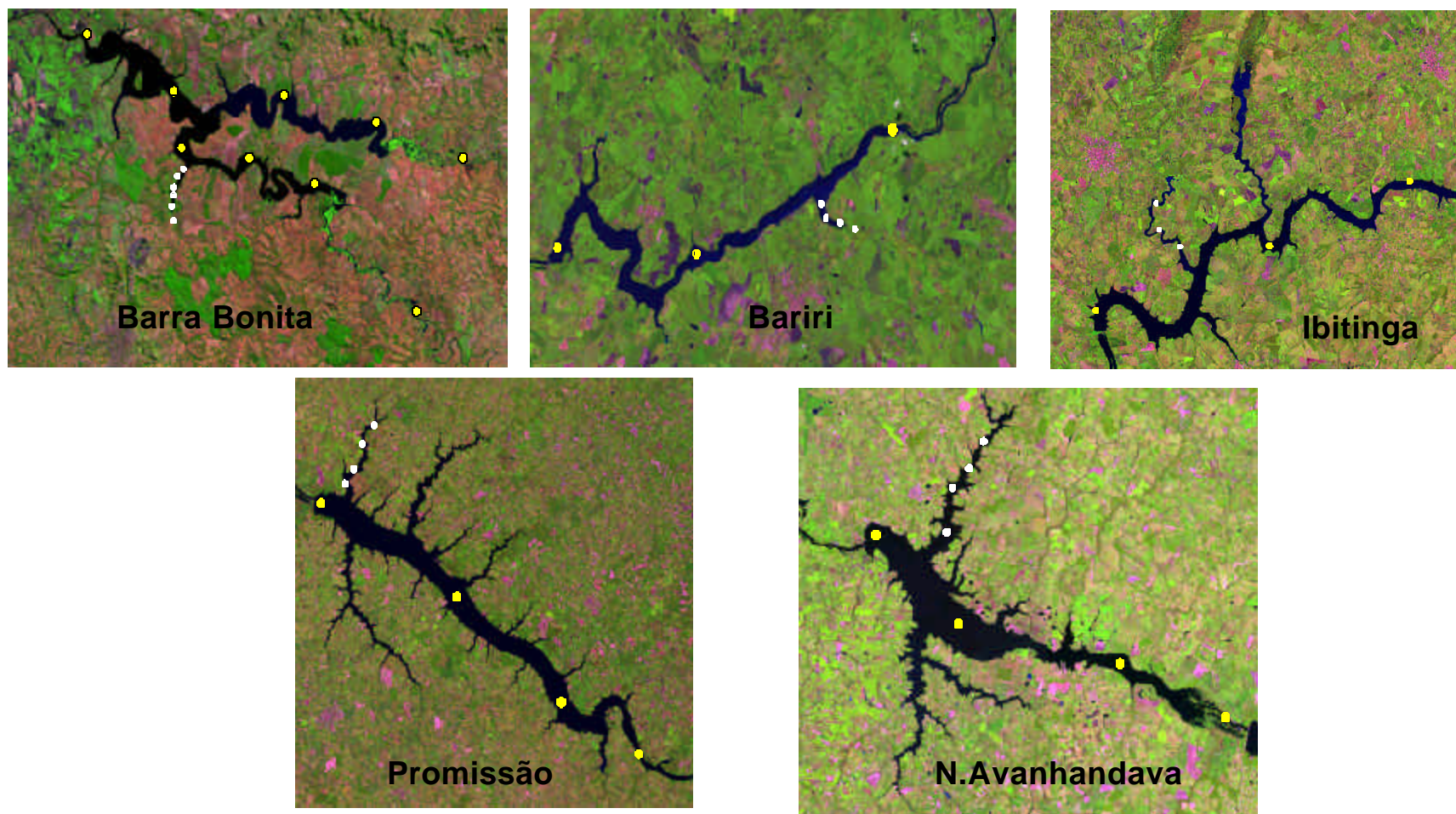
As campanhas de amostragens de água e sedimento foram realizadas em três épocas diferentes: 05 a 25 de Junho de 2001; 23 de Outubro a 15 de Novembro de 2001 e 26 de Fevereiro a 06 de Março de 2002. Foram coletadas, no total, 291 amostras de água (97 amostras por época de coleta) e 141 amostras de sedimento (47 amostras por época de coleta) para caracterização do ambiente de ocorrência das plantas aquáticas.

As amostras de água foram coletadas com o uso de coletores de fluxo contínuo, onde a água era succionada através de uma mangueira de 30m de comprimento, marcada de metro em metro, e liberada dentro de garrafas para amostragem de água (Figura 4). O uso deste tipo de coletor aumentou de sobremaneira a estabilidade e a representatividade dos resultados obtidos, por não permitir o turbilhonamento da amostra no momento de coleta.





**Figura 3.** Localização dos pontos de amostragem de água e sedimento nos Reservatórios.



**Figura 3.** Localização dos pontos de amostragem de água e sedimento nos Reservatórios.

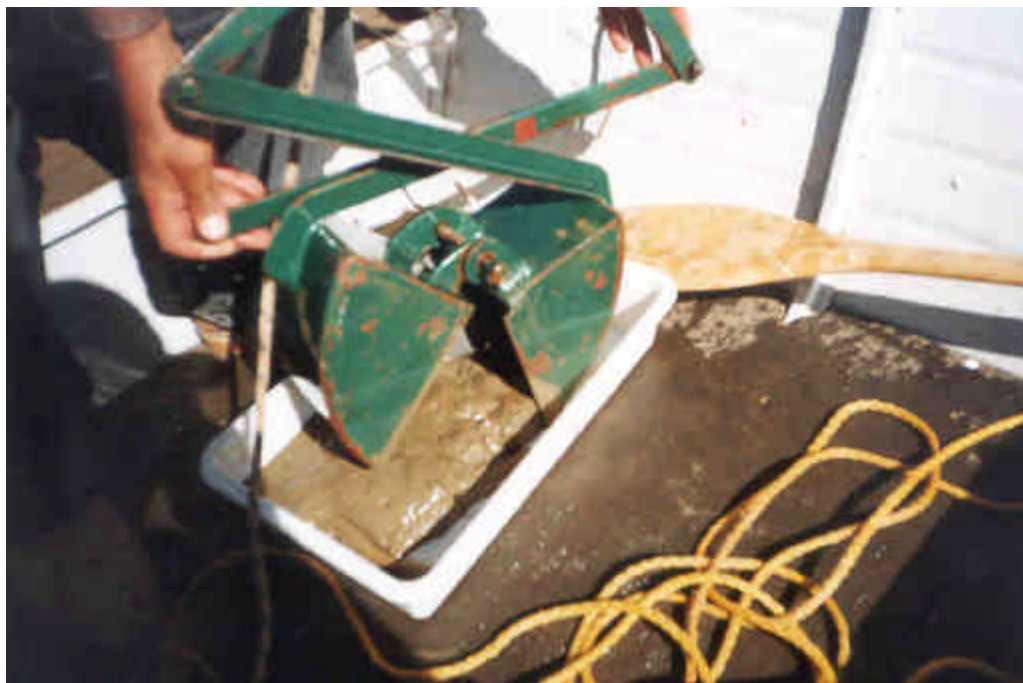
**Tabela 2.** Identificação dos pontos de coleta em cada reservatório e o número de pontos em cada tributário avaliado.

<b>Pontos</b>	<b>Barra Bonita</b>	<b>Bariri</b>	<b>Ibitinga</b>	<b>Promissão</b>	<b>Nova Avanhandava</b>
<b>1</b>	Montante UHEBB	Montante UHEBAR	Montante UHEIBI	Montante UHEPRO	Montante UHENAV
<b>2</b>	Coqueiro	Bauru Tênis Clube	Bóia 26	Bóia 33	Bóia 22
<b>3</b>	Água Sumida	Linhão	Usina Diamante	Ponte	Bóia 64
<b>4</b>	P. Areia Tamanduá	Porto Palmesan	Jusante UHEBAR	Jusante UHEIBI	Jusante UHEPRO
<b>5</b>	Tanquã	Jusante UHEBB	---	---	---
<b>6</b>	Porto Martins	---	---	---	---
<b>7</b>	Mina	---	---	---	---
<b>8</b>	Prox. Rio Lambari	---	---	---	---
<b>9</b>	km 106	---	---	---	---
<b>Tributário</b>	6 pontos	4 pontos	3 pontos	4 pontos	4 pontos



**Figura 4.** Coletor de fluxo contínuo para amostragem de água.

A coleta de sedimento foi realizada com auxílio de uma draga manual para coleta de solo em profundidade (coletor de Petersen utilizado para amostragem de comunidade bentônica). As amostras de sedimento foram obtidas de 0-6cm, confeccionando-se uma amostra composta (a partir de 12 amostras simples) em cada local de coleta de água (Figura 5). Estas amostras de sedimento foram identificadas e colocadas em sacos plásticos para serem levadas até o laboratório para secagem e realização das análises.



**Figura 5.** Draga utilizada na coleta de amostras de sedimento.

No momento da coleta, utilizando-se um GPS Garmin modelo etrex, foram anotadas as coordenadas do ponto de coleta. Além das coordenadas, a profundidade, transparência com disco de Secchi, a temperatura do ar, o oxigênio dissolvido e temperatura da água (Figura 6) de cada amostra ou ponto também foram anotados. No final de cada dia de coleta foram realizadas as análises de pH, condutividade, potencial de oxi-redução e turbidez (Figura 7). Após estas análises cada amostra foi colocada em um vidro de 250ml contendo 2ml de ácido sulfúrico para análises de Nitrogênio e em um segundo vidro de 250ml contendo 2ml de ácido nítrico para análise de metais e minerais (Figura 8) e resfriadas, segundo Eaton et al (1995), e transportadas até o Laboratório de Matologia do Departamento de Produção Vegetal da FCA-UNESP de Botucatu para a realização das demais análises.

No laboratório foram determinadas para cada amostra de água, as seguintes características: 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 reativo e total; dureza; demanda química de oxigênio; 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. Todas as análises foram realizadas segundo métodos apresentados por Eaton et al (1995), sendo acidez, alcalinidade, demanda química de oxigênio e nitrogênio orgânico por titulometria; sólidos por gravimetria; nitrito, amônio, nitrato, sulfato, fósforo total e reativo em um espectrofotometro de UV visível marca GBC modelo Cintra 40 (Figura 9) e os minerais e metais em um espectrofotômetro de Plasma marca Thermo Jarrel Ash modelo Trace Scan.

Determinou-se, ainda, para algumas amostras selecionadas através do valor de turbidez, a transmissão de luz com comprimentos de onda de 190 a 900nm em cubetas com caminho ótico de 10cm (Figura 9). A partir dos resultados obtidos estimou-se a transmissão de luz por colunas de água de 1m.

Após secagem, as amostras de sedimento foram utilizadas para determinação das seguintes características: pH, capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), saturação de bases (V%) e textura, além dos 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, Ca, Si, Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Cd, Mg, Sn, Pb, Ag, Al, B, Ba, Co, Cr, Hg, Li, Mo e Se. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Solo/Planta do Departamento de Produção Vegetal da FCA-UNESP de Botucatu.



**Figura 6.** Leitura de oxigênio dissolvido e temperatura da água no momento da coleta.



**Figura 7.** Leitura de pH, turbidez, condutividade e potencial de oxiredução.



**Figura 8.** Amostra colocada em vidros com ácido para conservação.



**Figura 9.** Espectrofotômetro e cubetas utilizados nos scans das amostras.

### **5.3. Levantamento de flora com a utilização de embarcação**

Os levantamentos de flora foram realizados nos meses junho/julho de 2001, outubro/novembro de 2001 e fevereiro/março de 2002. Ao longo dos cinco reservatórios, foram utilizados 1017, 514 e 356 pontos de avaliação, respectivamente. O maior número de pontos no primeiro levantamento justifica-se pela elevada frequência de pequenos grupos de plantas flutuantes nos reservatórios do rio Tietê.

Foram realizados levantamentos de campo com identificação das principais espécies presentes. Definiram-se os pontos de amostragem em função das informações prévias obtidas pela análise das imagens Landsat e no sobrevôo. Procurou-se identificar todas as espécies marginais, flutuantes, ancoradas e imersas presentes, estimando-se, visualmente, a área ocupada por plantas em cada ponto de avaliação além da participação de cada espécie na biomassa total. A participação de cada espécie no ponto relacionada ao tamanho do mesmo possibilitou estimar a importância de cada espécie para cada reservatório.



No caso do levantamento de flora, visitas prévias aos locais de ocorrência de plantas aquáticas indicaram que a elevação do avaliador acima da comunidade de plantas é bastante importante para que ele possa estabelecer com precisão a porcentagem de participação de cada espécie no acúmulo total de biomassa da comunidade de plantas aquáticas. Foi desenvolvido um assento elevado em 1,5m que se mostrou fundamental para a realização do levantamento nas áreas de maior infestação ao longo dos rios Tietê e Piracicaba. Uma outra vantagem foi a de permitir inventariar a flora sem a necessidade de entrar em lagoas marginais de pequenas dimensões. Nas Figuras 10 e 11 são apresentadas imagens que ilustram uma avaliação convencional e o uso do assento elevado.

As informações obtidas neste trabalho foram correlacionadas com aquelas apresentadas por Galo (2002) referentes à determinação da área total ocupada com plantas aquáticas marginais e flutuantes nos mesmos reservatórios estudados, a partir de imagens orbitais multiespectrais ETM+/Landsat (resolução espacial de 30m), obtidas em duas épocas (estação chuvosa: fevereiro e março de 2001; estação seca: junho a agosto de 2001). As datas e órbitas de cada imagem são apresentadas na Tabela 3.



**Figura 10.** Levantamento convencional, sem o uso do assento elevado.



**Figura 11.** Levantamento com o uso do assento elevado.

**Tabela 3.** Datas de tomada das imagens selecionadas para a realização do monitoramento a partir de dados ETM+/Landsat.

<b>Datas de passagem</b>	<b>Reservatórios incluídos na cena</b>
24/06/2000 26/03/2001 27/06/2001	Barra Bonita
26/02/2001 20/07/2001	Bariri, Ibitinga, Promissão e Nova Avanhandava (final do reservatório)
05/03/2001 12/08/2001	Início de Nova Avanhandava (Usina)

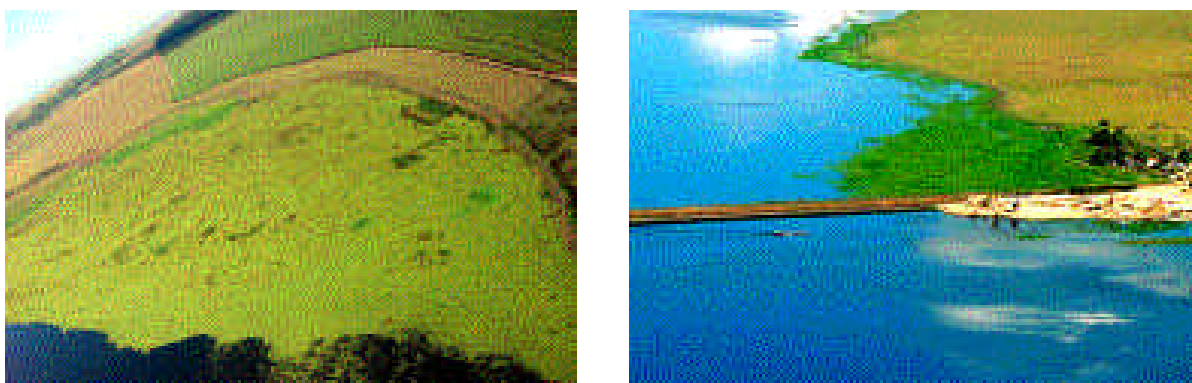
## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Levantamento de flora e reconhecimento dos reservatórios através do sobrevôo

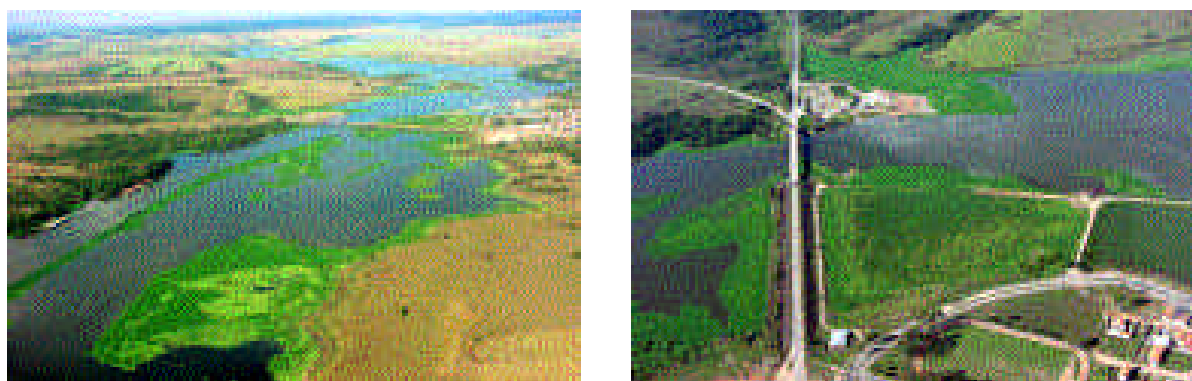
No total foram obtidas 960 imagens digitais no período de 10 horas, ou seja, 1,6 imagens por minuto. Deve ser ressaltado que o objetivo do levantamento não foi o de representar toda a superfície dos reservatórios, mas sim registrar cenas indicativas das infestações dos reservatórios com plantas aquáticas. Nas Figuras 12 a 16 são apresentadas algumas destas imagens. Deve ser observada a elevada quantidade de plantas em praticamente todos os reservatórios ao longo do rio Tietê destacando-se as margens, baías, pontes, barragens e áreas de ingresso de tributários.



**Figura 12.** Rio Piracicaba não represado (esquerda) e represado (centro e direita).



**Figura 13.** Movimentação e retenção de plantas flutuantes ao longo do leito represado do rio Tietê.



**Figura 14.** Vistas aéreas de Anhembi. Início do represamento do rio Tietê.



**Figura 15.** Usinas de Bariri e Ibitinga.



**Figura 16.** Usinas de Promissão e Nova Avanhandava.

O sobrevôo permitiu verificar que a distribuição das plantas aquáticas não é uniforme em todo o corpo de água de cada reservatório. A presença de plantas marginais e flutuantes normalmente está associada ao processo de sedimentação que ocorre nas margens e nas áreas de ingresso de tributários nos reservatórios (Figura 17).

Considerando as informações proporcionadas pelo sobrevôo, selecionou-se um tributário por reservatório, para coleta de água e sedimento, no qual foram feitas coletas ao longo de toda área de transição de ambiente lótico para lântico para avaliar a variação nas características analisadas, destacando-se turbidez e quantidade de sólidos em suspensão.



**Figura 17.** Infestação com plantas aquáticas no leito represado de um tributário de pequeno porte do reservatório de Barra Bonita.

## 6.2. Análise de água e sedimento

Devido ao grande número de informações obtidas nas análises de água e sedimento, optou-se pela apresentação, neste trabalho, apenas dos valores médios das principais características avaliadas. Nas Tabelas 4 a 13 são apresentados os valores médios de pH, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos, nitrato, amônia, nitrito e fosfato para água e de pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, c.t.c., areia, argila silte, amônia, nitrato e nitrogênio total. para sedimento de cada reservatório e em cada uma das três campanhas de amostragens.

Considerando-se a Classe 2 da Resolução CONAMA nº 20 (1986), devem ser destacados os elevados teores de oxigênio dissolvido na água durante a primeira coleta, com média em todos os reservatórios de 8,00mg/L. O menor valor encontrado neste levantamento foi de 3,58mg/L, em superfície, no ponto próximo a cidade de Anhembi, no reservatório de Barra Bonita. Na segunda e terceira campanha, os níveis médios de oxigênio dissolvido diminuíram para 6,36 e 5,77mg/L, respectivamente. Novamente, os menores valores encontrados nestas campanhas foram observados no ponto próximo a cidade de Anhembi, com valores de 1,23 e 0,41mg/L para a segunda e terceira campanha respectivamente. A queda nos valores coincidem com o início das estações chuvosas e maior recebimento de cargas pelos reservatórios devido a ocorrência de chuvas, e portanto, maior demanda de oxigênio para a decomposição deste material. De modo coerente, os valores médios de turbidez foram mínimos nas amostras de junho, 5,97NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez), e máximos na amostragem de fevereiro/março, quando alcançou a média de 27,13NTU implicando em importante redução na taxa de transmissão de luz. Contudo, nos reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava, aqueles com maiores infestações de plantas aquáticas imersas, como se verá adiante, os valores médios de turbidez na terceira coleta foram de 12,23NTU e 10,26NTU.

Para fosfato, as médias, de todos os reservatórios, observadas nas três campanhas foram 69,33; 105,01 e 60,84µg/L respectivamente. O maior valor foi observado no ponto próximo a cidade de Anhembi durante a primeira campanha de coleta de água. Pelas médias foi possível observar uma redução dos teores de fosfato ao longo do Rio Tietê, sendo os maiores valores observados no reservatório de Barra Bonita com uma tendência contínua de decréscimo com o caminhamento a jusante deste reservatório. Esta tendência foi observada também para sólidos em suspensão e para a turbidez.

**Tabela 4.** Resultados das análises de água do Reservatório de Barra Bonita. Coletas 1, 2 e 3 realizadas respectivamente de 05 a 25 de Junho de 2001, 23 de Outubro a 15 de Novembro de 2001 e 26 de Fevereiro a 06 de Março de 2002.

		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Médio</b>
<b>pH</b>	Coleta 1	5,89	6,63	6,23
	Coleta 2	6,78	8,36	7,26
	Coleta 3	6,45	7,17	6,83
<b>Turbidez NTU</b>	Coleta 1	1,17	23,28	7,43
	Coleta 2	2,20	45,75	11,46
	Coleta 3	16,30	196,00	58,05
<b>O.D. mg/l</b>	Coleta 1	3,58	9,40	7,05
	Coleta 2	1,23	8,80	5,45
	Coleta 3	0,41	9,07	3,55
<b>Sólidos Susp. g/m<sup>3</sup></b>	Coleta 1	0,00	45,00	13,61
	Coleta 2	1,00	60,00	26,82
	Coleta 3	8,00	142,00	39,39
<b>Nitrato mg/l</b>	Coleta 1	0,32	13,72	5,61
	Coleta 2	2,34	25,25	12,12
	Coleta 3	0,12	11,57	5,70
<b>Amônia mg/l</b>	Coleta 1	0,03	3,97	1,44
	Coleta 2	0,07	3,00	1,20
	Coleta 3	0,08	2,12	0,56
<b>Nitrito mg/l</b>	Coleta 1	0,00	0,84	0,12
	Coleta 2	0,03	1,78	0,70
	Coleta 3	0,01	2,10	0,250
<b>Fosfato ug/l</b>	Coleta 1	1,61	802,29	160,62
	Coleta 2	3,52	472,28	225,34
	Coleta 3	18,69	283,83	121,50

**Tabela 5.** Resultados das análises de sedimento do Reservatório de Barra Bonita. Coletas 1, 2 e 3 realizadas respectivamente de 05 a 25 de Junho de 2001, 23 de Outubro a 15 de Novembro de 2001 e 26 de Fevereiro a 06 de Março de 2002.

		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Médio</b>
<b>pH CaCl</b>	Coleta 1	4,44	6,00	5,16
	Coleta 2	4,20	6,06	5,20
	Coleta 3	4,14	5,73	4,90
<b>M.O. g/kg</b>	Coleta 1	1,53	35,60	19,43
	Coleta 2	0,76	49,72	19,31
	Coleta 3	1,83	81,49	22,50
<b>P mg/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	18,19	240,88	94,33
	Coleta 2	10,03	657,37	173,63
	Coleta 3	13,03	234,13	104,16
<b>K mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	0,09	1,66	0,75
	Coleta 2	0,44	1,77	0,95
	Coleta 3	0,06	2,10	0,62
<b>Ca mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	9,82	58,89	33,44
	Coleta 2	8,37	90,98	33,30
	Coleta 3	5,00	49,00	16,33
<b>Mg mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	3,89	16,92	8,71
	Coleta 2	2,00	18,00	7,85
	Coleta 3	0,80	15,00	5,87
<b>C.T.C. mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	29,49	143,79	88,25
	Coleta 2	21,35	221,84	88,96
	Coleta 3	28,18	177,72	65,79
<b>Areia %</b>	Coleta 1	4,00	100,00	57,46
	Coleta 2	1,00	96,00	59,62
	Coleta 3	4,00	96,00	61,40
<b>Argila %</b>	Coleta 1	0,00	78,00	26,08
	Coleta 2	3,00	80,00	31,00
	Coleta 3	4,00	85,00	29,20
<b>Silte %</b>	Coleta 1	0,00	45,00	16,38
	Coleta 2	0,00	33,00	9,38
	Coleta 3	0,00	31,00	9,40
<b>NH3 mg/l</b>	Coleta 1	52,96	416,67	164,96
	Coleta 2	9,45	263,20	77,13
	Coleta 3	9,80	115,72	42,86
<b>NO3 mg/l</b>	Coleta 1	14,00	33,13	20,51
	Coleta 2	6,30	16,80	9,56
	Coleta 3	4,67	18,43	10,03
<b>N total mg/l</b>	Coleta 1	189,00	2184,00	1160,92
	Coleta 2	70,00	2800,00	950,94
	Coleta 3	238,00	2954,00	1269,33



**Tabela 6.** Resultados das análises de água do Reservatório de Bariri. Coletas 1, 2 e 3 realizadas respectivamente de 05 a 25 de Junho de 2001; 23 de Outubro a 15 de Novembro de 2001 e 26 de Fevereiro a 06 de Março de 2002.

		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Médio</b>
<b>PH</b>	Coleta 1	6,01	6,67	6,31
	Coleta 2	6,40	8,82	7,25
	Coleta 3	6,90	9,86	7,25
<b>Turbidez NTU</b>	Coleta 1	2,59	25,79	10,20
	Coleta 2	2,68	137,00	25,02
	Coleta 3	27,68	53,00	34,93
<b>O.D. mg/l</b>	Coleta 1	6,58	9,25	8,55
	Coleta 2	1,59	8,33	6,39
	Coleta 3	2,43	7,83	5,69
<b>Sólidos Susp. g/m<sup>3</sup></b>	Coleta 1	2,00	46,00	13,18
	Coleta 2	2,00	63,00	20,76
	Coleta 3	9,00	143,00	43,06
<b>Nitrato mg/l</b>	Coleta 1	4,60	8,59	7,09
	Coleta 2	4,12	22,83	16,85
	Coleta 3	2,80	6,58	5,60
<b>Amônia mg/l</b>	Coleta 1	0,09	1,09	0,39
	Coleta 2	0,04	0,37	0,11
	Coleta 3	0,04	0,30	0,12
<b>Nitrito mg/l</b>	Coleta 1	0,01	0,32	0,08
	Coleta 2	0,05	1,26	0,70
	Coleta 3	0,02	0,25	0,07
<b>Fosfato ug/l</b>	Coleta 1	14,44	138,83	54,06
	Coleta 2	20,31	295,27	193,83
	Coleta 3	34,55	158,612	102,70

**Tabela 7.** Resultados das análises de sedimento do Reservatório de Bariri. Coletas 1, 2 e 3 realizadas respectivamente de 05 a 25 de Junho de 2001, 23 de Outubro a 15 de Novembro de 2001 e 26 de Fevereiro a 06 de Março de 2002.

		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Médio</b>
<b>pH CaCl</b>	Coleta 1	5,42	6,25	5,90
	Coleta 2	4,51	6,12	5,47
	Coleta 3	5,22	5,98	5,57
<b>M.O. g/kg</b>	Coleta 1	3,07	36,41	12,23
	Coleta 2	1,84	43,53	16,37
	Coleta 3	1,83	48,25	16,33
<b>P mg/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	12,38	183,57	57,96
	Coleta 2	15,73	289,76	74,58
	Coleta 3	20,71	166,00	58,08
<b>K mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	0,13	1,87	0,67
	Coleta 2	0,44	2,13	0,93
	Coleta 3	0,06	4,08	0,95
<b>Ca mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	13,60	247,62	64,76
	Coleta 2	7,32	209,16	52,64
	Coleta 3	6,00	125,00	27,89
<b>Mg mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	6,45	28,56	13,07
	Coleta 2	1,60	24,00	8,64
	Coleta 3	2,80	16,80	9,47
<b>C.T.C. mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	35,43	313,11	103,28
	Coleta 2	23,00	266,94	87,16
	Coleta 3	21,36	168,03	61,60
<b>Areia %</b>	Coleta 1	13,00	99,00	79,00
	Coleta 2	9,00	95,00	71,67
	Coleta 3	28,00	95,00	69,00
<b>Argila %</b>	Coleta 1	0,00	53,00	11,22
	Coleta 2	4,00	68,00	21,22
	Coleta 3	5,00	48,00	22,00
<b>Silte %</b>	Coleta 1	0,00	34,00	8,44
	Coleta 2	0,00	23,00	7,11
	Coleta 3	0,0	24,00	9,00
<b>NH3 mg/l</b>	Coleta 1	42,93	118,05	70,61
	Coleta 2	10,15	129,50	46,82
	Coleta 3	6,99	68,35	22,11
<b>NO3 mg/l</b>	Coleta 1	13,76	23,80	18,12
	Coleta 2	7,00	17,50	10,38
	Coleta 3	5,13	14,46	8,42
<b>N total mg/l</b>	Coleta 1	182,00	2625,00	844,67
	Coleta 2	105,00	2875,60	760,59
	Coleta 3	238,00	2632,00	924,00

**Tabela 8.** Resultados das análises de água do Reservatório de Ibitinga. Coletas 1, 2 e 3 realizadas respectivamente de 05 a 25 de Junho de 2001, 23 de Outubro a 15 de Novembro de 2001 e 26 de Fevereiro a 06 de Março de 2002.

		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Médio</b>
<b>pH</b>	Coleta 1	6,81	9,95	7,36
	Coleta 2	6,75	9,19	7,48
	Coleta 3	6,29	9,86	7,11
<b>Turbidez NTU</b>	Coleta 1	0,98	9,21	4,22
	Coleta 2	2,00	40,35	9,55
	Coleta 3	11,02	33,22	20,28
<b>O.D. mg/l</b>	Coleta 1	6,93	9,17	8,67
	Coleta 2	3,40	8,50	6,61
	Coleta 3	2,98	8,29	5,43
<b>Sólidos Susp. g/m<sup>3</sup></b>	Coleta 1	0,00	12,00	4,67
	Coleta 2	1,00	38,00	11,80
	Coleta 3	2,00	34,00	13,56
<b>Nitrato mg/l</b>	Coleta 1	2,45	7,29	5,58
	Coleta 2	0,18	16,94	11,42
	Coleta 3	0,06	6,73	5,09
<b>Amônia mg/l</b>	Coleta 1	0,07	0,17	0,10
	Coleta 2	0,02	0,17	0,07
	Coleta 3	0,06	0,45	0,17
<b>Nitrito mg/l</b>	Coleta 1	0,01	0,03	0,02
	Coleta 2	0,01	0,26	0,13
	Coleta 3	0,01	0,46	0,07
<b>Fosfato ug/l</b>	Coleta 1	9,41	74,07	30,59
	Coleta 2	7,74	266,04	82,92
	Coleta 3	7,94	158,61	58,32

**Tabela 9.** Resultados das análises de sedimento do Reservatório de Ibitinga. Coletas 1, 2 e 3 realizadas respectivamente de 05 a 25 de Junho de 2001, 23 de Outubro a 15 de Novembro de 2001 e 26 de Fevereiro a 06 de Março de 2002.

		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Médio</b>
<b>pH CaCl</b>	Coleta 1	4,41	5,79	5,25
	Coleta 2	4,80	5,78	5,37
	Coleta 3	4,33	6,34	5,27
<b>M.O. g/kg</b>	Coleta 1	25,96	80,72	50,11
	Coleta 2	17,03	68,31	39,63
	Coleta 3	6,05	81,23	41,04
<b>P mg/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	51,19	90,00	66,99
	Coleta 2	15,40	226,70	116,50
	Coleta 3	15,36	136,40	66,56
<b>K mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	0,60	1,22	0,83
	Coleta 2	0,44	4,32	1,73
	Coleta 3	0,24	3,30	1,23
<b>Ca mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	42,54	177,16	101,49
	Coleta 2	27,19	121,31	77,36
	Coleta 3	7,00	14,00	9,86
<b>Mg mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	10,64	17,39	14,26
	Coleta 2	1,80	33,40	18,20
	Coleta 3	1,40	20,60	11,23
<b>C.T.C. mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	128,21	231,48	172,48
	Coleta 2	72,10	197,55	145,11
	Coleta 3	23,18	128,30	74,01
<b>Areia %</b>	Coleta 1	33,00	58,00	48,86
	Coleta 2	2,00	77,00	28,00
	Coleta 3	2,00	95,00	38,42
<b>Argila %</b>	Coleta 1	23,00	38,00	29,86
	Coleta 2	20,00	87,00	58,14
	Coleta 3	5,00	79,00	46,28
<b>Silte %</b>	Coleta 1	17,00	30,00	21,29
	Coleta 2	3,00	25,00	13,86
	Coleta 3	0,00	27,00	15,28
<b>NH3 mg/l</b>	Coleta 1	71,62	325,45	129,95
	Coleta 2	39,20	120,75	68,05
	Coleta 3	25,43	70,92	39,66
<b>NO3 mg/l</b>	Coleta 1	17,03	22,63	20,36
	Coleta 2	4,90	14,00	9,55
	Coleta 3	8,17	13,30	10,40
<b>N total mg/l</b>	Coleta 1	1498,00	3493,00	2323,00
	Coleta 2	972,30	2800,00	1980,60
	Coleta 3	672,00	3178,00	1916,00

**Tabela 10.** Resultados das análises de água do Reservatório de Promissão. Coletas 1, 2 e 3 realizadas respectivamente de 05 a 25 de Junho de 2001, 23 de Outubro a 15 de Novembro de 2001 e 26 de Fevereiro a 06 de Março de 2002.

		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Médio</b>
<b>pH</b>	Coleta 1	7,13	7,68	7,39
	Coleta 2	7,27	8,59	7,71
	Coleta 3	6,52	8,02	7,07
<b>Turbidez NTU</b>	Coleta 1	2,21	10,09	4,59
	Coleta 2	1,98	211,00	17,90
	Coleta 3	4,05	52,0	12,13
<b>O.D. mg/l</b>	Coleta 1	6,57	9,33	7,85
	Coleta 2	4,46	8,72	6,73
	Coleta 3	2,17	10,15	6,40
<b>Sólidos Susp. g/m<sup>3</sup></b>	Coleta 1	0,00	9,00	1,94
	Coleta 2	1,00	16,00	6,63
	Coleta 3	7,00	30,00	14,50
<b>Nitrato mg/l</b>	Coleta 1	0,72	5,61	3,15
	Coleta 2	1,35	13,28	6,10
	Coleta 3	0,11	6,20	4,50
<b>Amônia mg/l</b>	Coleta 1	0,12	0,27	0,17
	Coleta 2	0,01	0,25	0,07
	Coleta 3	0,07	0,31	0,13
<b>Nitrito mg/l</b>	Coleta 1	0,00	0,02	0,01
	Coleta 2	0,00	3,31	0,45
	Coleta 3	0,01	0,15	0,03
<b>Fosfato ug/l</b>	Coleta 1	0,86	356,32	34,80
	Coleta 2	1,50	59,33	15,72
	Coleta 3	0,75	74,19	18,75

**Tabela 11.** Resultados das análises de sedimento do Reservatório de Promissão. Coletas 1, 2 e 3 realizadas respectivamente de 05 a 25 de Junho de 2001, 23 de Outubro a 15 de Novembro de 2001 e 26 de Fevereiro a 06 de Março de 2002.

		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Médio</b>
<b>pH CaCl</b>	Coleta 1	4,28	5,63	5,04
	Coleta 2	3,96	5,99	4,96
	Coleta 3	4,920	6,280	5,770
<b>M.O. g/kg</b>	Coleta 1	12,01	64,08	31,08
	Coleta 2	6,52	40,12	18,77
	Coleta 3	1,83	71,93	26,32
<b>P mg/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	13,11	37,77	27,84
	Coleta 2	1,31	214,63	36,78
	Coleta 3	3,67	46,43	17,07
<b>K mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	0,44	1,21	0,76
	Coleta 2	0,44	1,44	0,73
	Coleta 3	0,36	1,56	1,05
<b>Ca mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	33,73	155,77	68,80
	Coleta 2	4,18	72,16	30,98
	Coleta 3	7,00	13,00	10,00
<b>Mg mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	6,68	16,46	10,46
	Coleta 2	0,80	20,00	7,05
	Coleta 3	1,60	11,80	5,50
<b>C.T.C. mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	88,59	220,23	138,75
	Coleta 2	30,39	123,73	84,39
	Coleta 3	20,61	77,20	38,97
<b>Areia %</b>	Coleta 1	51,00	80,00	65,88
	Coleta 2	22,00	90,00	71,25
	Coleta 3	33,00	95,00	70,75
<b>Argila %</b>	Coleta 1	10,00	30,00	21,00
	Coleta 2	9,00	55,00	23,13
	Coleta 3	5,00	49,00	21,75
<b>Silte %</b>	Coleta 1	7,00	19,00	13,13
	Coleta 2	1,00	23,00	5,63
	Coleta 3	0,00	20,00	7,50
<b>NH3 mg/l</b>	Coleta 1	48,76	118,75	78,68
	Coleta 2	10,15	49,00	23,19
	Coleta 3	5,83	72,09	28,11
<b>NO3 mg/l</b>	Coleta 1	15,16	20,53	17,67
	Coleta 2	4,90	10,50	8,31
	Coleta 3	4,90	15,63	10,76
<b>N total mg/l</b>	Coleta 1	854,00	2737,00	1516,38
	Coleta 2	396,20	1635,20	975,63
	Coleta 3	364,00	2856,00	1330,00

**Tabela 12.** Resultados das análises de água do Reservatório de Nova Avanhandava. Coletas 1, 2 e 3 realizadas respectivamente de 05 a 25 de Junho de 2001, 23 de Outubro a 15 de Novembro de 2001 e 26 de Fevereiro a 06 de Março de 2002.

		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Médio</b>
<b>pH</b>	Coleta 1	7,17	7,83	7,45
	Coleta 2	7,33	8,63	7,82
	Coleta 3	7,18	8,42	7,54
<b>Turbidez NTU</b>	Coleta 1	1,14	12,61	3,40
	Coleta 2	1,08	11,11	5,76
	Coleta 3	3,54	47,80	10,26
<b>O.D. mg/l</b>	Coleta 1	7,00	9,10	7,90
	Coleta 2	4,22	7,25	6,60
	Coleta 3	3,52	10,99	7,76
<b>Sólidos Susp. g/m<sup>3</sup></b>	Coleta 1	0,00	15,00	8,13
	Coleta 2	1,00	16,00	4,56
	Coleta 3	2,00	24,00	10,18
<b>Nitrato mg/l</b>	Coleta 1	1,57	3,19	2,67
	Coleta 2	1,35	4,92	3,15
	Coleta 3	0,38	5,12	3,62
<b>Amônia mg/l</b>	Coleta 1	0,03	0,71	0,13
	Coleta 2	0,04	0,18	0,06
	Coleta 3	0,04	0,25	0,17
<b>Nitrito mg/l</b>	Coleta 1	0,01	0,12	0,02
	Coleta 2	0,00	0,41	0,05
	Coleta 3	0,01	0,21	0,07
<b>Fosfato ug/l</b>	Coleta 1	1,71	291,73	66,08
	Coleta 2	1,54	31,75	7,24
	Coleta 3	1,21	12,74	2,94

**Tabela 13.** Resultados das análises de sedimento do Reservatório de Nova Avanhandava. Coletas 1, 2 e 3 realizadas respectivamente de 05 a 25 de Junho de 2001, 23 de Outubro a 15 de Novembro de 2001 e 26 de Fevereiro a 06 de Março de 2002.

		<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Médio</b>
<b>pH CaCl</b>	Coleta 1	4,52	5,61	5,22
	Coleta 2	4,54	6,64	5,56
	Coleta 3	3,94	5,93	4,77
<b>M.O. g/Kg</b>	Coleta 1	7,00	72,17	24,30
	Coleta 2	5,42	82,02	22,40
	Coleta 3	7,64	74,14	26,16
<b>P mg/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	6,22	52,28	17,87
	Coleta 2	1,31	152,92	28,77
	Coleta 3	4,34	71,14	23,67
<b>K mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	0,27	1,57	0,58
	Coleta 2	0,44	2,64	1,05
	Coleta 3	0,18	1,56	0,78
<b>Ca mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	16,11	116,77	45,37
	Coleta 2	10,46	236,35	54,64
	Coleta 3	7,00	25,00	11,12
<b>Mg mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	4,12	13,43	6,92
	Coleta 2	2,00	13,20	4,85
	Coleta 3	1,20	6,80	3,72
<b>C.T.C. mmol/dm<sup>3</sup></b>	Coleta 1	48,98	173,59	92,64
	Coleta 2	23,88	261,19	94,30
	Coleta 3	25,24	139,08	54,93
<b>Areia %</b>	Coleta 1	32,00	91,00	75,00
	Coleta 2	14,00	94,00	69,88
	Coleta 3	22,00	91,00	70,00
<b>Argila %</b>	Coleta 1	5,00	53,00	15,50
	Coleta 2	5,00	73,00	22,38
	Coleta 3	7,00	62,00	22,63
<b>Silte %</b>	Coleta 1	4,00	17,00	10,75
	Coleta 2	1,00	22,00	7,75
	Coleta 3	1,00	21,00	7,34
<b>NH3 mg/l</b>	Coleta 1	52,03	119,92	72,21
	Coleta 2	12,60	118,30	51,19
	Coleta 3	20,06	82,82	43,57
<b>NO3 mg/l</b>	Coleta 1	16,10	23,33	19,45
	Coleta 2	6,65	10,85	9,01
	Coleta 3	9,80	18,90	13,62
<b>N total mg/l</b>	Coleta 1	511,00	2597,00	1143,63
	Coleta 2	162,40	2928,80	909,30
	Coleta 3	462,00	2352,00	1155,00



Quanto aos teores de sólidos suspensos, a redução entre os pontos de ingresso dos rios Tietê e Piracicaba e pontos a jusante dos grandes bancos de plantas aquáticas nestes rios foram da ordem de  $5\text{g/m}^3$ ,  $20\text{g/m}^3$  e  $30\text{g/m}^3$  nas três épocas de avaliação, respectivamente. Ao longo de um ano e considerando uma vazão média de  $385\text{m}^3/\text{s}$  (defluência média em Barra Bonita durante 2001 e 2002) isto representa a sedimentação de  $222.592\text{t}$  de sólidos ao ano nas áreas de transição de ambiente lótico para ambiente lêntico, com maiores problemas com plantas aquáticas marginais e flutuantes. Esta observação indica a impossibilidade de dissociar os problemas de assoreamento e ocorrência de plantas aquáticas. Este procedimento simples de cálculo não pode ser adotado para os demais reservatórios em que a defluência total é composta prioritariamente pelo fluxo do rio Tietê submetido a sedimentação prévia nos reservatórios a montante.

Quanto à composição do sedimento, deve ser destacado o elevado nível de fertilidade em todos os reservatórios quando comparados a valores recomendados para culturas anuais em solos agrícolas (Van Raij et al, 1997). Para estes últimos, são considerados teores altos de P, Ca e Mg: de  $41$  a  $80\text{mg/dm}^3$ , de  $4$  a  $7\text{mmol/dm}^3$  e de  $5$  a  $8\text{mmol/dm}^3$ , respectivamente. Exemplificando, os teores médios (nas três avaliações) destes nutrientes em todos os reservatórios estudados foram de:  $64,31\text{mg/dm}^3$ ,  $42,54\text{mmol/dm}^3$  e  $9,05\text{mmol/dm}^3$ , também de modo respectivo.

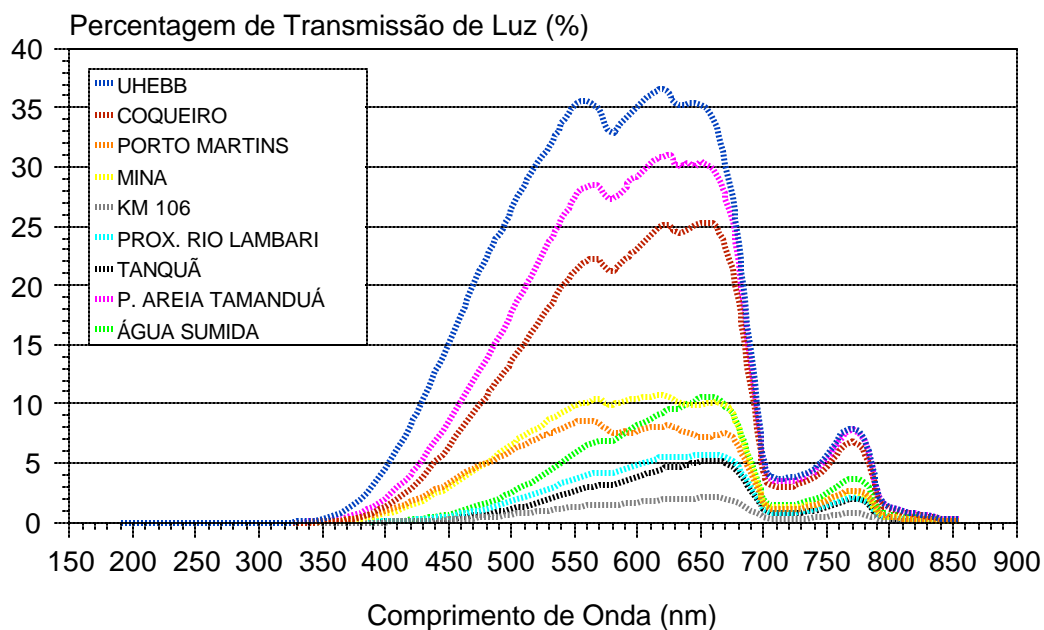
Quanto aos teores de fósforo no sedimento ao longo do rio Tietê, os maiores teores médios foram observados em Barra Bonita, Bariri e Ibitinga. Valores bastante inferiores foram observados em Promissão e, sobretudo, em Nova Avanhandava. Estes dois reservatórios encontram-se em região de solos de altos teores de areia e baixos teores de argila, devido à predominância de Latossolo Vermelho Distrófico e Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico/Distrófico, provenientes de rochas areníticas do grupo Bauru (Embrapa, 1999). Para a região do reservatório de Barra Bonita, os solos predominantes são Latossolo Vermelho Distroférrico e Nitossolo Vermelho Distroférrico, ambos provenientes de rocha alcalina (basalto) da formação Serra Geral e Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico e Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, provenientes da formação Botucatu (Embrapa, 1999). Na região do reservatório de Bariri, os solos predominantes são Latossolo Vermelho Distroférrico e Nitossolo Vermelho Distroférrico, provenientes de rocha alcalinas (basalto) da formação Serra Geral. Para a região do reservatório de Ibitinga, os médios teores da areia e

altos teores de argila dos sedimentos, determinando uma textura argilosa são devidos à ocorrência de Latossolo Vermelho Distroférico e Nitossolo Vermelho Distroférico da formação Serra Geral (Embrapa, 1999).

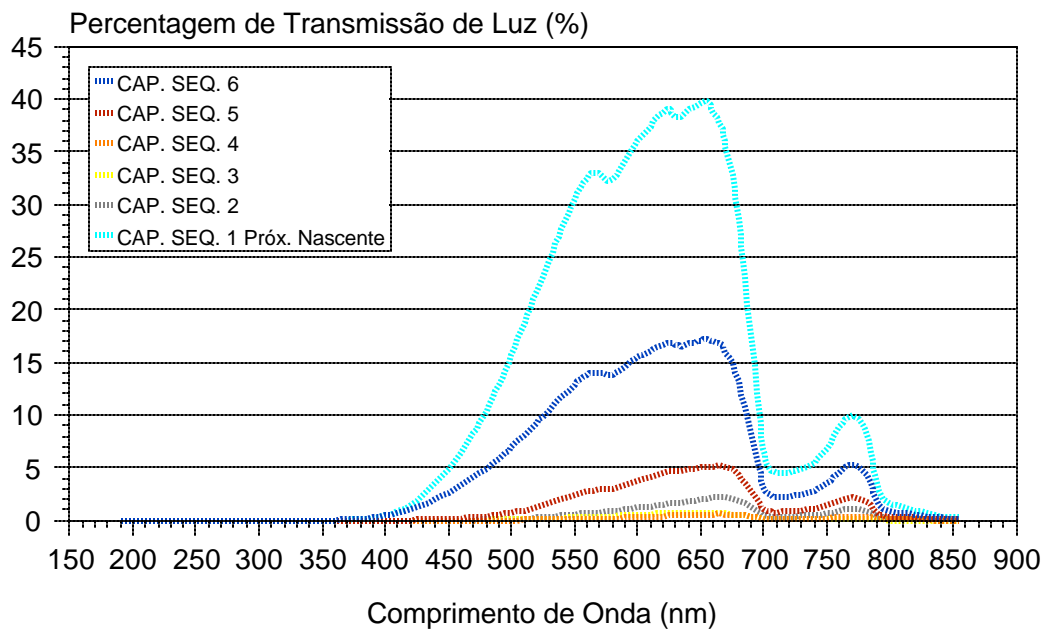
Deve ser destacado que o sedimento pode constituir-se em uma fonte mais estável de nutrientes para suportar o crescimento de comunidades de plantas aquáticas, justificando em parte a grande ocorrência de plantas aquáticas nas áreas de intensa sedimentação. Nestas áreas, a baixa profundidade permite que mesmo o sistema radicular de plantas tipicamente flutuantes alcance e utilize o grande estoque de nutrientes disponível no sedimento.

Outra característica avaliada refere-se à percentagem de transmissão de luz para comprimentos de onda entre 190nm e 900nm (Figuras 18 a 35). O principal objetivo desta avaliação foi o de estimar a disponibilidade de luz fotossinteticamente ativa (entre 400 e 700nm) em colunas de água de 1m de espessura e, por consequência, inferir sobre o potencial de crescimento de plantas imersas até esta profundidade.

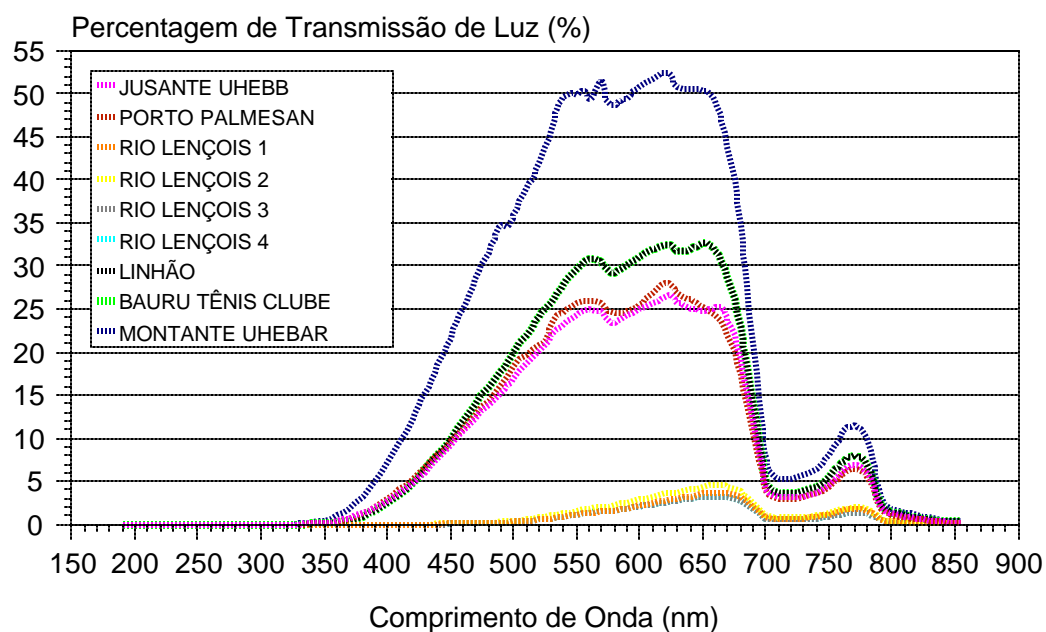
Tal característica mostrou grande relação com a turbidez das amostras analisadas, que apresentaram um decréscimo contínuo ao longo do rio Tietê. Os resultados indicam que a maior penetração de luz na coluna de água está, também, relacionada à maior ocorrência de plantas aquáticas imersas nos reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava. Os resultados dos levantamentos de flora confirmaram o comportamento descrito (dados apresentados adiante). Elevadas frequências de *Egeria densa* e *Egeria najas* foram observadas somente nestes dois reservatórios.



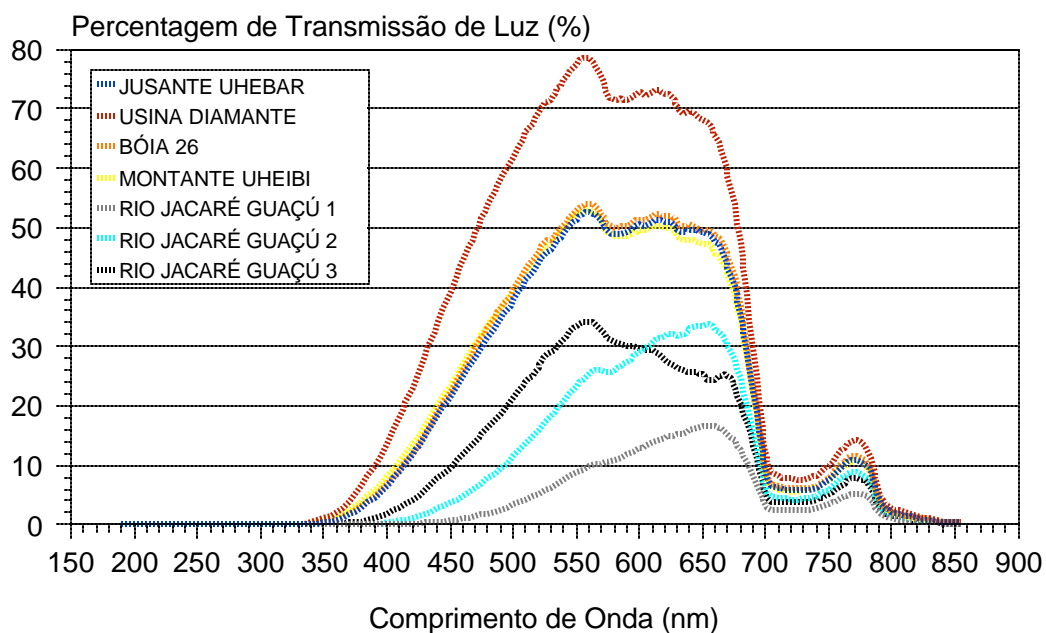
**Figura 18.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do reservatório de Barra Bonita. Campanha de coleta do mês de junho de 2001.



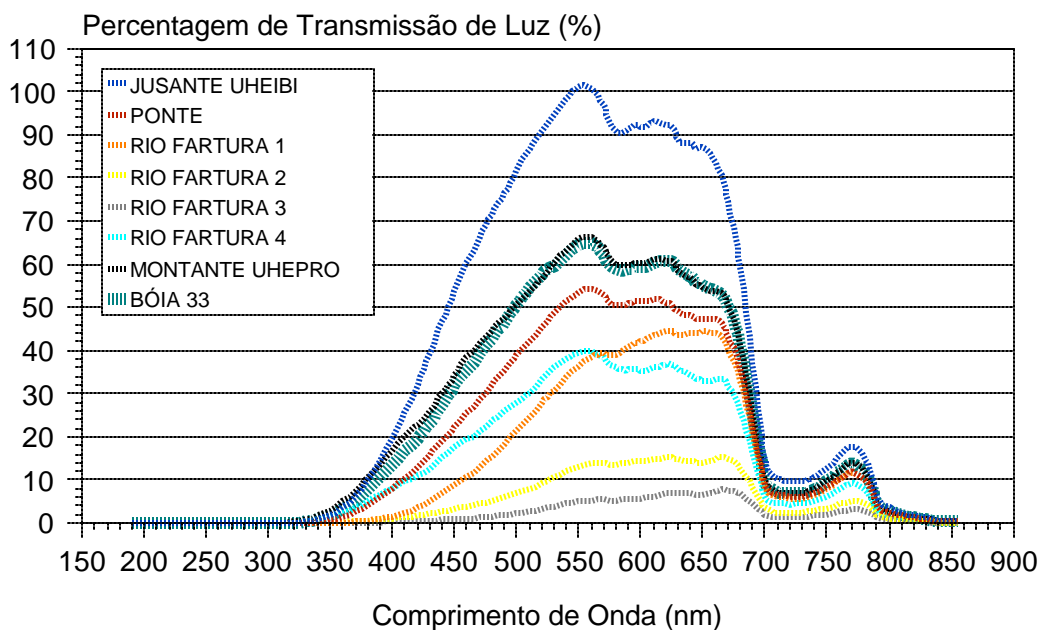
**Figura 19.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do rio Capivara, reservatório de Barra Bonita. Campanha de coleta do mês de junho de 2001.



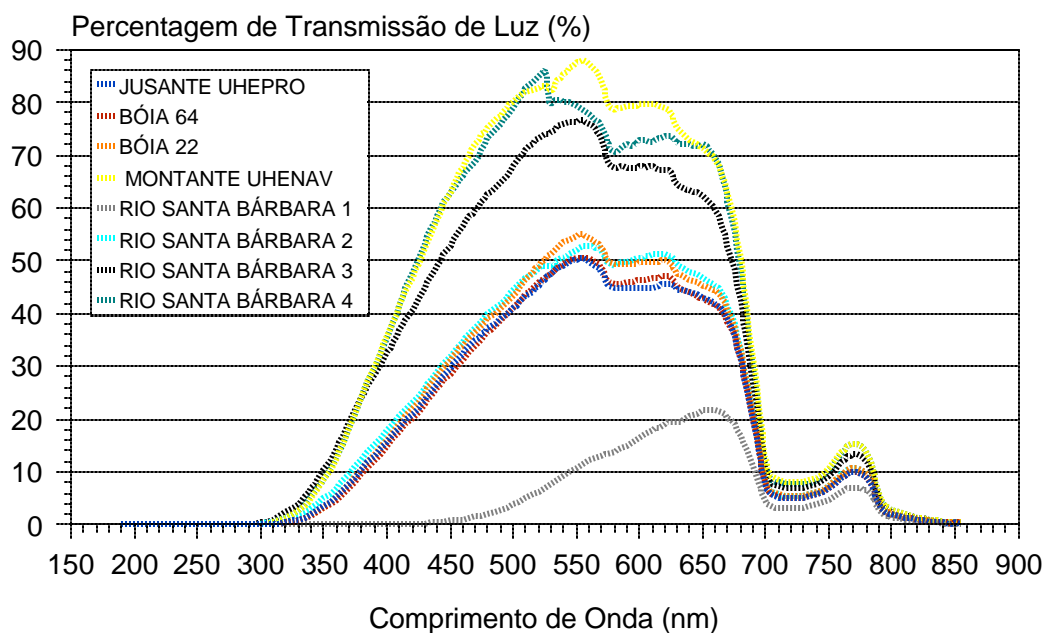
**Figura 20.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos reservatório de Bariri. Campanha de coleta do mês de junho de 2001.



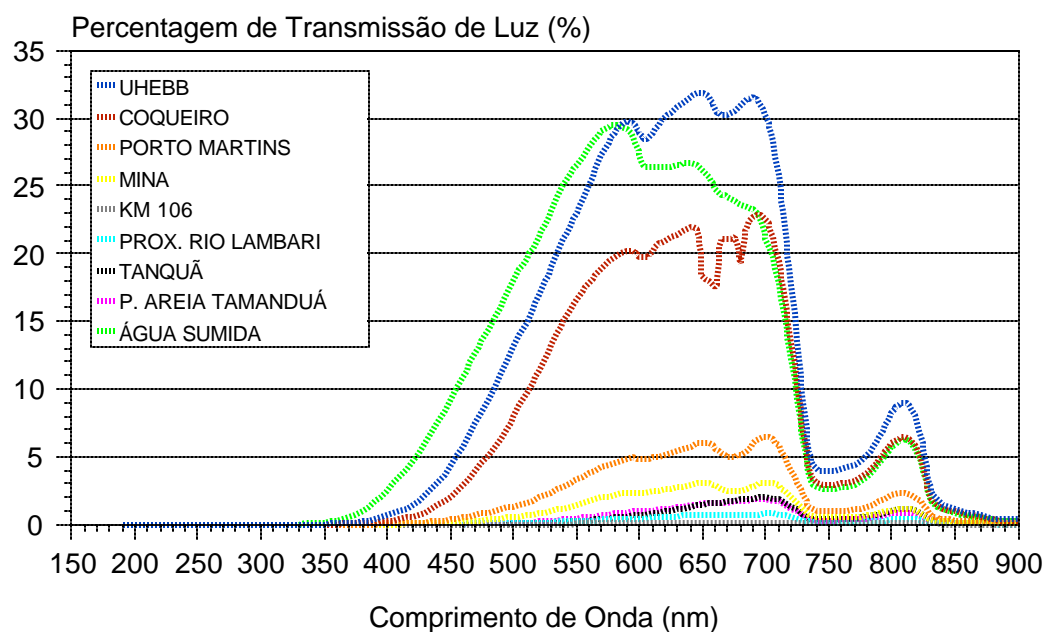
**Figura 21.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos reservatório de Ibitinga. Campanha de coleta do mês de junho de 2001.



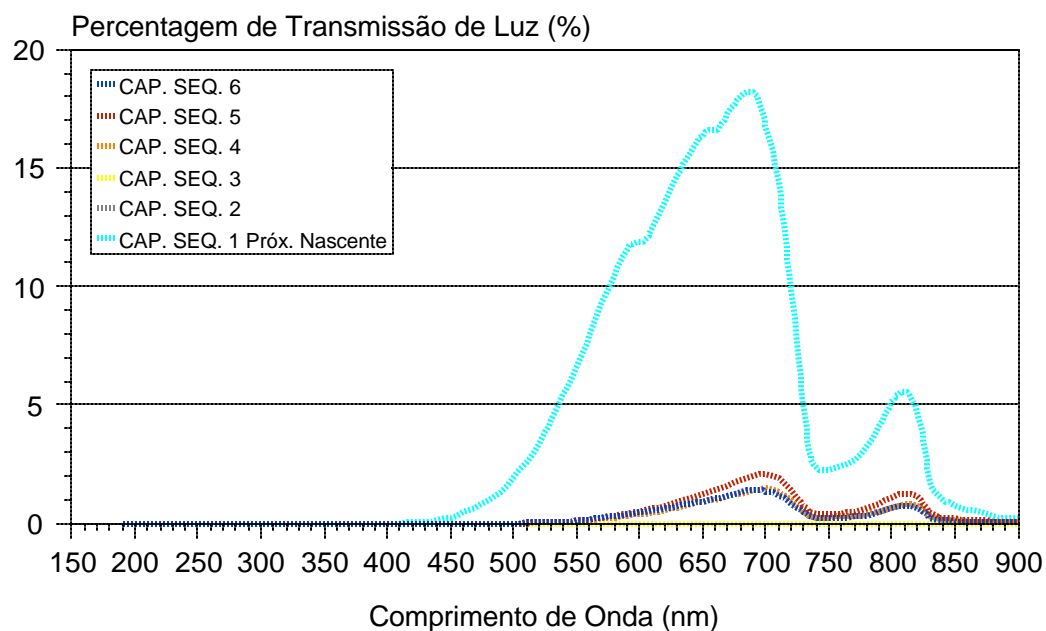
**Figura 22.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos reservatório de Promissão. Campanha de coleta do mês de junho de 2001.



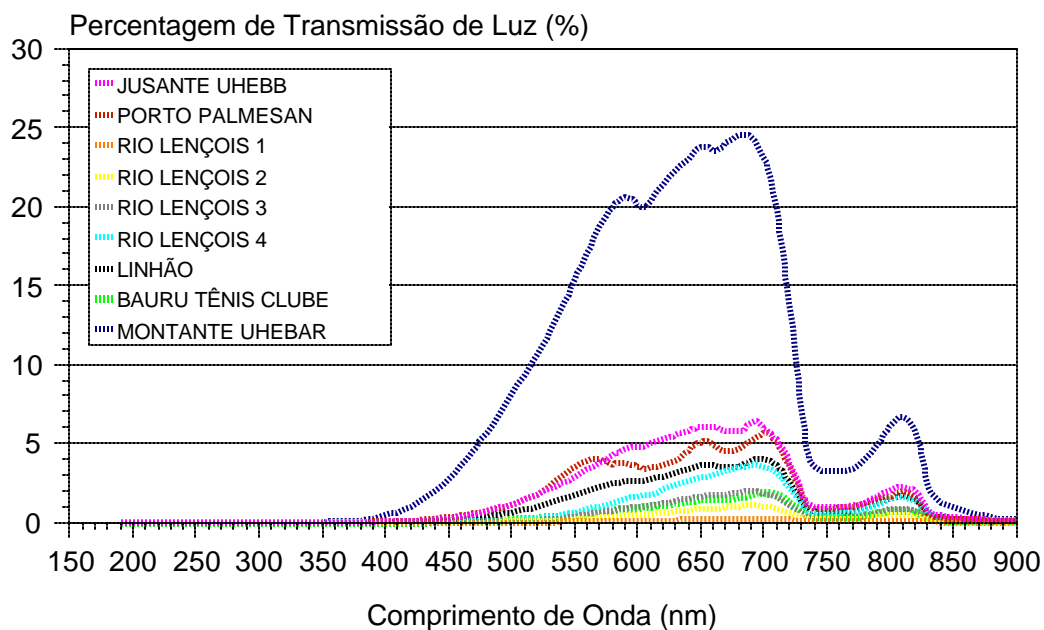
**Figura 23.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos reservatório de Nova Avanhandava. Campanha de coleta do mês de junho de 2001.



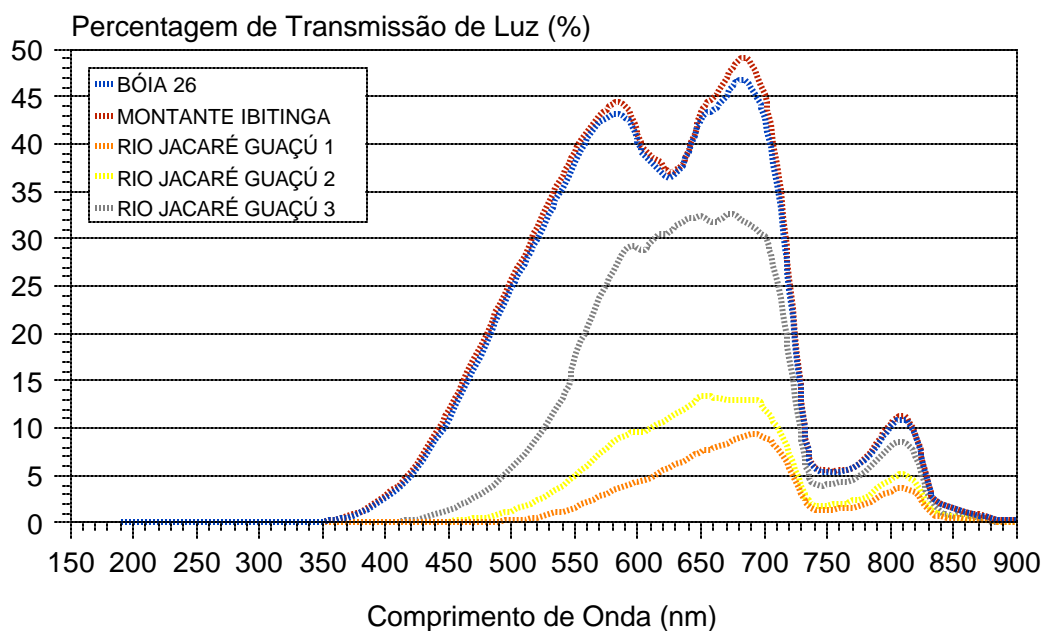
**Figura 24.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do reservatório de Barra Bonita. Campanha de coleta dos meses de outubro e novembro de 2001.



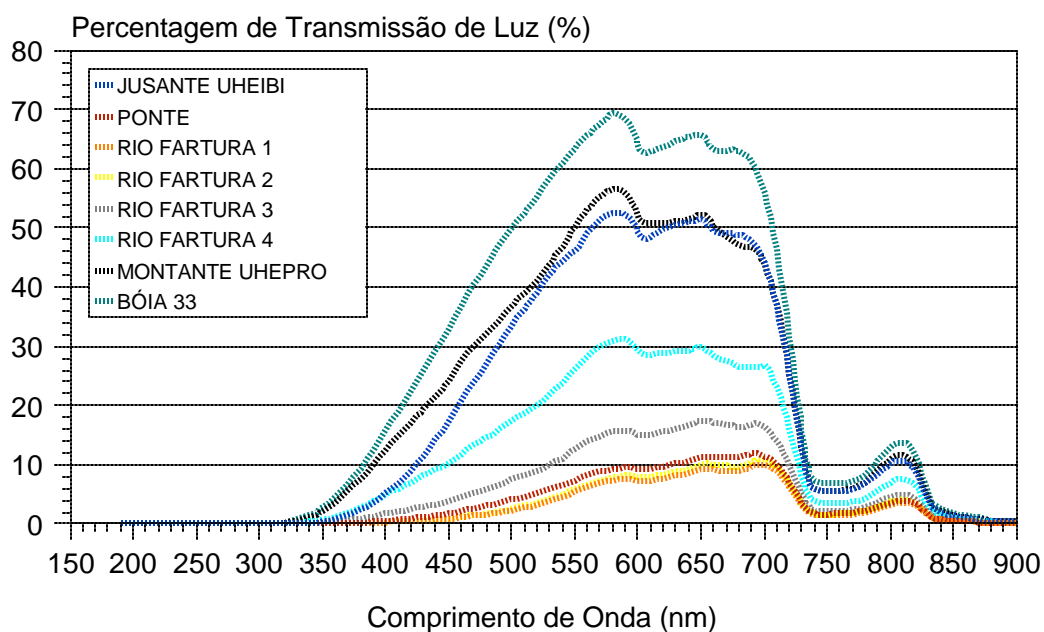
**Figura 25.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do rio Capivara, reservatório de Barra Bonita. Campanha de coleta dos meses de outubro e novembro de 2001.



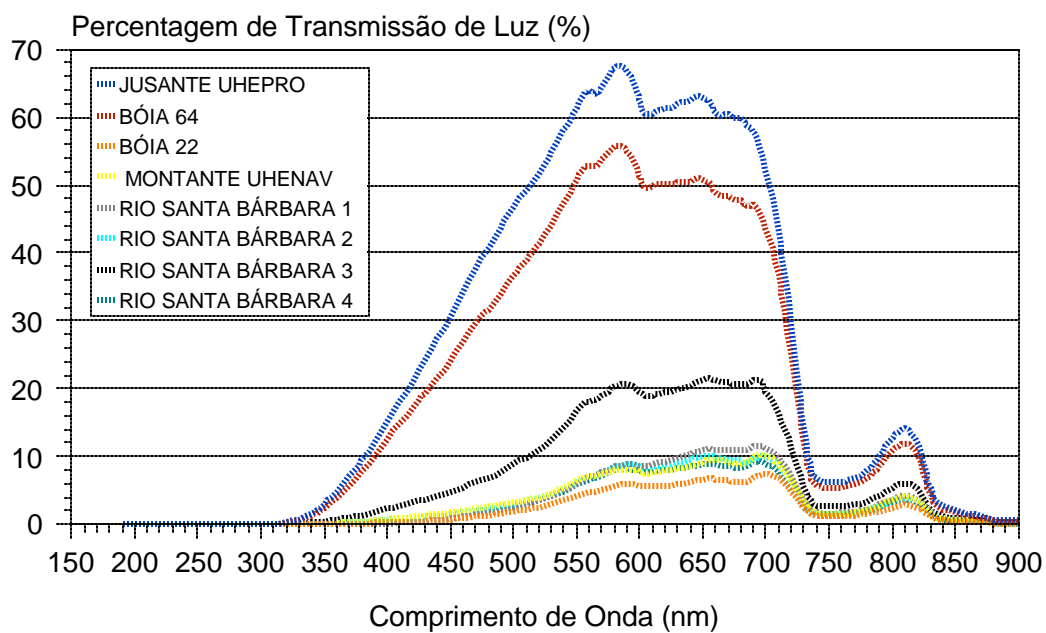
**Figura 26.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do reservatório de Bariri. Campanha de coleta dos meses de outubro e novembro de 2001.



**Figura 27.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do reservatório de Ibitinga. Campanha de coleta dos meses de outubro e novembro de 2001.

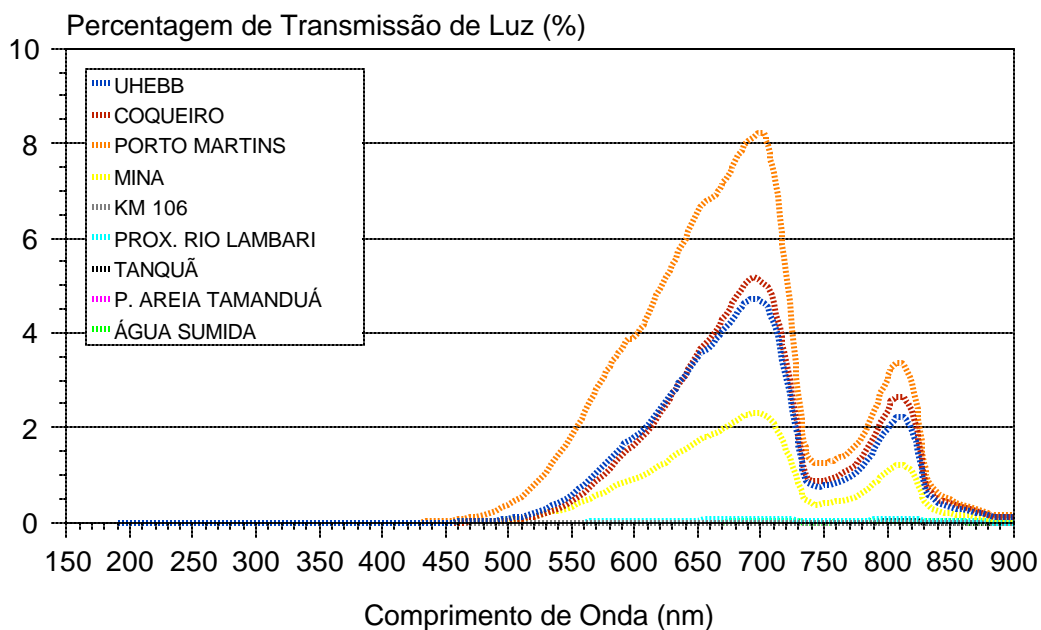


**Figura 28.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do reservatório de Promissão. Campanha de coleta dos meses de outubro e novembro de 2001.

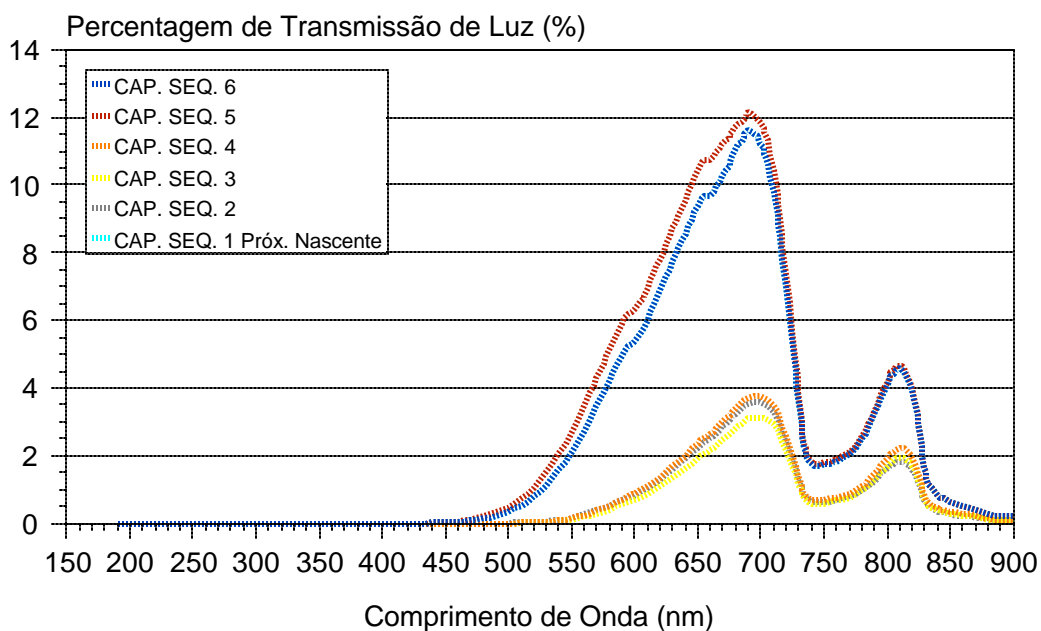


**Figura 29.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do reservatório de Nova Avanhandava. Campanha de coleta dos meses de outubro e novembro de 2001.

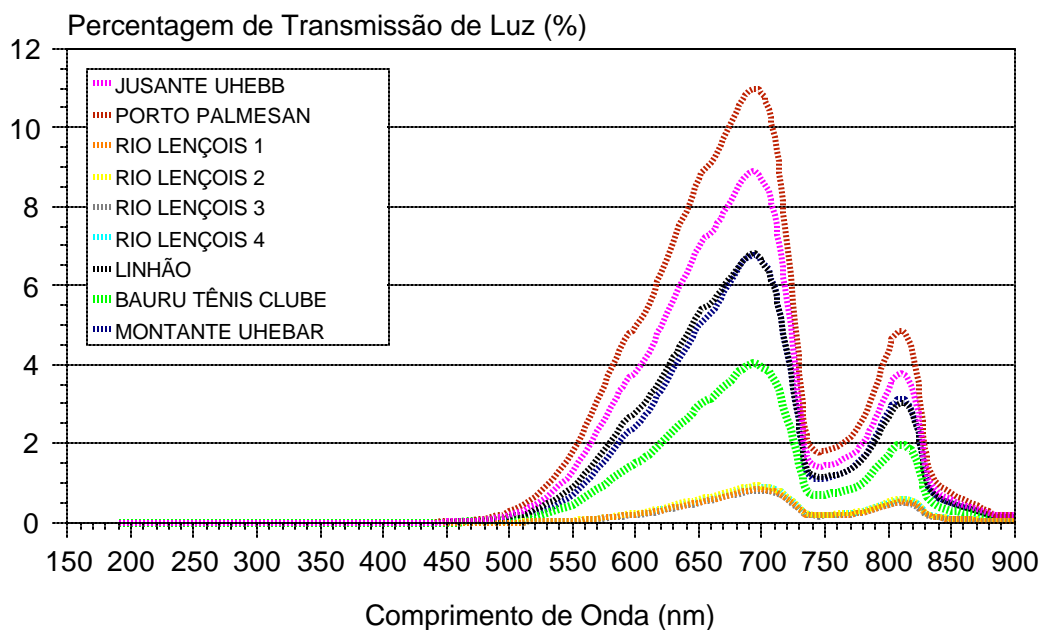




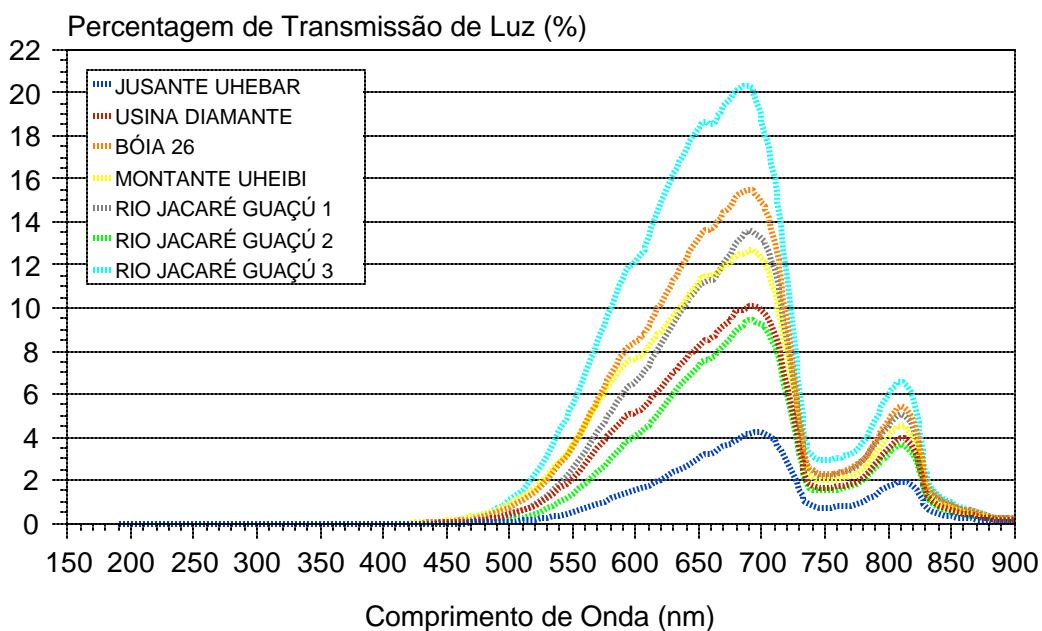
**Figura 30.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do reservatório de Barra Bonita. Campanha de coleta dos meses de fevereiro e março de 2001.



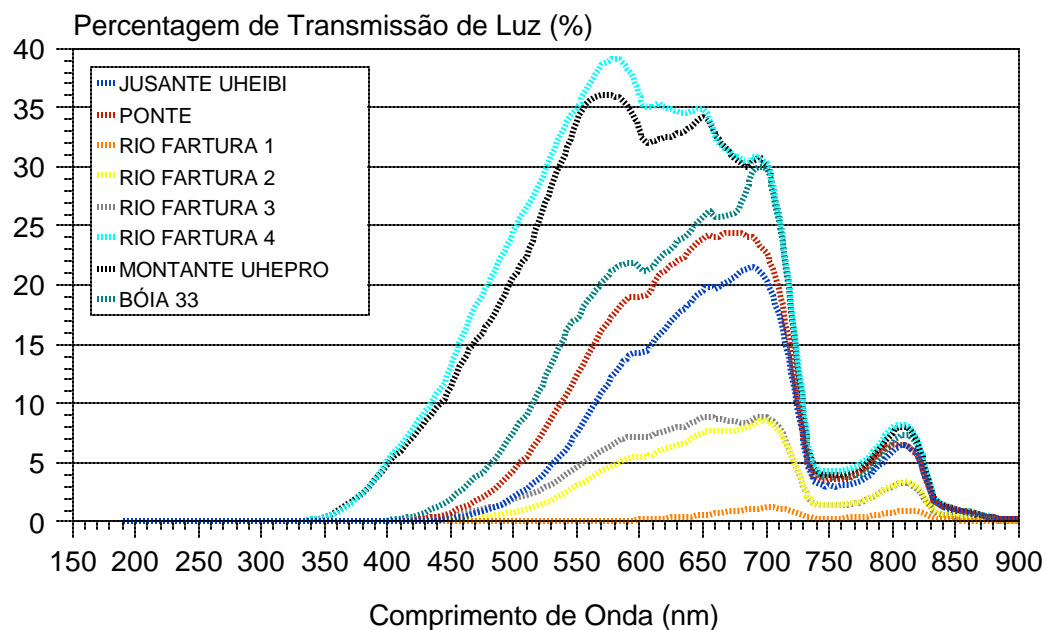
**Figura 31.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do rio Capivara, reservatório de Barra Bonita. Campanha de coleta dos meses de fevereiro e março de 2001.



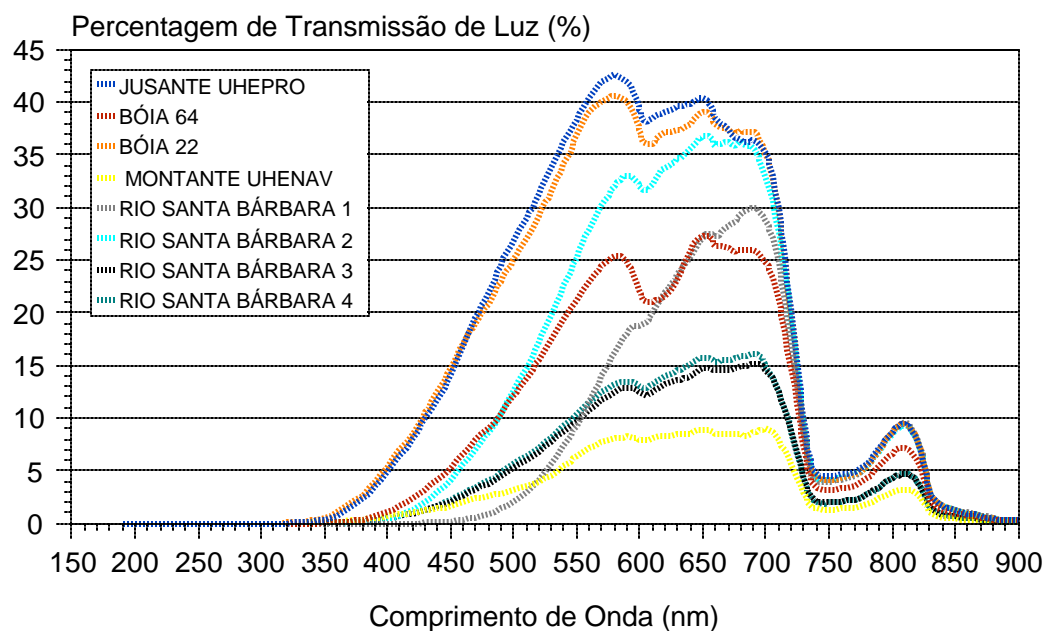
**Figura 32.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do reservatório de Bariri. Campanha de coleta dos meses de fevereiro e março de 2001.



**Figura 33.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do reservatório de Ibitinga. Campanha de coleta dos meses de fevereiro e março de 2001.



**Figura 34.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do reservatório de Promissão. Campanha de coleta dos meses de fevereiro e março de 2001.



**Figura 35.** Percentagem de transmissão de luz nos pontos do reservatório de Nova Avanhandava. Campanha de coleta dos meses de fevereiro e março de 2001.

Pode se observar, através da análise das Figuras 18 a 35, um aumento na percentagem de transmissão de luz para coluna de água de 1m, quando se caminha do reservatório de Barra Bonita para o reservatório de Nova Avanhandava, nas três campanhas de coleta de água e sedimento. Houve uma tendência geral de redução da transmissão de luz para as três campanhas (valores decrescentes da campanha 1 para a 2 e da 2 para a 3). Estes resultados são coerentes com o aumento dos valores médios de turbidez (5,97; 13,94 e 27,13NTU nas três campanhas, respectivamente) e sólidos suspensos (8,31; 14,11 e 24,26g/m<sup>3</sup>, também de modo respectivo) entre as campanhas.

Pode se observar, ainda, a diferença na percentagem de transmissão de luz nos pontos localizados no corpo do reservatório (ambiente lêntico) e os pontos nos rios tributários, rio Capivara em Barra Bonita, rio Lençóis em Bariri, rio Jacaré Guaçú em Ibitinga, rio Fartura em Promissão, rio Santa Bárbara em Nova Avanhandava, estando claro que estes são os grandes fornecedores de sólidos suspensos, principalmente para os reservatórios a jusante de Barra Bonita, e que as zonas de transição entre ambientes lóticos e lênticos constituem-se nas principais áreas de deposição de sólidos em suspensão.

Um segundo aspecto de grande relevância, relacionado à transmissão de luz, destacado anteriormente por Velini et al (2001), refere-se à foto-degradação de substâncias orgânicas dissolvidas na água. De modo geral, os comprimentos de onda correspondentes ao ultra-violeta (com menor penetração na água) são os principais responsáveis por esta degradação. A limitação à transmissão de luz, imposta pela turbidez, possivelmente reduz o potencial de foto-degradação destas substâncias, ampliando o período necessário para degradá-las.

### **6.3. Estimativa da área ocupada com plantas aquáticas imersas com uso de imagens de satélite ETM+ / Landsat**

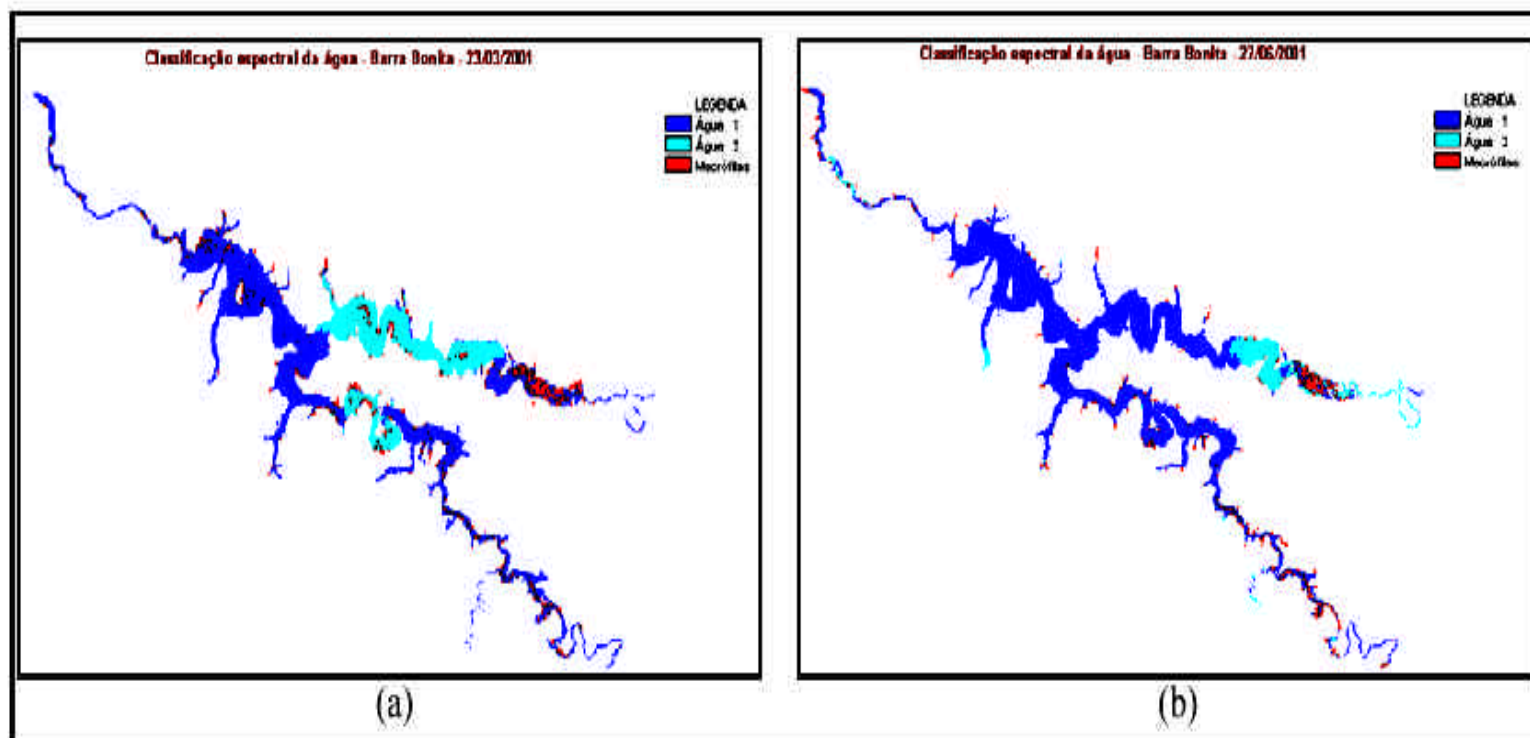
As informações apresentadas, e que serão correlacionadas com as informações de qualidade de água, composição do sedimento, características dos reservatórios e informações proporcionadas pelo sobrevôo foram obtidas a partir do trabalho de Galo et al (2002). As áreas totais dos reservatórios infestadas com plantas aquáticas marginais e flutuantes são apresentadas na Tabela 14.

**Tabela 14.** Estimativa das áreas ocupadas por plantas aquáticas marginais e flutuantes em reservatórios da AES / Tietê. (Fonte: Galo et al, 2002).

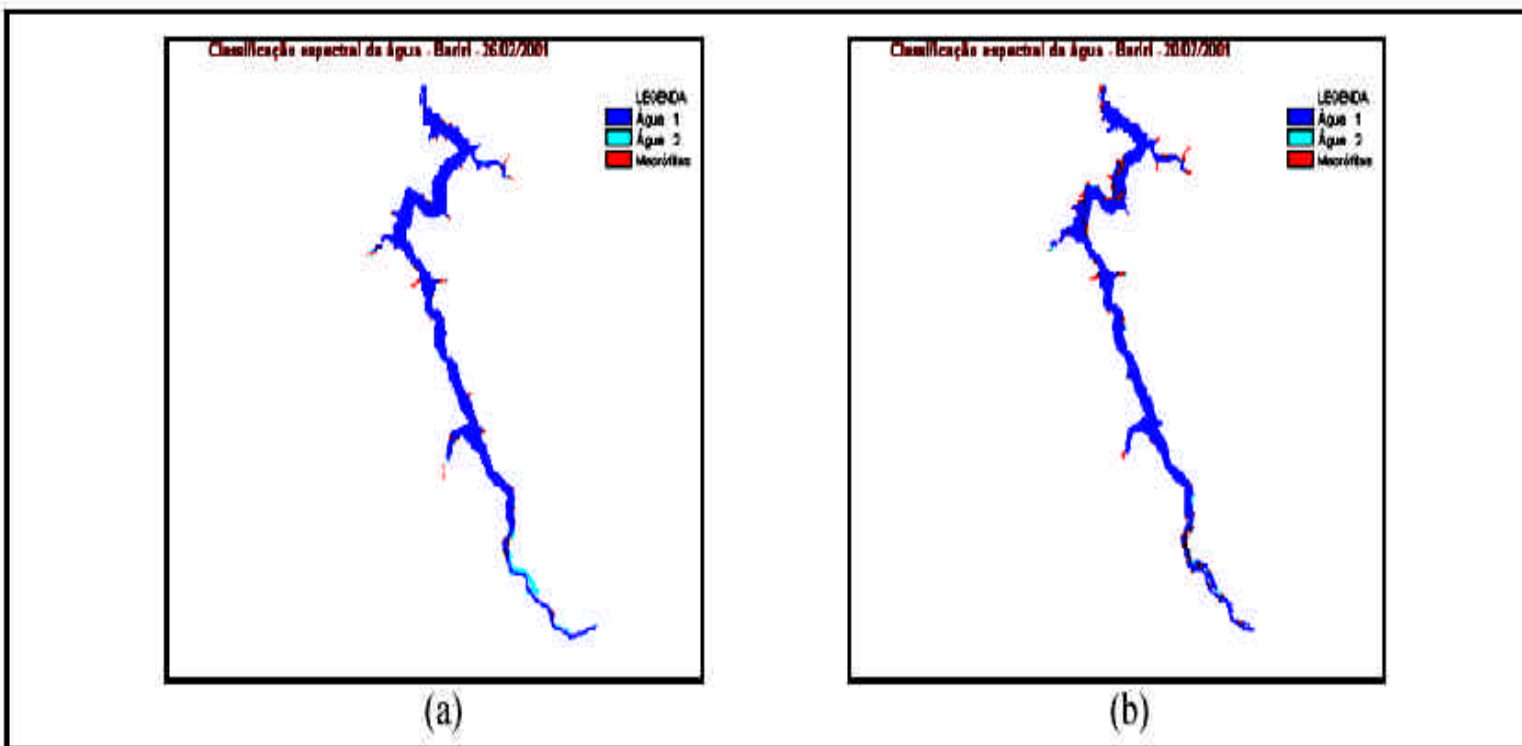
Reservatórios	Datas das Imagens	Área em km <sup>2</sup>			% cobertura Plantas
		Água	Plantas	Total	
<b>Barra Bonita</b>	24/06/00	257,00	25,00	282,00	8,87
	26/03/01	265,96	30,08	296,04	10,16
	27/06/01	258,47	18,71	277,18	6,75
<b>Bariri</b>	26/02/01	51,40	1,40	52,80	2,65
	20/07/01	48,92	4,26	53,18	8,01
<b>Ibitinga</b>	26/02/01	132,00	8,80	140,80	6,25
	20/07/01	110,70	16,45	127,15	12,94
<b>Promissão</b>	26/02/01	578,50	9,20	587,70	1,57
	20/07/01	508,65	21,72	530,37	4,10
<b>Nova Avanhandava</b>	26/02/01 e 05/03/01	214,20	4,70	218,90	2,15
	20/07/01 e 12/08/01	217,38	8,06	225,44	3,58

Na Figura 36 pode se observar a diferença na distribuição de plantas aquáticas no reservatório de Barra Bonita entre março e junho de 2001. Em março as plantas estão dispersas ao longo do corpo de água, enquanto que em junho se apresenta mais concentrado nos tributários. Pode se observar ainda a distinção de dois tipos de água, causada pela diferença na absorção da luz, relacionados com maior ou menor concentração de sedimentos em suspensão, originando na figura a água 1 e 2.

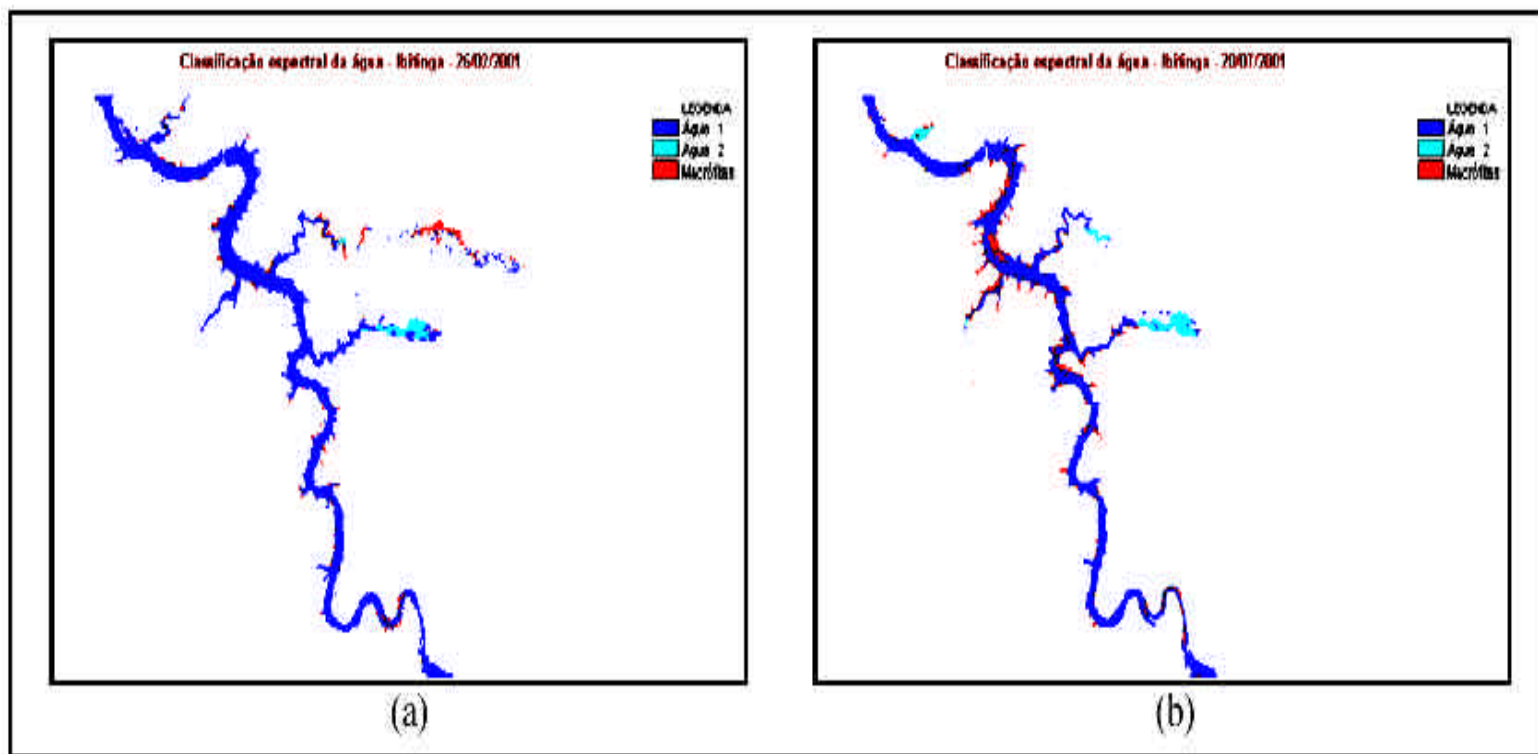
Nas Figuras 37, 38 e 39, para os reservatórios de Bariri, Ibitinga e Promissão ocorreu uma distribuição contrária entre as épocas quando comparado com Barra Bonita. A maior distribuição das plantas foi observada na época mais seca, no mês de julho, enquanto que no mês de fevereiro, estas se concentraram nos tributários. A diferenciação nítida da água observada em Barra Bonita, não foi evidente em Bariri. Em Ibitinga e Promissão, a diferenciação da água é observada nos tributários com ênfase no mês de julho de 2001.



**Figura 36.** Imagens resultantes da classificação espectral da água representando o reservatório de Barra Bonita em (a) março/2001 e (b) junho /2001.

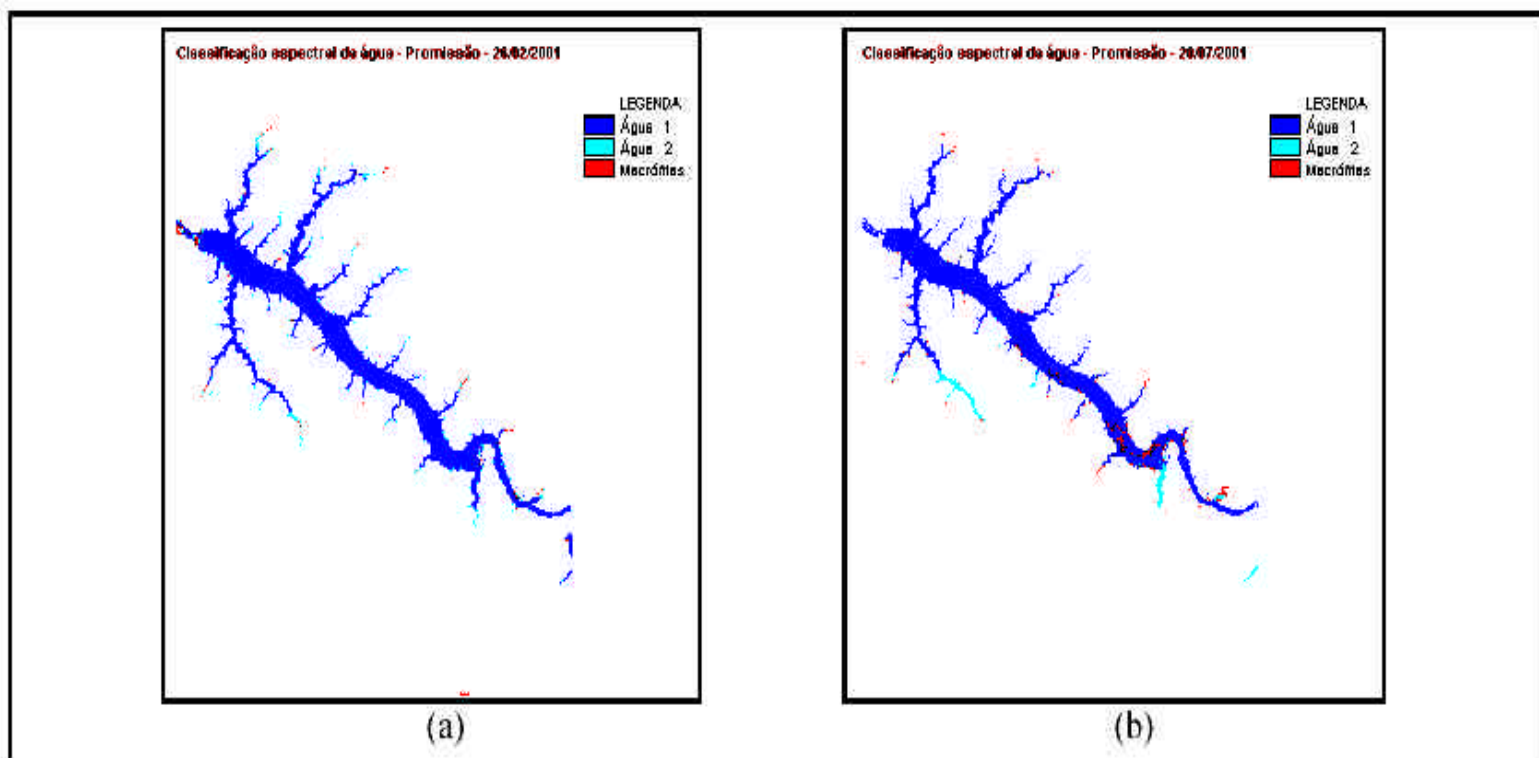


**Figura 37.** Imagens resultantes da classificação espectral da água representando o reservatório de Bariri em (a) fevereiro/2001 e(b) julho /2001.



**Figura 38.** Imagens resultantes da classificação espectral da água representando o reservatório de Ibitynga em (a) fevereiro/2001 e (b) julho /2001.





**Figura 39.** Imagens resultantes da classificação espectral da água representando o reservatório de Promissão em (a) fevereiro/2001 e (b) julho /2001.

**Tabela 2.** Identificação dos pontos de coleta em cada reservatório e o número de pontos em cada tributário avaliado.

<b>Pontos</b>	<b>Barra Bonita</b>	<b>Bariri</b>	<b>Ibitinga</b>	<b>Promissão</b>	<b>Nova Avanhandava</b>
<b>1</b>	Montante UHEBB	Montante UHEBAR	Montante UHEIBI	Montante UHEPRO	Montante UHENAV
<b>2</b>	Coqueiro	Bauru Tênis Clube	Bóia 26	Bóia 33	Bóia 22
<b>3</b>	Água Sumida	Linhão	Usina Diamante	Ponte	Bóia 64
<b>4</b>	P. Areia Tamanduá	Porto Palmesan	Jusante UHEBAR	Jusante UHEIBI	Jusante UHEPRO
<b>5</b>	Tanquã	Jusante UHEBB	---	---	---
<b>6</b>	Porto Martins	---	---	---	---
<b>7</b>	Mina	---	---	---	---
<b>8</b>	Prox. Rio Lambari	---	---	---	---
<b>9</b>	km 106	---	---	---	---
<b>Tributário</b>	6 pontos	4 pontos	3 pontos	4 pontos	4 pontos

A análise das Figuras 36 a 39 indicou, novamente, a desuniformidade da distribuição das plantas aquáticas nos reservatórios. Os maiores acúmulos de biomassa estão associados ao processo de sedimentação que ocorre na região de ingresso de pequenos ou grandes tributários. A correlação entre os processos de sedimentação também pode ser evidenciada pela análise da Tabela 15. A análise das informações apresentadas nesta tabela indica que as maiores áreas de infestação com plantas aquáticas marginais e flutuantes ocorrem nos reservatórios com maior ingresso de vazão em sua própria extensão (Barra Bonita, Promissão e Ibitinga) provavelmente mais sujeitos ao processo de sedimentação. Ou seja, embora no reservatório de Bariri ocorra uma vazão média de  $443\text{m}^3/\text{s}$ , a quase totalidade deste valor ( $385\text{ m}^3/\text{s}$ ) provém do reservatório de Barra Bonita através do próprio rio Tietê; apenas  $58\text{m}^3/\text{s}$  correspondem a tributários que deságuam diretamente no reservatório, com grande potencial de fornecimento de sólidos em suspensão e sedimentáveis quando a velocidade da água é reduzida. Desse modo, os primeiros reservatórios de grandes bacias hidrográficas estão mais sujeitos tanto à sedimentação quanto à ocorrência de plantas aquáticas.

**Tabela 15.** Valores de defluência média, vazão acrescida e área média ocupada com plantas aquáticas nos cinco reservatórios em estudo.

<b>Reservatórios</b>	<b>Defluência Média 2001/2002 (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>	<b>Vazão acrescida (<math>\text{m}^3/\text{s}</math>)</b>	<b>Área média ocupada com plantas aquáticas* (ha)</b>
<b>Barra Bonita</b>	385	385	2457
<b>Bariri</b>	443	58	283
<b>Ibitinga</b>	516	73	1263
<b>Promissão</b>	622	106	1546
<b>Nova Avanhandava</b>	653	31	638

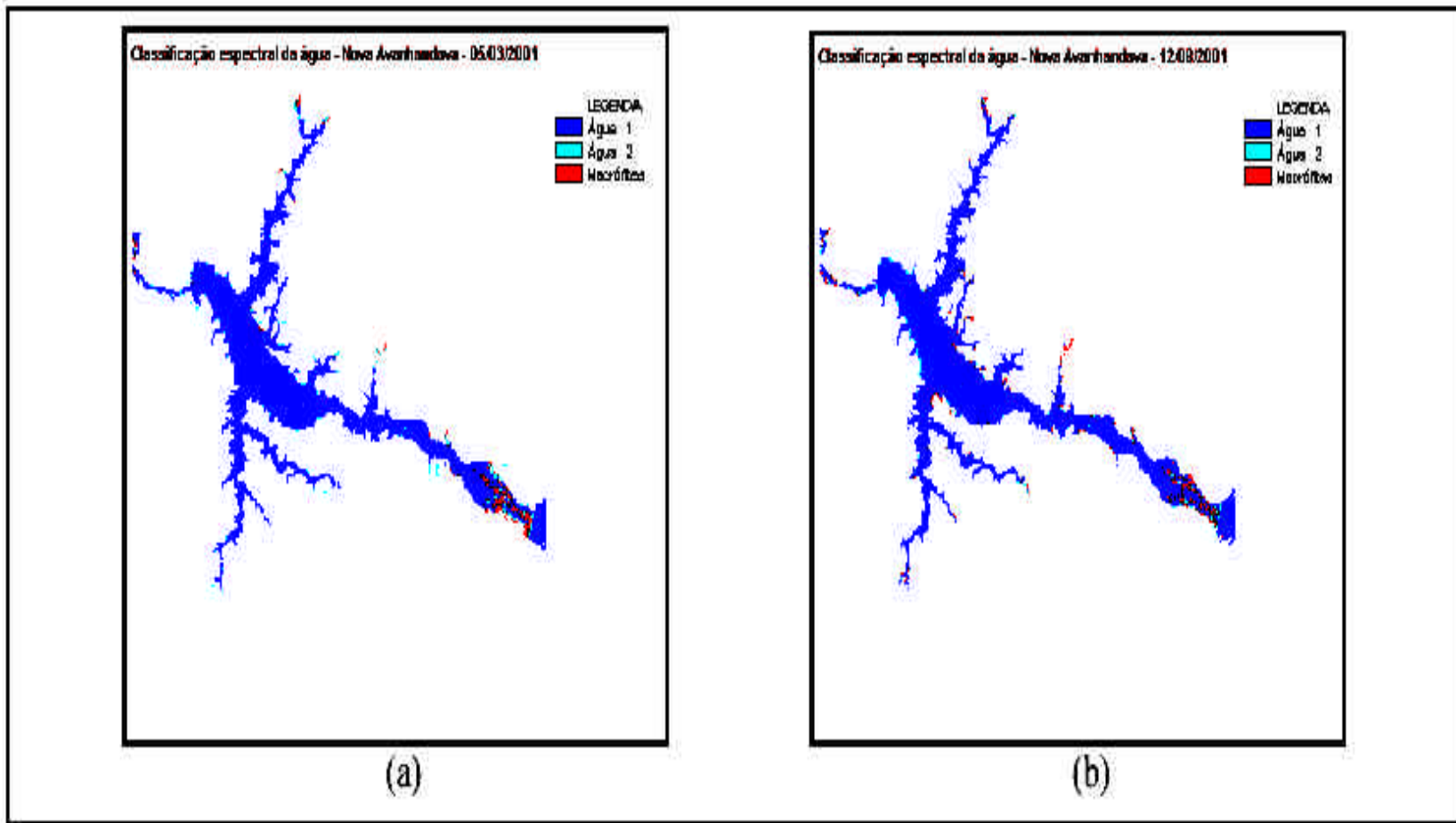
\*Informações apresentadas por Galo et al (2002).

A única exceção à regra geral de que os reservatórios com maiores acréscimos de vazão são os mais sujeitos à ocorrência de plantas aquáticas refere-se ao contraste entre Bariri e Nova Avanhandava. O primeiro reservatório apresenta maior acréscimo de vazão, mas área média ocupada com plantas aquáticas marginais e flutuantes bastante inferior à de Nova Avanhandava. As possíveis justificativas referem-se às dimensões dos reservatórios (a superfície do reservatório de Nova Avanhandava é aproximadamente 4 vezes maior do que a superfície do reservatório de Bariri) e aos tempos de residência (46 e 14 dias respectivamente), indicando maior potencial de sedimentação (em função da menor velocidade média da água) em Nova Avanhandava.

Na Figura 40 pode se observar a ocorrência de distribuição de plantas nas duas épocas avaliadas, mas esta se restringe à parte final do reservatório, próximo a UHE de Nova Avanhandava. A mesma ocorrência foi observada para a distinção da água, maior na parte final do reservatório.

A análise das Figuras 36 a 40 evidencia que a maior concentração de plantas no reservatório de Barra Bonita, na época da cheia, fevereiro/março, enquanto que nos demais reservatórios isto se restringe aos tributários. No período mais seco, julho/agosto, ocorre a dispersão das plantas por todo o rio Tietê, provavelmente provenientes do reservatório de Barra Bonita e soltas pela elevação do nível de água deste reservatório no final da estação chuvosa (março / abril).

As informações observadas com relação à distribuição de plantas no rio Tietê concordam com as observações de Thomaz & Bini (1999) citando que o posicionamento de reservatórios em série faz com que os primeiros reservatórios funcionem como bancos de módulos ativos de plantas aquáticas para os últimos. Como os últimos geralmente apresentam maior penetração de luz, podem suportar o desenvolvimento maciço de plantas aquáticas submersas, como tem sido constatado em alguns reservatórios do rio São Francisco e do Sistema Tietê-Paraná.



**Figura 40.** Imagens resultantes da classificação espectral da água representando o reservatório de Nova Avanhandava em (a) fevereiro/março/2001 e (b) julho/agosto /2001.

#### 6.4. Levantamento de flora

Na Tabela 16 são apresentados os Índices de Valor de Importância de cada uma das espécies de plantas aquáticas presentes nos levantamentos, nos cinco reservatórios estudados. Os resultados referem-se a médias para as três épocas de avaliação. Não houve grandes variações na ordem de importância das espécies nas três épocas de avaliação, viabilizando o uso dos valores médios. Os coeficientes de correlação entre os índices de valores de importância nos três levantamentos foram: a) entre os levantamentos 1 e 2: 0,82\*\*;

b) entre os levantamentos 1 e 3: 0,87\*\*;

c) entre os levantamentos 2 e 3: 0,92\*\*.

As principais espécies de plantas aquáticas presentes são sempre as marginais e flutuantes. Os resultados apresentados na Tabela 16 permitem eleger as espécies *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadripata*, *Eichhornia crassipes* e *Typha angustifolia* como prioritárias em termos de estabelecimento de programas de controle de plantas aquáticas.

A espécie *Egeria densa* não foi importante nos reservatórios de Barra Bonita Bariri e Ibitinga, mas apresentou elevados valores de importância, nos reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava. Para *Egeria najas* observou-se comportamento similar, mas esta espécie foi localizada já a partir do reservatório de Ibitinga. A terceira espécie, *Cerathophyllum demersum*, foi encontrada com frequências relativamente baixas, nos reservatórios de Bariri, Ibitinga e Promissão, mas não esteve presente nos reservatórios de Barra Bonita e Nova Avanhandava.

A maior ocorrência de plantas submersas nos reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava, sobretudo *Egeria densa*, provavelmente tem como principal determinante, os baixos níveis de turbidez associados a maiores taxas de transmissão de luz nestes dois reservatórios, como já foi discutido anteriormente.

Merece destaque o fato da *Egeria densa* constituir-se na quinta espécie mais importante no conjunto de reservatórios do Tietê. *Egeria densa* e *Egeria najas* foram as espécies mais frequentes e abundantes no reservatório de Nova Avanhandava. Considerando o grande potencial de danos destas espécies à navegação e à geração de energia elétrica o desenvolvimento de uma alternativa para o controle das mesmas torna-se prioritário. O único

herbicida registrado para controle de plantas aquáticas imersas no Brasil é o fluridone, que demanda um longo período de contato com as plantas alvo (~90 dias) para que o controle seja efetivo (Marcondes et al., 2002; Tanaka et al., 2002). As principais áreas de infestação deste reservatório com esta espécie localizam-se imediatamente a jusante da Usina de Promissão, em áreas menos sujeitas a variações de nível da água, ao longo do canal do rio Tietê. Considerando as características destas áreas, com tempo de residência não determinado mas seguramente inferior à média para todo o reservatório (46 dias), torna praticamente impossível a aplicação do fluridone dentro de limites ambiental e economicamente razoáveis.

**Tabela 16.** Índices de Valor de Importância (%) para as principais espécies de plantas aquáticas. Levantamentos realizados nos meses de junho / julho de 2.001; outubro / novembro de 2.001 e fevereiro / março de 2.002.

Espécies	Reservatórios				
	Barra Bonita	Bariri	Ibitinga	Promissão	Nova Avanhandava
<i>Brachiaria subquadripara</i>	16,08	35,96	17,06	17,53	4,06
<i>Eichhornia crassipes</i>	9,28	13,76	18,49	8,54	7,75
<i>Brachiaria mutica</i>	17,52	15,39	10,41	6,95	0,67
<i>Typha angustifolia</i>	1,69	10,64	18,78	1,24	12,63
<i>Egeria densa</i>	0,00	0,00	2,48	6,67	19,47
<i>Polygonum lapathifolium</i>	15,57	0,88	2,07	8,85	1,24
<i>Panicum rivulare</i>	8,19	4,88	7,22	2,59	0,04
<i>Egeria najas</i>	0,00	0,00	0,01	2,85	16,82
<i>Cyperus difformis</i>	0,24	0,00	2,04	9,38	8,01
<i>Enidra sessilis</i>	5,74	7,80	3,44	0,66	0,00
<i>Paspalum repens</i>	4,61	2,22	4,91	3,73	0,33
<i>Eichhornia azurea</i>	0,00	0,00	1,25	8,70	5,59
<i>Pistia stratiotes</i>	6,48	2,83	2,59	1,02	1,30
<i>Salvinia auriculata</i>	3,99	1,06	1,20	3,05	4,66
<i>Ludwigia elegans</i>	0,31	0,41	0,39	3,28	2,88
<i>Echinochloa polystachya</i>	5,21	0,67	0,02	1,06	0,00
<i>Salvinia molesta</i>	0,11	0,20	1,30	3,18	1,08
<i>Utricularia foliosa</i>	0,00	0,00	0,14	3,44	1,83
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0,00	2,62	0,66	0,90	0,00
<i>Cabomba caroliniana</i>	0,00	0,00	0,73	1,15	2,06
<i>Pithophora spp.</i>	0,00	0,11	2,23	1,58	0,02
<i>Nymphaea ampla</i>	0,00	0,00	0,45	0,86	2,04
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	0,09	0,15	0,35	0,59	2,13
<i>Hymenachne amplexicaulis</i>	1,62	0,00	0,00	0,90	0,00
<i>Cyperus gigantus</i>	0,00	0,00	0,01	0,00	2,04
<i>Commelina erecta</i>	0,01	0,16	1,07	0,00	0,63
<i>Nymphoides spp.</i>	0,00	0,13	0,42	0,09	0,81
<i>Eleocharis interstincta</i>	0,00	0,00	0,00	0,03	1,30
<i>Heliotropium indicum</i>	1,31	0,00	0,00	0,01	0,00
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	0,82	0,00	0,09	0,29	0,11
<i>Eragrostis pilosa</i>	0,41	0,00	0,00	0,59	0,09
<i>Heteranthera reniformis</i>	0,02	0,00	0,01	0,28	0,38
<i>Mimosa pudica</i>	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Ipomoea Alba</i>	0,06	0,14	0,18	0,00	0,00
<i>Cyperus meyenianus</i>	0,05	0,00	0,00	0,00	0,03



## 7. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o trabalho, concluiu-se que:

- 1) Com o deslocamento a jusante no rio Tietê, ocorre à redução dos teores de fosfato e nitrogênio, além da turbidez e das quantidades de sólidos em suspensão.
- 2) Os sólidos em suspensão apresentam grande efeito na transmissão de luz por colunas de água determinando a ocorrência, ou não, de plantas aquáticas imersas.
- 3) Os reservatórios com maiores níveis de infestação com plantas aquáticas flutuantes e marginais foram Barra-Bonita, Bariri e Ibitinga.
- 4) A ocorrência de plantas aquáticas imersas, destacando-se *Egeria najas*, *Egeria densa* depende da transparência da água, havendo maiores infestações nos reservatórios de Promissão e Nova Avanhandava.
- 5) Grandes infestações de plantas marginais e flutuantes estão associados à sedimentação que ocorre na área de ingresso de tributários nos reservatórios.
- 6) Os teores dos principais nutrientes no sedimento foram altos ou muito altos em todos

os pontos de amostragem nos cinco reservatórios, quando comparado com os níveis indicados para solos agrícolas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMARGO, A.F.M.; ESTEVES, F.A. Biomass and productivity aquatic macrophytes in brazilian lacustrine ecosystems. In: TUNDISI, J.G. (Ed); SAIJO, T. (Ed) **Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Brazilian academy Sciences, 1997, p.137-149.

CLARKE, S.J.; WHARTON, G. Sediment nutrient characteristics and aquatic macrophytes in lowland English rivers. **The Science of the Total Environment**, v. 266, p. 103-113, 2001.

DE FELIPPO, R.; GOMES, R.; LENZ-CÉSAR, J.; SOARES, C.B.P. As alterações na qualidade da água durante o enchimento do reservatório de UHE Serra da Mesa – GO. In: Henry, R. (Ed), **Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais**, FUNDIBIO: Botucatu-SP, cap. 11,1999, p. 321-346.

EATON, A. D. (Ed.), CLESCERI, L. S. (Ed.), GREENBERG, A. E. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed., Ed. Maryland: American Public Health Association, 1995.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1999. 412p.

ESTEVES, F.A. “**Fundamentos de Limnologia**”. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, FINEP, 1998. 575p.

FARIA, B.; OLIVEIRA, A.M.S. The roles of drainage basins in the silting-up of reservoirs: the capivara pilot project. **Acta Limnologica Brasiliense**, v. 5, p. 103-111, 1994.

FERNANDEZ, O.A., SUTTON, D.L., LALLANA, V.H., SABBATINI, M.R., IRIGOYEN, F.H. Aquatic weed problems and management in South and Central America. In: PIETERSE, A.H., MURPHY, K.J. **Aquatic weeds: The ecology and management of nuisance aquatic vegetation**. Oxford: Oxford University Press, 1990. p.407-25.

GALO, M.B.L.T., VELINI, E.D., TRINDADE, M.L.B., SANTOS, S.C.A. 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.

HENRY, R.; SANTOS, A.A.N.; CAMARGO, Y.R. Transporte de sólidos suspensos, N e P total pelos rios de Paranapanema e Taquari e uma avaliação de sua exportação na represa de Jurumirim (São Paulo-Brasil). In: Henry, R. (Ed).**Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais**. FUNDIBIO: Botucatu-SP, 1999, cap. 23, p. 687-670.

HOLT, M.S. Sources of chemical contaminants and routes into de freshwater environment. **Food and Chemical Toxicology**, v. 38, p. S21-S27, 2000.

IBAMA. Apresentação In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Anais...** IBAMA, Brasília-DF, 1998. p.2-4.

KHEDR, A.H.; EL-DEMERDASH, M.A. Distribution of aquatic plants in relation to enviromental factores in the Nile Delta. **Aquatic Botany**, v. 56, p. 75-86, 1997.

MADSEN, J.D.; CHAMBERS, P.A.; JAMES, W.F.; KOCH, E.W.; WESTLAKE, D.F. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes.

**Hidrologia**, v. 4444, p. 71-84, 2001.

MARCONDES, A.S.M.; TANAKA, R.H. Plantas Aquáticas nos reservatórios das Usinas Hidrelétricas da CESP. In: Workshop Plantas Aquáticas, XXI CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 1997, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: Sociedade Brasileira das Ciências da Planas Daninhas, 1997. p. 2-4.

MARCONDES, A.S.M.; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; TANAKA, R.H.; CARVALHO, F.T.; CAVENAGHI, A.L.; BRONHARA, A.A. Eficiência do fluridone no controle de plantas aquáticas submersas efeitos sobre algumas características ambientais. **Planta Daninha**, v. 20, p. 63-71, 2002. Edição especial.

MITAMURA, O.; HINO, K. Distribution of Biogeochemical constituents in the waters. In: TUNDISI, J.G. (Ed); SAIJO, T. (Ed) **Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Brazilian academy Sciences, 1997, p.97-108.

PITELLI, R.A. Macrófitas aquáticas no Brasil, na condição de problemáticas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. **Anais...** IBAMA, Brasília-DF, 1998. p. 32-35.

PRÍNCIPE, C.R.; KURATANI, H.; MELONI, M.L.B. Impactos da afluência de Elódeas na operação e manutenção da Usina Hidrelétrica Eng. Souza Dias (Jupiá) - CESP. In: Workshop Plantas Aquáticas, XXI CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 1997, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: Sociedade Brasileira das Ciências da Planas Daninhas, 1997. p. 5-8.

**RESOLUÇÃO CONAMA N° 20**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>. Acesso em: 13 jul. 2001.

RIEMER, D.N. Biological aspects of aquatic plants. In: \_\_\_\_\_. **Introduction freshwater vegetation**. Westport, Connecticut, 1984, parte II, p. 47-50.

SAIJO, Y.; MITAMURA, O.; BARBOSA, F.A.R. Chemical studies on sediment of our lakes. In: TUNDISI, J.G. (Ed); SAIJO, T. (Ed) **Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Brazilian academy Sciences, 1997, p.161-167.

SANTOS, S.C.D. **Sobre alguns aspectos do ciclo do fósforo e eutrofização na represa de Barra Bonita, S.P.** São Carlos, 1995. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SMITH, V.H.; TILMAN, G.D.; NEKOLA, J.C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. **Environmental Pollution**, v. 100, p.176-196, 1999.

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. CARDOSO, L.R.; MARTINS, D.; MARCONDES, D.A.S.; MUSTAFÁ, A.L. Ocorrência de Plantas Aquáticas nos Reservatórios da Companhia Energética de São Paulo. **Planta Daninha**, v. 20, p. 99-111, 2002a. Edição especial.

TANAKA, R.H.; VELINI, E.D.; MARTINS, D.; BRONHARA, A.A.; SILVA, M.A.S.; CAVENAGHI, A.L.; TOMAZELA, M.S. 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, 2002b. 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.

THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. A expansão das macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatórios: Um estudo na represa Itaipu. In: R.Henry (Editor). **Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais**, FUNDIBIO: Botucatu-SP, cap. 20, 1999, p. 597-626.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; CALIJURI, M.C.; HENRY, R.; ROCHA, O.; IBÁÑEZ, M.S.R.; NAKAMOTO, N. Limnological survey of lake Anibal. In: TUNDISI, J.G. (Ed); SAIJO, T. (Ed) **Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Brazilian academy Sciences, 1997a, p.441 - 447.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; FUKURA, H.; MITAMURA, O.; GUILLÉN, S.M.; HENRY, R.; ROCHA, O.; CALIJURI, M.C.; IBÁÑEZ, M.S.R.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; GOVONI, S. Limnology of fifteen lakes. In: TUNDISI, J.G. (Ed); SAIJO, T. (Ed) **Limnological studies on the Rio Doce Valley Lakes, Brazil**. Brazilian academy Sciences, 1997b, p.409 - 439.

VAN DUIN, E.H.S.; BLOM, G.; LOS, F.J.; MAFFIONE, R.; ZIMMERMAN, R.; CERCO, C.F.; DORTCH, M.; BEST, E.P.H. Modeling underwater light climate in relation to sedimentation, resuspension, water quality and autotrophic growth. **Hidrologia**, v. 444, p. 25-42, 2001.

VAN NES, E.H.; SHEFFER, M.; VAN DEN BERG, M.S.; COOPS, H. Aquatic macrophytes: restore, eradicate or is there a compromise? **Aquatic Botany**, v. 72, p. 387-403, 2002.

VAN RAIJ, B.(Ed); CANTARELLA, H.(Ed); QUAGGIO, J.A.(Ed); FURLANI, A.M.C. (Ed). Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. **Boletim Técnico nº 100**. 2 ed, Campinas: Instituto Agrônomo / Fundação IAC, 1997. 297p.

VELINI, E.D. Controle mecânico de Plantas Daninhas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, *Anais...* IBAMA, Brasília-DF, 1998. p.32-35.

VELINI, E.D.; CAVENAGHI, A.L.; NEGRISOLI, E.; MARTINS, D.; ARRUDA, D.P.; TRINDADE, M.L.B.; SANTOS, S.C.; SIMIONATO, J.L.A. Avaliação da qualidade de água e sedimento em dez reservatórios dos rios Tietê, Grande, Pardo e Mogi Guaçu. In: Citenel, 2001, **Resumos**. Brasília-DF, 1998. CD-ROM.

VELINI, E.D.; GALO, M.L.B.T.; TRINDADE, M.L.B.; MARTINS, D.; BRONHARA, A.A. 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 das Ciências da Planas Daninhas, 2002. p.610