

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS**  
**NATURAIS**  
**GUILHERME RUAS MEDEIROS**

**DESENVOLVIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES DE MACRÓFITAS**  
**AQUÁTICAS EM ÁREAS ALAGADAS DA REPRESA DO LOBO-BROA (UHE**  
**CARLOS BOTELHO) EM FUNÇÃO DO ESTADO TRÓFICO**

**São Carlos**

**2011**

**GUILHERME RUAS MEDEIROS**

**DESENVOLVIMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES DE MACRÓFITAS  
AQUÁTICAS EM ÁREAS ALAGADAS DA REPRESA DO LOBO-BROA (UHE  
CARLOS BOTELHO) EM FUNÇÃO DO ESTADO TRÓFICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

**Orientador: Prof. Dr. José  
Galizia Tundisi**

**São Carlos**

**2011**

**Guilherme Ruas Medeiros**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

M488dd

Medeiros, Guilherme Ruas.

Desenvolvimento e distribuição de espécies de macrófitas aquáticas em áreas alagadas da represa do Lobo-Broa (UHE Carlos Botelho) em função do estado trófico / Guilherme Ruas Medeiros. -- São Carlos : UFSCar, 2012. 98 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Ecologia aquática. 2. Macrófitas aquáticas. 3. Broa, Represa do (SP). 4. Eutrofização. 5. Distribuição espacial. 6. Nutrientes. I. Título.

CDD: 574.5263 (20<sup>a</sup>)

**Guilherme Ruas Medeiros**

**Desenvolvimento e distribuição de espécies de macrófitas aquáticas em áreas alagadas da represa do Lobo-Broa (UHE Carlos Botelho) em função do estado trófico)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

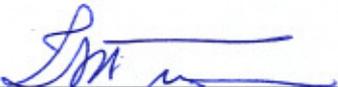
**Aprovada** em 22 de dezembro de 2011

**BANCA EXAMINADORA**

Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Galizia Tundisi  
(Orientador)

1º Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Takako M. Tundisi  
PPGERN/UFSCar

2º Examinador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Donato Seiji Abe  
IIE/São Carlos-SP

**Dedico este trabalho aos meus pais, cujas vidas se propuseram em deixar apenas uma herança: a educação. E aos meus grandes amores Helô e Miguel.**

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido com o auxílio do CNPq através da concessão de bolsa de estudos para o Programa Ecológico de Longa Duração (PELD) Processo nº 382134/2010-9.

Agradeço a todos que de certa forma contribuíram ao desenvolvimento do meu trabalho.

Aos Professores Drs. José Galizia Tundisi e Takako Matsumura-Tundisi, pela sabedoria e conhecimento disseminados ao longo de tantos anos.

Ao José Eduardo Matsumura Tundisi (Edu), pela confiança e oportunidades que me ofereceu.

Aos Drs. Donato Abe e Corina Galli, pela amizade, troca de experiências e conhecimento.

Aos colegas Deyves Grimberg e Fernando Blanco, Karyna Pereira e Valéria Silva, que gentilmente me auxiliaram em campo.

Agradeço ainda ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais da UFSCar, o qual tive o prazer de ser aluno. Programa este formado por excelentes profissionais e Mestres do conhecimento. E aos seus importantes secretários João Augusto da Silva Affonso e Roseli Aparecida Gonçalves.

À minha família que mesmo distante se preocupou em dar apoio aos meus sonhos. À memória do meu pai José Maria Medeiros de Melo. Homem incansável e carinhoso e à minha mãe, eterna lutadora. Estes em especial.

E a todos àqueles que de certa forma contribuíram e participaram do meu dia a dia.

Um enorme abraço.

Obrigado.

## RESUMO

A comunidade de macrófitas aquáticas se constitui como importante componente em ecossistemas lênticos e lóticos, habitando áreas permanentemente alagadas ou sujeitas a inundações. Desta forma o presente estudo caracterizou as áreas alagadas e as possíveis diferenças nas características físicas e químicas dos sedimentos e da água circundante aos estandes das espécies de macrófitas *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata* e *Mayaca fluviatilis* ocorrentes no reservatório do Broa em distintos tributários. Estes vegetais possuem importante papel como fonte de matéria orgânica e dos nutrientes fósforo e nitrogênio contribuindo para uma maior estocagem dos mesmos. A qualidade das amostras de água circundante aos estandes foram influenciadas principalmente pela ação dos ventos ocorridas na amostragem do período seco (agosto de 2010), que contribuíram para o revolvimento da coluna d'água agindo diretamente sobre os estandes. A avaliação do estado trófico do reservatório verificou que os ambientes estudados apresentam diferenças nas concentrações de fósforo na água, onde foi possível identificar uma área alagada hiper-eutrófica próximo ao rio Itaqueri e oligo-mesotrófica nas áreas alagadas formadas pelos Ribeirão do Lobo e Córrego das Perdizes. Constatou-se que os teores de fósforo e nitrogênio apresentam uma distribuição desigual entre as espécies e também entre as suas estruturas, sendo as raízes responsáveis pelo armazenamento de maiores concentrações destes nutrientes.

**Palavras-chave:** macrófitas aquáticas, represa do Lobo (Broa), concentração de nitrogênio e fósforo, estado trófico.

## ABSTRACT

The aquatic macrophyte communities constitutes an important component in lentic and lotic ecosystems, inhabiting areas permanently flooded or subject to flooding. Thus the present study characterized the wetlands and possible differences in physical and chemical characteristics of sediments and water to the surrounding stands of macrophytes *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata* and *Mayaca fluviatilis* occurring in Broa reservoir in different tributaries. These plants play an important role as a source of organic matter and nutrients phosphorus and nitrogen contributing to greater storage of same. The quality of water samples from the surrounding stands were mainly influenced by the wind occurred in the sample of the dry period (August 2010), which contributed to the turning of water column acting directly on the stands. Assessing the trophic state of the reservoir found that the studied environments having different concentrations of phosphorus in the water, where it was possible to identify a hyper-eutrophic wetland near the Itaqueri river and oligo-mesotrophic in Ribeirão do Lobo and Córrego das Perdizes. It was noted that the levels of phosphorus and nitrogen have an unequal distribution among species and also between their structures, the roots being responsible for the storage of higher concentrations of these nutrients.

**Key-words: aquatic macrophytes, Lobo reservoir (Broa), concentration of nitrogen and phosphorus, trophic state.**

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Mapa de localização dos pontos de coleta no reservatório Carlos Botelho (Represa do Broa) – Itirapina-SP. \_\_\_\_\_ 9
- Figura 2 - Valores de precipitação acumulada e temperatura do ar medidos no ano de 2010 no reservatório do Broa. Fonte: Estação meteorológica CRHEA-USP. \_\_\_\_\_ 18
- Figura 3 - Velocidade do vento medida no ano de 2010 no reservatório do Broa \_\_\_\_\_ 19
- Figura 4 - Valores médios de radiação solar medidos no ano de 2010 no reservatório do Broa. Fonte: Estação meteorológica CRHEA-USP. \_\_\_\_\_ 20
- Figura 5- Radiação solar medida na superfície e no fundo da água circundante e sob os estandes de macrófitas aquáticas (com exceção do ponto RES), no reservatório do Broa durante os períodos estudados. \_\_\_\_\_ 21
- Figura 6 - Turbidez em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (REP) nos períodos seco e chuvoso. \_\_\_\_\_ 23
- Figura 7 – Valores de pH das amostras de água nos pontos amostrados no reservatório do Broa durante os períodos estudados. \_\_\_\_\_ 24
- Figura 8 - Alcalinidade em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b e LOB) e no centro da represa (Ponto RES), em local sem macrófitas. \_\_\_\_\_ 25
- Figura 9 – Valores do potencial redox das amostras de água nos pontos amostrados no reservatório do Broa nos períodos de seca e chuva. \_\_\_\_\_ 26
- Figura 10– Concentração de oxigênio dissolvido e temperatura em amostras de água superficial dos pontos amostrados no reservatório do Broa, nos períodos de seca e chuva \_\_\_\_\_ 27
- Figura 11– Demanda bioquímica de oxigênio em amostras de água superficial dos pontos amostrados no reservatório do Broa, nos períodos de seca e chuva. \_\_\_\_\_ 28
- Figura 12 – Condutividade elétrica em amostras de água superficial dos pontos amostrados no reservatório do Broa, nos períodos de seca e de chuva. \_\_\_\_\_ 29
- Figura 13- Concentração do material em suspensão total em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (REP) amostradas nos períodos de seca e chuva. \_\_\_\_\_ 31
- Figura 14 – Percentual de composição orgânica e inorgânica do material em suspensão em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (REP) amostradas no período de seca. \_\_\_\_ 32
- Figura 15 – Percentual de composição orgânica e inorgânica do material em suspensão em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a

quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (REP) amostradas no período chuvoso. \_\_\_33

Figura 16 – Concentração de nitrogênio total kjeldahl em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (REP) amostradas nos períodos de seca e chuva. \_\_\_\_\_34

Figura 17 - Concentração de fósforo total em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos EST, ITA a, ITA b, LOB) e no centro da represa (REP), em local sem macrófitas. \_\_\_\_\_37

Figura 18 - Concentração de fosfato total dissolvido em amostras de água superficial da no reservatório do Broa, junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e no centro do reservatório (RES), em local sem macrófitas. \_\_\_\_\_38

Figura 19 - Concentração de fosfato inorgânico em amostras de água superficial da no reservatório do Broa, junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e no centro do reservatório (RES), em local sem macrófitas. \_\_\_\_\_39

Figura 20 - Índice de Estado Trófico, baseado nas concentrações de fósforo total nas amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos EST, ITA a, ITA b, LOB) e no centro da represa (REP), em local sem macrófitas. \_\_\_\_\_40

Figura 21 – Concentração de clorofila em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos EST, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (REP) amostradas nos períodos de seca e chuva. \_\_\_\_\_41

Figura 22 – Concentração de feoftina em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos EST, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (REP) amostradas nos períodos de seca e chuva. \_\_\_\_\_42

Figura 23 – Concentração de fósforo total em sedimentos da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (Ponto REP) amostrados em agosto (seca) e novembro de 2010 (chuva). \_\_\_\_\_43

Figura 24 – Concentração de nitrogênio total em amostras de sedimentos da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (REP) amostrados em agosto e novembro de 2010. \_\_\_\_\_44

Figura 25 . Análise granulométrica das amostras de sedimentos da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (RES) amostradas nos períodos de seca e de chuva. \_\_\_\_\_45

Figura 26 - Fração de matéria orgânica nas amostras de sedimentos da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos EST, ITA

|   |    |
|---|----|
| a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (REP) amostradas em agosto e novembro 2010.  | 46 |
| Figura 27 – Mapa batimétrico do reservatório do Broa, indicando as áreas alagáveis  | 51 |
| Figura 28 - Mapa de áreas alagadas do Broa.   | 52 |
| Figura 29 - Mapa de distribuição das espécies <i>Nymphoides indica</i> e <i>Pontederia cordata</i> (Fonte:Menezes,1984)   | 53 |
| Figura 30 – Aspecto geral do reservatório do Broa com sua vegetação marginal (Fonte: Strixino, 1973)  | 54 |
| Figura 31 – Mapa de distribuição das espécies <i>Nymphoides indica</i> , <i>Pontederia cordata</i> e <i>Mayaca fluviatilis</i> (Fonte: Camaro, 1984)  | 55 |
| Figura 32 – Imagem do Google Earth de 07 de julho de 2011 do reservatório do Broa, indicado em amarelo os locais avaliados neste estudo com a presença de macrófitas.                                     | 56 |
| Figura 33 – Biomassa média das espécies de macrófitas aquáticas amostradas nos períodos de seca e chuva.  | 57 |
| Figura 34 – Teor de água nas espécies estudadas nos períodos de seca e de chuva   | 58 |
| Figura 35 - Teor de cinzas das espécies estudadas nos períodos de seca e chuva  | 59 |
| Figura 36 - Concentração de nitrogênio em macrófitas aquáticas presentes em áreas alagadas na represa do Lobo (Broa) presentes nos pontos PER, ITA a, ITA b, LOB amostradas nos períodos de seca e chuva. | 61 |
| Figura 37– Concentração média de fósforo total em macrófitas aquáticas (plantas inteiras) nos períodos amostrados.  | 63 |

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Variáveis analisadas, unidade medida e metodologia aplicada em amostras de água circundante aos estandes de macrófitas aquática junto aos pontos PER, ITA a, ITA b e LOB e em local sem vegetação, denominado ponto RES, nos períodos de seca e chuva. \_\_\_\_\_ 11
- Tabela 2. Variáveis analisadas, unidade medida e metodologia aplicada em amostras de macrófitas aquática presentes em estandes nos pontos EST, ITA a, ITA b e LOB. \_\_\_\_\_ 18
- Tabela 3. Concentrações de nitrito, nitrato e amônio em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos EST, ITA a, ITA b, LOB) e no centro do reservatório (Ponto RES), em local sem macrófitas, coletadas em agosto e novembro de 2010. \_\_\_\_\_ 37
- Tabela 4. Histórico do Índice de Estado Trófico para o reservatório do Broa\_ 42
- Tabela 5 – Área de ocupação de algumas espécies de macrófitas aquáticas no reservatório do Broa \_\_\_\_\_ 52
- Tabela 6 – Concentrações de nitrogênio em diferentes partes das plantas avaliadas nos períodos de seca e de chuva \_\_\_\_\_ 64
- Tabela 7 - Concentração de fósforo total na planta inteira e em partes das espécies estudadas no reservatório do Lobo/nos períodos de agosto e novembro de 2010. \_\_\_\_\_ 65
- Tabela 8 - Estudos que indicam as concentrações de fósforo total em plantas inteiras e em suas estruturas. \_\_\_\_\_ 67

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 1  |
| 2. OBJETIVOS .....  | 6  |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 7  |
| 3.1. Área de Estudo .....   | 7  |
| 3.2. Pontos de coleta e períodos amostrados .....                                 | 8  |
| 3.3. Análise da qualidade da água em termos de parâmetros físicos e químicos..... | 10 |
| 3.4. Caracterização dos Sedimentos .....  | 15 |
| 3.5. Caracterização das Macrófitas Aquáticas .....                                | 16 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 18 |
| 4.1. Condições climáticas predominantes.....                                      | 18 |
| 4.1.1. Precipitação e temperatura.....  | 18 |
| 4.1.2. Velocidade do vento.....   | 19 |
| 4.1.3. Radiação solar .....   | 20 |
| 4.2. Qualidade da água .....  | 22 |
| 4.2.1. Profundidade e transparência da água.....                                  | 22 |
| 4.2.2. Turbidez .....   | 22 |
| 4.2.3. pH e Alcalinidade.....   | 23 |
| 4.2.4. Potencial Redox.....   | 25 |
| 4.2.5. Oxigênio dissolvido e temperatura da água.....                             | 26 |
| 4.2.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio .....                                       | 28 |
| 4.2.7. Condutividade .....  | 29 |
| 4.2.8. Material em Suspensão.....   | 30 |
| 4.2.9. Série Nitrogenada.....   | 33 |
| 4.2.10. Série Fosfatada .....   | 37 |
| 4.2.11. Índice de Estado Trófico .....  | 39 |
| 4.2.12. Clorofila e Feoftina .....  | 41 |
| 4.3. CARACTERIZACAO DOS SEDIMENTOS.....   | 42 |
| 4.3.1. Fósforo total.....   | 42 |
| 4.3.2. Nitrogênio total.....  | 43 |
| 4.3.3. Granulometria .....  | 45 |
| 4.3.4. Teor de matéria orgânica no sedimento .....                                | 46 |
| 4.4. CARACTERIZAÇÃO DAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS .....                                | 48 |
| 4.4.1. Área de ocupação das macrófitas aquáticas .....                            | 48 |

|   |    |
|---|----|
| 4.4.2. Biomassa e teor de água .....                      | 57 |
| 4.4.2. Teor de Cinzas.....                                | 59 |
| 4.4.3. Nitrogênio e Fósforo em macrófitas aquáticas ..... | 60 |
| 5. CONCLUSÕES.....  | 68 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                       | 69 |
| APÊNDICE A - Tabelas.....                                 | 78 |
| APÊNDICE B - Figuras.....                                 | 91 |



## 1. INTRODUÇÃO

Macrófitas aquáticas são plantas cujas partes fotossinteticamente ativas estão permanentemente, ou por alguns meses, a cada ano, submersas ou flutuantes, e visíveis ao olho nu (COOK, 1974), sendo também denominadas de hidrófitas (MARTINS e CARAUTA, 1984). De acordo com ESTEVES (1998) estes vegetais, durante a evolução retornaram ao ambiente aquático, incluindo desde macroalgas a angiospermas.

A forma de vida ou forma biológica é o seu hábito (morfologia e modo de crescimento) considerado em relação à superfície da água podendo serem classificadas desta forma (IRGANG *et al*, 1984):

- Anfíbia ou semi-aquática: capazes de viver bem tanto em áreas alagadas como fora da água. Geralmente modificam a sua morfologia quando ocorre em seu habitat, variação do nível da água.
- Emergente: enraíza no fundo estando parcialmente dentro e fora da água.
- Flutuante fixa: enraizada no fundo, com parte de sua estrutura sobre a água.
- Flutuante livre: não enraizada, podendo ser movidas por força dos ventos, correnteza
- Submersa fixa: enraizadas no fundo e submersas.
- Submersa livre: não enraizadas e totalmente submersas.
- Epífitas: aquelas que se instalam sobre outras plantas aquáticas

A vegetação aquática é um importante componente na regulação da estrutura biológica de um lago via zona litoral especialmente em rasos lagos eutrofizados (TIMMS e MOSS 1984).

As comunidades de macrófitas aquáticas preferencialmente habitam as zonas litorâneas e margens de lagos e rios, e na foz dos mesmos onde predominam os processos de acumulação de nutrientes e em áreas rasas. As espécies submersas podem ser encontradas em profundidades limites a extinção da zona fótica.

A zona litoral de lagoas podem ser consideradas áreas de múltiplas interações entre organismos como zooplâncton-peixes, presa-predador, fatores bióticos e abióticos formando um ciclo contínuo em tempo e espaço, influenciando em todo o ecossistema (NURMINEM, 2003).

Ao colonizar ambientes brejosos e margens de lagos, essas plantas contribuem, através de seu sistema radicular e de rizomas, para a retenção de sedimentos e de matéria orgânica (AMARAL *et al*, 2008). Podem também contribuir para a remoção de nutrientes de ambientes eutrofizados (BOYD, 1970).

A formação de um reservatório artificial resulta da criação de um ambiente propício para a colonização de macrófitas aquáticas de diferentes formas biológicas (BIANCHINI JR., 2003). O barramento das águas fluviais favorece o acúmulo de nutrientes, o que propicia um crescimento acelerado dessas plantas, ao mesmo tempo que a diminuição da velocidade de corrente contribui para a manutenção de bancos de macrófitas.

As macrófitas aquáticas que compõem os ecossistemas aquáticos continentais são responsáveis por uma significativa parcela na estocagem de energia e matéria orgânica. Estes vegetais apresentam adaptações que permitem seu crescimento em um gradiente que compreende desde solos saturados até submersos na coluna d'água (ESTEVES, 1998; BIANCHINI JR. *et al.*, 2002; CAMARGO *et al.*, 2003), sendo encontrados principalmente nas margens e nas áreas mais rasas de rios, lagos e reservatórios. São ainda componentes importantes dos corpos hídricos, pois proporcionam locais para reprodução, alimentação e proteção para organismos aquáticos, incluindo peixes, aves e insetos e auxiliam na proteção e estabilização das margens, entre outras funções (MURPHY, 1988; ESTEVES, 1998).

Estes vegetais possuem ainda importante papel na estocagem e ciclagem de nutrientes, servindo como fonte de matéria orgânica autóctone e regulando a qualidade da água no ecossistema, contribuindo no fornecimento de elementos como fósforo, nitrogênio e carbono ao sistema através dos processos de decomposição e excreção. De acordo com HELBING *et al* (1986) as concentrações de nutrientes liberados a partir da decomposição da espécie *Nymphoides indica*, presentes na represa do Broa, influenciam a eutrofização deste reservatório.

A distribuição e a abundância das macrófitas aquáticas são determinadas, entre outros fatores, pela composição dos sedimentos, turbidez das águas, disponibilidade de nutrientes e ação dos herbívoros. O alto potencial de crescimento desses vegetais, aliado às altas temperaturas e às condições nutricionais favoráveis, comuns em muitos ecossistemas aquáticos, indicam a relevância das macrófitas aquáticas como fontes de detritos. Nas regiões tropicais, com freqüência, têm-se

verificado intensos desenvolvimentos de macrófitas aquáticas (BIANCHINI JR., 2003).

Devido ao excessivo desenvolvimento de macrófitas aquáticas, alguns reservatórios já apresentaram problemas operacionais e restrições nos seus usos (THOMAZ & BINI, 1999). A intensa proliferação de macrófitas aquáticas produz elevada quantidade de matéria orgânica, a qual, quando se decompõe, libera nutrientes para o ambiente, aumentando, conseqüentemente, a velocidade do processo de fertilização das águas. Em reservatórios, particularmente, outros efeitos decorrentes da presença excessiva de macrófitas podem ser relacionados, e dentre os mais relevantes destacam-se: o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), em conseqüência da morte e decomposição das plantas; alteração nas taxas de trocas gasosas entre o ambiente aquático e a atmosfera; a interferência na produção primária fitoplanctônica e nos demais níveis tróficos; a formação de ambiente favorável para o crescimento de insetos e moluscos com implicação médicosanitária; o incremento da evapotranspiração; a interferência na operação dos sistemas geradores de energia das usinas hidrelétricas pela necessidade de remoção periódica de biomassa vegetal acumulada nas grades de proteção das tomadas d'água; a redução do potencial de usos múltiplos, devido às interferências em atividades como: navegação pesca, natação, esportes náuticos e outras atividades de lazer; e a retenção de nutrientes, tais como o nitrogênio e o fósforo (CUNHA-SANTINI e BIANCHINI Jr., 2011; ESTEVES, 1998) .

Assim verificado, destacam-se as áreas alagadas como o habitat preferencial de colonização destes vegetais, possuindo assim grande importância ao ecossistema em geral. TUNDISI *et al* (1999) consideram as áreas alagadas como importantes compartimentos associados aos reservatórios, com relevante papel na reposição de peixes, eliminação de nitrogênio, retenção de metais pesados e fósforo e aumento da biodiversidade.

As macrófitas aquáticas localizadas nas zonas litorâneas e margens são responsáveis pela síntese de matéria orgânica, contribuindo de modo significativo para a produção e regulação do metabolismo de todo o ecossistema aquático, além de possuírem um importante papel na produção de matéria orgânica e na organização espacial do ambiente (WETZEL, 1993).

A capacidade adaptativa destes organismos em face às alterações ambientais propicia a dispersão e colonização de certas espécies de macrófitas aquáticas, sendo potenciais indicadores da qualidade ambiental. A sua distribuição é determinada, entre outros fatores, pela composição dos sedimentos, turbidez das águas, disponibilidade de nutrientes e ação de herbívoros. Nos ambientes aquáticos tropicais, em geral, as condições climáticas tendem a favorecer o crescimento desses organismos; dentre elas citam-se: as altas temperaturas médias e as intensas radiações solares. Além desses fatores, ocorrem ainda, pressões antrópicas que podem induzir o aparecimento de condições adequadas para o desenvolvimento desses vegetais, tais como a construção de reservatórios artificiais e a eutrofização (THOMAZ e BINI, 2003).

O grau com que as macrófitas aquáticas influenciam os sistemas aquáticos é proporcional à sua biomassa, dependendo das espécies de plantas e de fatores físicos e químicos do ambiente (turbidez, temperatura, pH, concentrações de fósforo e outros nutrientes, etc.). Os dados de biomassa de macrófitas aquáticas têm sido utilizados com diversas finalidades destacando-se a avaliação de alterações temporais e identificação de fatores ambientais que determinam tais alterações e a avaliação do potencial de causar prejuízo aos usos múltiplos do ecossistema, no caso de espécies daninhas e caracterizar suas distribuições em diferentes escalas espaciais.

Densas populações de macrófitas flutuantes ou com raízes resultam em redução da penetração de luz no ambiente subaquático. A intensa proliferação produz elevada biomassa que, ao se decompor, acelera a liberação do fósforo, de nitrogênio, aumentando o consumo de oxigênio dissolvido. Nesse processo, as taxas de sedimentação e colmatação de lagos são intensificadas, em virtude da concentração de sedimento que produzem, principalmente em regiões de baixa declividade.

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

nível de água, interferindo na estrutura e na composição da comunidade de macrófitas aquáticas (TUNDISI, 1985).

A qualidade da água de um reservatório, além de apresentar características específicas em função dos processos relativos ao ciclo de vida das macrófitas aquáticas, esta constantemente sujeitas a alterações das condições físicas, ambientais e meteorológicas nos planos temporais e espaciais.

Diante das considerações descritas, esta pesquisa procurou verificar possíveis alterações e contribuições, bem como algumas características de espécies de macrófitas aquáticas presentes no reservatório Carlos-Botelho, também denominado Represa do Broa. Este reservatório se localiza no município de Itirapina, no estado de São Paulo, e é local de inúmeros estudos ecológicos envolvendo diversas comunidades aquáticas, a sua hidrodinâmica, dentre outros.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo principal identificar as características físicas, químicas dos sedimentos e água das áreas alagadas colonizadas por macrófitas aquáticas em um reservatório raso bem como algumas características intrínsecas de algumas espécies desta classe de organismos.

Para isso, esta dissertação tem os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar as condições físicas, químicas da água e sedimentos colonizados por espécies de macrófitas aquáticas.
- Avaliar as características químicas de espécies de macrófitas aquáticas no reservatório do Broa, envolvendo concentrações de fósforo e nitrogênio, teor de cinzas e biomassa.
- Verificar possíveis diferenças entre as espécies *Mayaca fluviatilis*, *Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata* em armazenar nitrogênio e fósforo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudo

Este estudo foi desenvolvido reservatório do Lobo (Broa) que se localiza entre os municípios de Brotas e Itirapina, na região central do Estado de São Paulo (22° 15` S, 47° 40` W).

Construído em 1963, este reservatório teve como a finalidade de fornecimento de energia elétrica (TUNDISI, 2003). Atualmente ele é utilizado pela população para fins recreacionais, desportivos e de pesca amadora, além de estar localizado em uma área com usos distintos de solo, como reflorestamento de *Pinus*.

O reservatório insere-se na sub-bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo, afluente do rio Jacaré-Guaçu, o qual é tributário da margem direita do rio Tietê. A bacia hidrográfica do reservatório é formada por um conjunto de pequenos rios com padrão dendrítico (TUNDISI, 1986). A rede hidrográfica do Reservatório do Lobo origina-se pelo recebimento da água do Ribeirão do Lobo e do Rio Itaqueri (com os afluentes ribeirão da Água Branca e córrego do Limoeiro) e pelos córregos do Geraldo, das Perdizes, Água Branca/Limoeiro e Ribeirão da Onça (este último fluindo diretamente para a represa) (DELELLO, 2008), sendo que 80% de toda a água que entra no reservatório provem do rio Itaqueri e Ribeirão do Lobo.

O reservatório Carlos Botelho (Lobo-Broa) é considerado raso e responde com completa mistura da coluna de água por estresses do vento de 5 a 10 Km/h. O tempo de residência médio da água no reservatório é em media de 20 dias.

O reservatório pode ser dividido em dois compartimentos distintos: o compartimento superior com maior concentração de macrófitas e mais raso, e um inferior, mais profundo, bem misturado e verticalmente homogêneo (TUNDISI, 1986). A direção do vento é predominantemente associada ao eixo norte-sul, produzindo turbulências no período de final de tarde durante todo o ano, gerando uma coluna de água bem misturada contendo quantidades adequadas de oxigênio dissolvido através da coluna de água (CHALAR e TUNDISI, 1999).

No final da década de 80, as águas do Broa eram classificadas em um sistema oligo-mesotrófico (Tundisi, 1988), porém em estudos recentes tem se verificado um maior aporte de nutrientes, refletindo alterações na qualidade da água, com aumento do grau de trofia, como modificações na composição e diversidade da comunidade de macrófitas (TUNDISI, 2003; ARGENTON, 2003).

### 3.2. Pontos de coleta e períodos amostrados

Foram selecionados 5 pontos de coleta distribuídos da seguinte forma (Figura 1):

- Ponto **PER**, localizado no Córrego das Perdizes, onde apresenta um pequeno barramento, junto ao reservatório do Broa, estando localizado junto a um condomínio residencial.
- Os Pontos **ITA a** e **ITA b** situados junto a área alagada formada pela contribuição do rio Itaqueri ao reservatório, em sua porção sul;
- Ponto **LOB**, localizado na área alagada do Ribeirão do Lobo e o
- Ponto **RES**, localizado mais ao centro do reservatório, distando aproximadamente 500 a 1000 metros das demais áreas e sem a presença de macrófitas aquáticas.

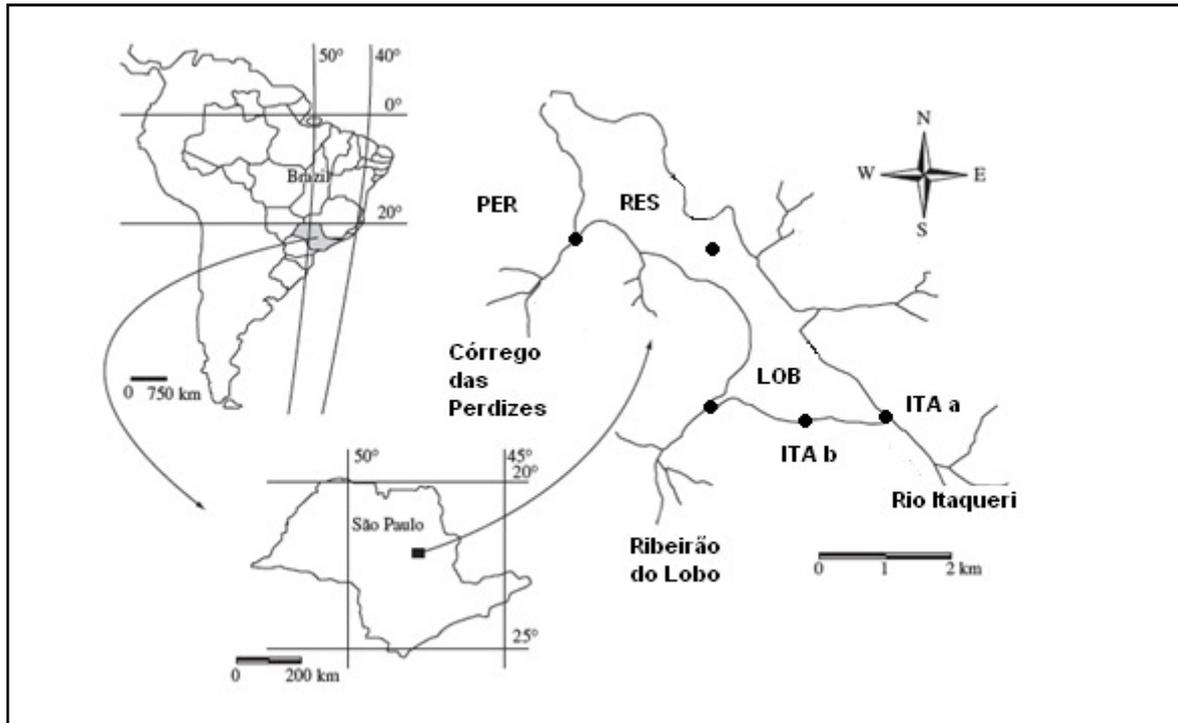


Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de coleta no reservatório Carlos Botelho (Represa do Broa) – Itirapina-SP. (Fonte: TUNDISI et al, 2003).

A escolha destas áreas baseou-se em regiões onde era possível observar o desenvolvimento maciço e homogêneo das espécies *Mayaca fluviatilis* (Ponto PER), *Salvinia auriculata* (Pontos ITA a e LOB) e *Eicchornia crassispes* (Ponto ITA b). Selecionou-se também o Ponto RES, que não apresenta espécies de macrófitas aquáticas, de forma a verificar diferenças entre uma área alagada e o reservatório. A amostragem de macrófitas deu-se nos estandes visualmente mais abundantes nos pontos onde, conjuntamente, foram coletadas amostras da água circundante e dos sedimentos.

As coletas foram realizadas em agosto e novembro de 2010 representando as estações de seca e de chuva respectivamente.

### **3.3. Análise da qualidade da água em termos de parâmetros físicos e químicos.**

Foram tomadas amostras de água circundante aos estandes de macrófitas aquáticas (Pontos PER, ITA a, ITA b e LOB) e na região central do reservatório (Ponto RES). A Tabela 1 apresenta os parâmetros avaliados em amostras de água coletadas, bem como a unidade de medição expressa neste trabalho e a metodologia utilizada.

**Tabela 1.** Variáveis analisadas, unidade medida e metodologia aplicada em amostras de água circundante aos estandes de macrófitas aquática junto aos pontos PER, ITA a, ITA b e LOB e em local sem vegetação, denominado ponto RES, nos períodos de seca e chuva.

| Variável  | Unidade                                   | Método - Equipamento                     | Referências                          |
|---|---|--|--------------------------------------|
| Profundidade máxima ( $Z_{m\acute{a}x}$ )         | m   | Profundímetro                            | -                                    |
| Profundidade máxima do Disco de Secchi $Z_{ds}$   | m   | Disco de Secchi                          | -                                    |
| Temperatura do ar ( $T_{ar}$ )                    | °C  | Termômetro                               | -                                    |
| Temperatura da água ( $T_{\acute{a}gua}$ )        | °C  | Sonda (Termometro digital)               | -                                    |
| Condutividade elétrica (CE)                       | $\mu\text{S/cm}$                          | Sonda (Potenciométrico)                  | -                                    |
| Alcalinidade                                      | $\text{mg L}^{-1}$                        | Titulação Potenciométrica                | CETESB, 1978 (L5.102)                |
| Oxigênio dissolvido (OD)                          | $\text{mg L}^{-1}$                        | Sonda (Polarográfico)                    | -                                    |
| % de saturação de OD                              | %sat                                      | Sonda                                    | -                                    |
| pH  | -   | Sonda (Potenciométrico)                  | -                                    |
| Potencial redox (POR)                             | mV  | Sonda                                    | -                                    |
| Clorofila-a                                       | $\mu\text{g L}^{-1}$                      | Espectrofotométrico e Sonda              | CETESB, 1978 (L5.306)                |
| Sólidos Totais Dissolvidos                        | $\text{g L}^{-1}$                         | Sonda                                    | -                                    |
| Turbidez  | UNT                                       | Sonda (Turbidímetro)                     | -                                    |
| Material em Suspensão                             | $\text{mg L}^{-1}$                        | Gravimetria                              | CETESB, 1978 (L5.149)                |
| Demanda bioquímica de oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ) | $\text{mg L}^{-1}$                        | Polalográfico                            | APHA; AWWA; WPCF, 1998               |
| Carbono total dissolvido (CTD)                    | $\text{mg L}^{-1}$                        | Combustão e detecção em infravermelho    | -                                    |
| Metais  | $\text{mg.L}^{-1}$                        | Espectrofotométrico                      | APHA; AWWA; WPCF, 1998 - Método 3110 |
| Nitrogênio Total                                  | $\text{mg.L}^{-1}$                        | Destilador                               | GOLTERMAN, 1978                      |
| Fósforo Total (P-total)                           | $\mu\text{g L}^{-1}$                      | Espectrofotométrico                      | STRICKLAND; PARSONS, 1960            |
| Íons  | $\mu\text{g L}^{-1}$ e $\text{mg.L}^{-1}$ | Espectrofotométrico - Analizador de Íons | -                                    |

Em campo foram tomadas as medidas de profundidade dos locais amostrados, temperatura do ar, velocidade do vento e profundidade máxima do disco de Secchi (transparência da água). Foram também verificadas as condições ambientais predominantes nos períodos de coleta estudados através da avaliação da radiação solar superficial e subaquática.

#### – **Radiação Solar**

A radiação solar fotossinteticamente ativa, incidente e subaquática ( $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) foi determinada *in situ* com o radiômetro (Quanta Meter Li-Cor, modelo LI 193), cuja faixa de sensibilidade está entre 400 e 700 nm. Foram realizadas medições da radiação solar incidente, na água circundante e sob os estandes de macrófitas aquáticas nos pontos amostrados.

#### – **Medições *in situ***

Para as medições *in situ*, utilizou-se sonda de múltiplas medições da Marca Yellow Spring, onde foram determinados o pH, condutividade, temperatura da água, potencial redox, sólidos totais dissolvidos e oxigênio dissolvido em amostras de água circundante aos estandes nos pontos PER, ITA a, ITA b e LOB, e também em área sem a presença de vegetação aquáticas, localizada mais ao centro do reservatório, denominado ponto RES. Para os demais ensaios, alíquotas de 5 litros de água foram tomadas e conservadas em caixas térmicas a 4° C e no escuro até o seu processamento em laboratório, onde foram realizados os seguintes procedimentos:

#### – **Oxigênio dissolvido e Demanda bioquímica de oxigênio**

Para a determinação da concentração de oxigênio dissolvido na água, utilizou-se o método Winkler (Golterman et al, 1978), por titulação com tiosulfato de sódio.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5 dias</sub>) foi medida através da incubação da amostra e sua leitura após 5 dias, sendo então subtraído da concentração inicial do oxigênio dissolvido.

– **Clorofila a e feoftina**

As amostras de água para a determinação de clorofila e feoftina foram filtradas em ambiente escuro com filtros GF/F da marca Wattman com com diâmetro de 47 mm. Após filtração de volume conhecido, os filtros foram colocados em tubos de ensaios com etanol 80% e postos em banho-maria a 75° C, por 5 minutos para depois sofrerem um choque térmico. A solução foi então lida em espectrofotômetro em comprimentos de onda 665 nm. Para a determinação da feoftina, as amostras foram acidificadas em ácido clorídrico 0,5 N e posteriormente a leitura realizada em comprimentos de onda de 665 nm e 750 nm.

– **Alcalinidade**

Para o ensaio de alcalinidade, foi utilizado 50 mL da amostra de água e titulada com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,01 N até o pH atingir 4,35 mL. A alcalinidade é calculada em termos de carbonato. O resultado expresso em mili-equivalentes por litro (meq/L) pode ser convertido para mg/L, multiplicando o resultado obtido por 50 ( peso molecular do CaCO<sub>3</sub>, dividido pela carga do Ca <sup>(+2)</sup>).

– **Material em suspensão**

Os filtros foram calcinados em cadinhos previamente pesados a 480<sup>0</sup> C em mufla durante 1 hora e transferidos para dessecador. As amostras foram filtradas e os filtros levados a estufa por 24 horas a uma temperatura de 60<sup>0</sup>C e posteriormente pesados. Em seguida levados novamente à mufla, a uma temperatura 480<sup>0</sup> C por período de uma hora. As diferenças entre os pesos nas distintas etapas determinam a concentração do material em suspensão orgânico e inorgânico presentes na água.

– **Nitrogênio Total Kjeldal**

A concentração Nitrogênio Total Kjeldal foi determinada de acordo com GOLTERMAN et al. (1978), onde utilizou-se 30 mL da amostra adicionado a 1,0 mL de sulfato de cobre 10% e 2,5ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado e digerido a 300° C. Após a digestão a amostra passa pelo processo de destilação sendo adicionado 50 ml de água destilada e 20 ml de NaOH 40% e o destilado coletado em 20 mL de ácido bórico e titulado com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 N até o pH atingir 4,20.

#### – **Fósforo Total**

A amostra sem filtração prévia é digerida com um oxidante adequado (persulfato de potássio) que converte o fosfato orgânico em íons ortofosfatos; em solução ácida, o íon ortofosfato forma um complexo amarelo com o molibdato, o qual é reduzido a um complexo azul pelo ácido ascórbico; os íons antimônio são utilizados para estimular esta redução.

Para o ensaio de fósforo total na água, utilizou-se o procedimento descrito por VALDERRAMA (1981), onde utiliza-se 30 mL da amostra e adicionado 5 mL de reagente de oxidação (NaOH 1M, K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> ). Após autoclavagem, adiciona-se o reagente misto, composto de tartarato de antimônio e potássio, molibdato de amônia, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e ácido ascórbico. A solução resultante é então lida no espectrofotômetro a um comprimento de onda de 882 nm.

#### – **Fosfato Total dissolvido**

Foi determinado segundo a metodologia descrita por Strickland e Parsons (1960), que consiste na digestão oxidativa com persulfato, em autoclave, a 120°C, durante uma hora, sendo então determinado espectrofotometricamente a um comprimento de onda de 882 nm.

#### – **Fosfato inorgânico dissolvido**

Realizado de acordo com Strickland e Parsons (1960) e leitura a 882 nm.

– **Carbono dissolvido**

Utilizou-se o método de combustão a alta temperatura e leitura em infravermelho através de um analisador de carbono de acordo com o *Standard Methods*, método 5310 B.

– **Íons**

A avaliação dos íons foi realizada de acordo com o método 4110 B do *Standard Methods*, por cromatografia.

### **3.4. Caracterização dos Sedimentos**

Os sedimentos foram coletados junto aos estandes de macrófitas, onde é possível a deposição do material em estado de senescência. Os sedimentos foram amostrados cuidadosamente com o auxílio de um draga Eckman-Birge e um "corer" de 7 cm de diâmetro. Em laboratório, as amostras foram homogeneizadas, previamente secas a 60°C (WESTLAKE, 1963) e maceradas para a determinação das concentrações de fósforo e nitrogênio totais, granulometria (método gravimétrico) e o teor de cinzas por incineração.

– **Granulometria**

O método utilizado foi a norma ABNT/NBR 7181 de 1984 – Solos: Análise granulométrica. As amostras foram previamente secas e maceradas. Com o auxílio de um agitador, utilizou-se peneiras com aberturas de tela de 0,85 a 0,004 mm onde foi possível separar o sedimento em frações, determinando a sua composição em areias muito grossa, grossa, média, fina e muito fina, silte e argila. As frações de silte e argila passaram pelo processo de sedimentação com defloculante oxalato de sódio. Os resultados estão expressos em porcentagem.

#### – Nitrogênio Total

Determinou-se a concentração do Nitrogênio Total Kjeldahl de acordo com GOLTERMAN et al. (1978) utilizando-se 1,0 g da amostra de sedimento previamente seca e macerada.

#### – Fósforo Total

Utilizou-se o procedimento descrito em Valderrama (1981).

#### – Matéria orgânica

Para a determinação o teor de matéria orgânica dos sedimentos foi seguido o método modificado Walkley-Black (EMBRAPA, 1999), as amostras foram secas e pesadas em cadinhos, onde são levadas à mufla a uma temperatura de 550°C por período de 2 horas. A diferença entre os pesos inicial e final determinam a quantidade de matéria orgânica nas amostras de sedimento, expresso aqui em porcentagem.

### 3.5. Caracterização das Macrófitas Aquáticas

Para a amostragem dos exemplares de macrófitas aquáticas foram selecionados 4 estandes de macrófitas localizados nos seguintes corpos de água que compõem a represa do Broa, compostos predominantemente pelas espécies *Mayaca fluviatilis*, *Eichhornia crassipes*, e *Salvinia auriculata*. Os estandes foram georeferenciados e a área de ocupação medida.

Nos quatro pontos de coleta foi amostrada a espécie mais abundante. No ponto PER foi coletada a espécie *Mayaca fluviatilis*. A espécie *Salvinia auriculata* foi amostrada nos pontos de coleta ITA a e LOB, localizados no rio Itaqueri e Ribeirão do Lobo respectivamente, afim de verificar possíveis diferenças na mesma espécie, em dois ambientes. No ponto ITA b, localizado também na área alagado do Broa, foram amostrados estandes de *Eichhornia crassipes*.

Para a avaliação da biomassa dos vegetais, utilizou-se parcelas quadradas de 0,0625 m<sup>2</sup> (WETZEL e LIKENS, 1991), sendo amostrados 10 quadrados por banco de macrófita (THOMAZ et al., 2004). Todo material coletado foi lavado em água corrente para remoção de restos de sedimento, algas perifíticas e materiais particulados aderidos às plantas. As plantas foram separadas em frações viva e morta, e as suas estruturas em lâmina, pecíolo, raiz, flor e fruto. O material então foi seco em estufa a 60 °C até obtenção de peso constante, de modo que compostos voláteis não sejam perdidos por conta de altas temperaturas. Desta forma, a biomassa por unidade de área em cada ponto amostral foi expressa em gramas de peso seco por metro quadrado (gPS. m<sup>-2</sup>).

Para a avaliação da proporção de conteúdo orgânico presente nas macrófitas aquáticas, frações dos vegetais foram calcinados a 550 °C por 1 hora (POMPÊO, 1999).

**Tabela 2.** Variáveis analisadas, unidade medida e metodologia aplicada em amostras de macrófitas aquática presentes em estandes nos pontos PER, ITA a, ITA b e LOB.

| Variável                | Unidade              | Método -<br>Equipamento        | Referências                         |
|-------------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Nitrogênio Total        | mg.g <sup>-1</sup>   | Destilador                     | GOLTERMAN, 1978                     |
| Fósforo Total (P-total) | mg.g <sup>-1</sup>   | Espectrofotométrico            | STRICKLAND;<br>PARSONS, 1960        |
| Biomassa                | g PS.m <sup>-2</sup> | Quadrado                       |                                     |
| Peso de cinzas          | %                    | Incineração a 550°<br>em mufla | POMPÊO e MOSCHINI-<br>CARLOS (2004) |

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Condições climáticas predominantes

#### 4.1.1. Precipitação e temperatura

O clima na área onde o Reservatório do Broa se localiza é predominantemente marcado por um período de inverno seco que vai de maio a outubro e verão úmido, entre novembro a abril. As coletas realizadas em agosto e novembro de 2010 apresentaram duas condições climatológicas distintas.

A Figura 2 apresenta o gráfico de precipitação e temperatura do ar ao longo do ano de 2010, medidos na estação meteorológica localizada no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Universidade de São Paulo (CRHEA/USP, 2010), na área do reservatório do Broa. Os meses de janeiro e dezembro apresentaram maior precipitação e temperaturas médias mais elevadas. Entre maio e agosto de 2010, foram caracterizados por menores precipitações e temperatura, sendo que em agosto de 2010, não ocorreram chuvas na região.

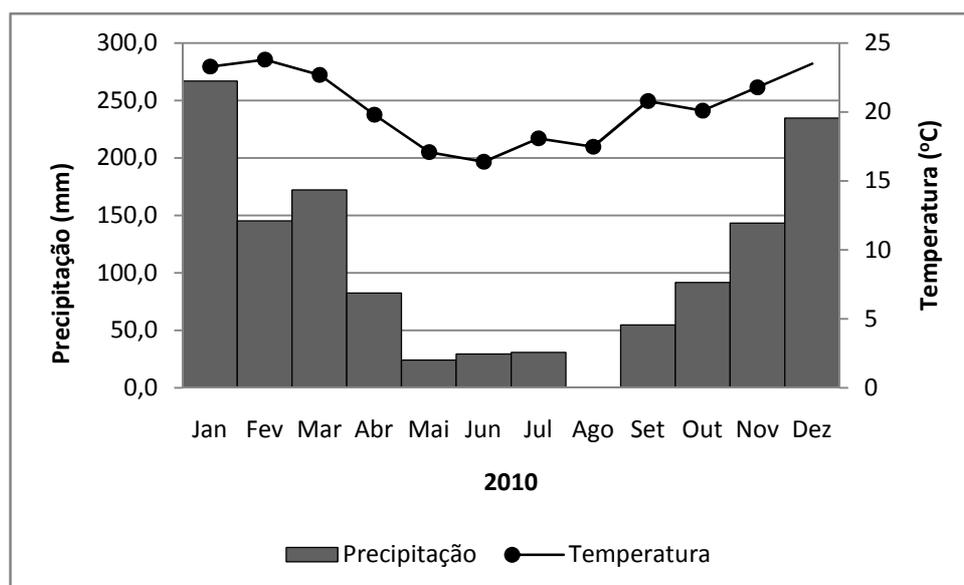


Figura 2– Valores de precipitação acumulada e temperatura do ar medidos no ano de 2010 no reservatório do Broa. (Fonte: Estação meteorológica CRHEA-USP).

#### 4.1.2. Velocidade do vento

Conforme indicado no gráfico da Figura 3, os ventos se tornaram mais fortes a partir do mês de agosto de 2010, no entanto, no momento das coletas verificaram duas condições distintas no reservatório. Na amostragem realizada em agosto de 2010 a ação dos ventos era intensa, alcançando  $4,22 \text{ m.s}^{-1}$ , que por sua vez foram responsáveis pela formação de pequenas ondas no reservatório e que agiam sobre os estandes de macrófitas localizadas, sobretudo na área alagada do rio Itaqueri por estar em uma área aberta, sem a proteção de cobertura vegetal. Durante a amostragem realizada em novembro do mesmo ano, praticamente não havia forças dos ventos agindo nos locais coletados. Segundo Tundisi (1977) a ação dos ventos é uma das principais funções de força no ciclo estacional no reservatório do Broa, sendo importante agente na ressuspensão de sedimentação e regeneração de nutrientes.

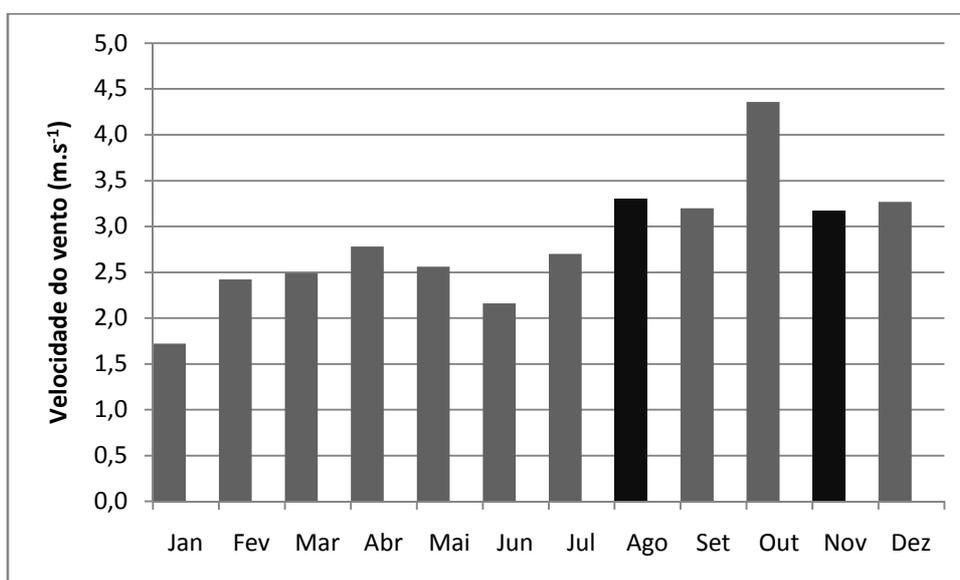


Figura 3 – Velocidade média do vento medida no ano de 2010 no reservatório do Broa. Fonte: Estação meteorológica CRHEA-USP.

### 4.1.3. Radiação solar

A Figura 4 apresenta a radiação solar média mensal no reservatório do Broa, sendo que os maiores valores foram registrados em fevereiro ( $467,92 \mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) e novembro ( $465,3 \mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) de 2010, e as menores nos meses de junho ( $268,0 \mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) e julho ( $271,07 \mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ). A radiação solar, de forma similar às condições de precipitação e temperatura apresentam-se mais elevadas nos períodos mais chuvosos e de dias mais longos.

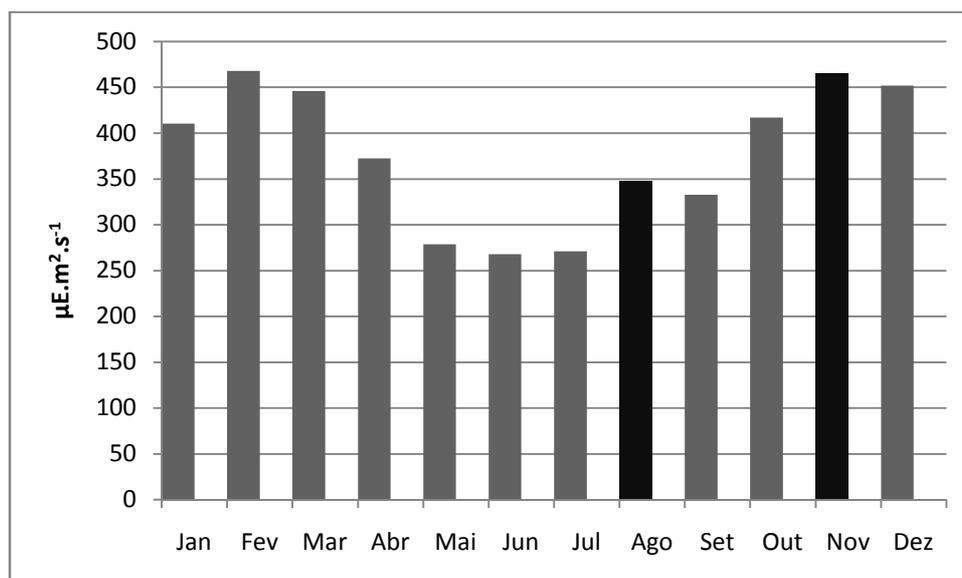


Figura 4— Valores médios de radiação solar medidos no ano de 2010 no reservatório do Broa. Fonte: Estação meteorológica CRHEA-USP.

A radiação solar incidente pode variar muito em pequeno intervalo de tempo devido principalmente às condições predominantes nos momentos das medições, como hora do dia e nebulosidade, o que explica as variações entre os pontos nos períodos de coleta.

A Figura 5, apresenta as medições realizadas nos pontos de coleta junto aos estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a , ITA b, LOB) e mais ao centro do reservatório (Ponto RES), local este não colonizados pelos vegetais.

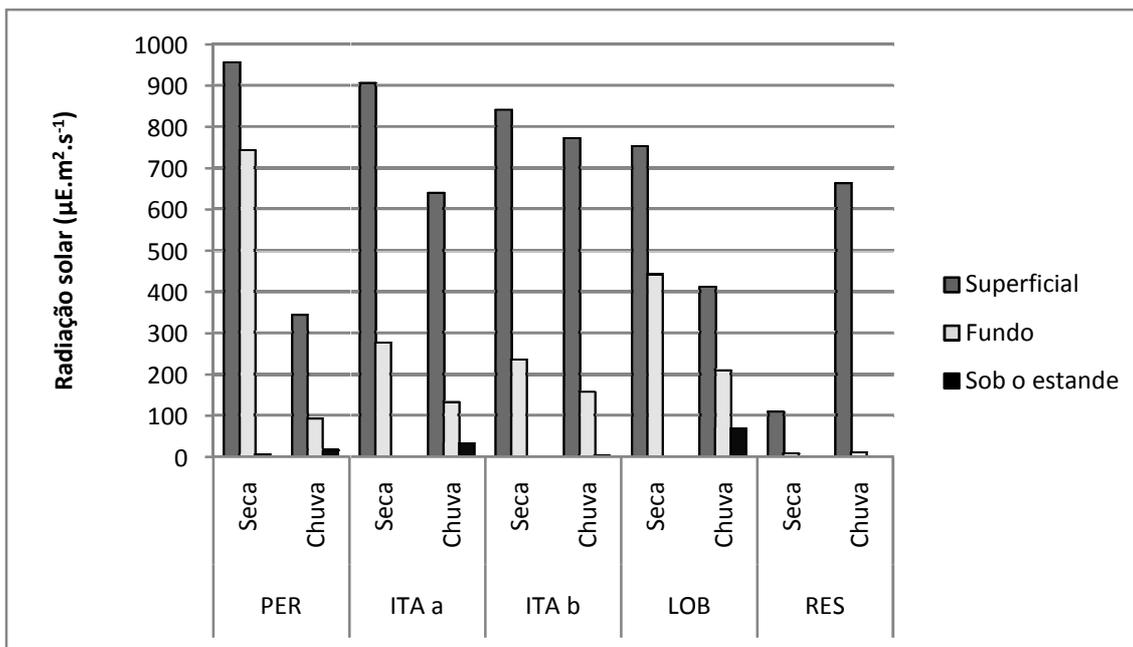


Figura 5- Radiação solar medida na superfície e no fundo da água circundante e sob os estandes de macrófitas aquáticas (com exceção do ponto RES), no reservatório do Broa durante os períodos estudados.

Na coluna d'água, entre a superfície e o fundo dos ambientes estudados há uma atenuação na radiação devido às condições óticas da água que são influenciadas principalmente pela presença de materiais dissolvidos e cor da água.

A radiação solar medida sob os estandes presentes nos pontos PER, ITA a, ITA b e LOB indicam variações devido a densidade das plantas e ao arranjo das mesmas, sendo que há uma grande atenuação da radiação solar abaixo destes vegetais. Apesar de ter ocorrido uma maior incidência solar superficial medida na seca, sob os estandes, foram verificados valores bem menores, chegando a zero. Este fato se deve, sobretudo, às condições climáticas predominantes no momento da coleta, quando em agosto de 2010 verificou-se uma maior ação dos ventos criando ondas e ressuspensão dos sedimentos junto aos estandes.

## **4.2. Qualidade da água**

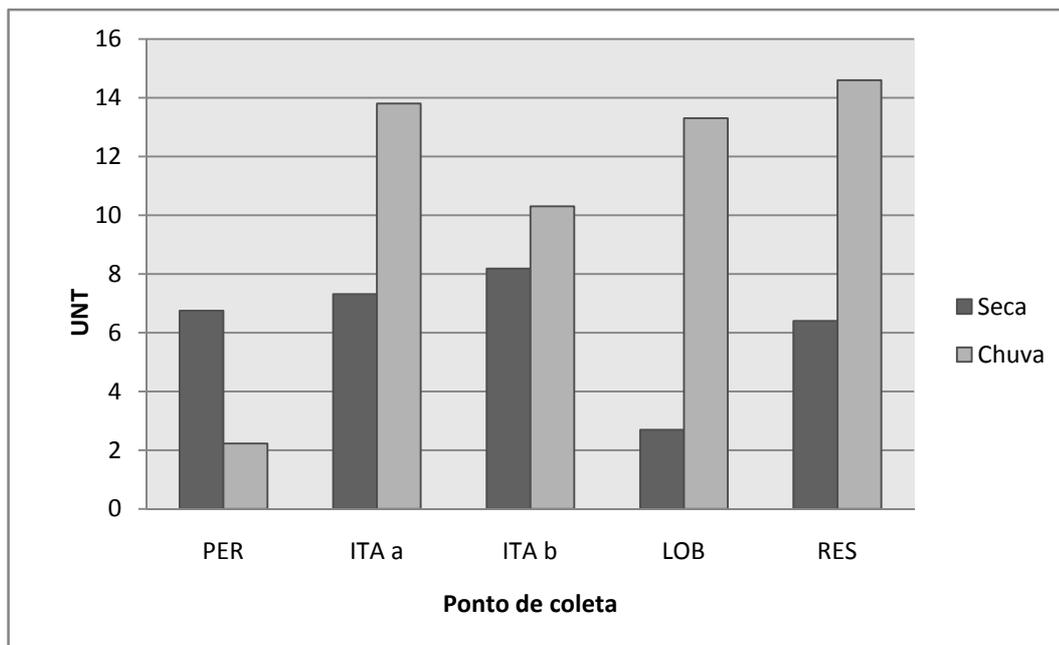
### **4.2.1. Profundidade e transparência da água**

Os estandes avaliados estão localizados em áreas rasas, com profundidades que variaram de 0,3 m a 0,6 m, sendo que a profundidade do disco de Secchi nestes pontos foi considerada total, com exceção do ponto ITA a, onde a profundidade foi de 0,6 m e a profundidade do disco de Secchi de 0,5 em ambos períodos amostrados. No ponto RES a profundidade máxima medida foi de 2,7 m e a transparência de 1,0 m no período de seca e de 0,9 m no período chuvoso.

### **4.2.2. Turbidez**

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água (CETESB, 2010).

A figura 6 apresenta os valores de turbidez da água nos períodos de seca e de chuva.



**Figura 6** – Turbidez em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (REP) nos períodos seco e chuvoso.

Com exceção do ponto PER, os valores de turbidez foram superiores em todos os outros pontos no período de chuvas. O aumento dos valores de turbidez no período chuvoso pode estar relacionado principalmente ao escoamento superficial devido às chuvas e conseqüente carreamento de material dissolvido e em suspensão. No Ponto PER, as chuvas ocorrentes em novembro, parecem não ter contribuído com a elevação da turbidez de suas águas, ao passo que nos demais pontos amostrados, foi possível verificar um aumento substancial nos valores deste parâmetro.

#### 4.2.3. pH e Alcalinidade

Os valores de pH nas amostras de água superficial dos pontos coletados na represa do Broa indicam águas ligeiramente ácidas, com pH médio de 6,53. No período de chuvas o pH da água apresentou um ligeiro aumento em todos os locais amostrados, com exceção do ponto RES, chegando a 7,15 no Ribeirão do Lobo (Figura 7).

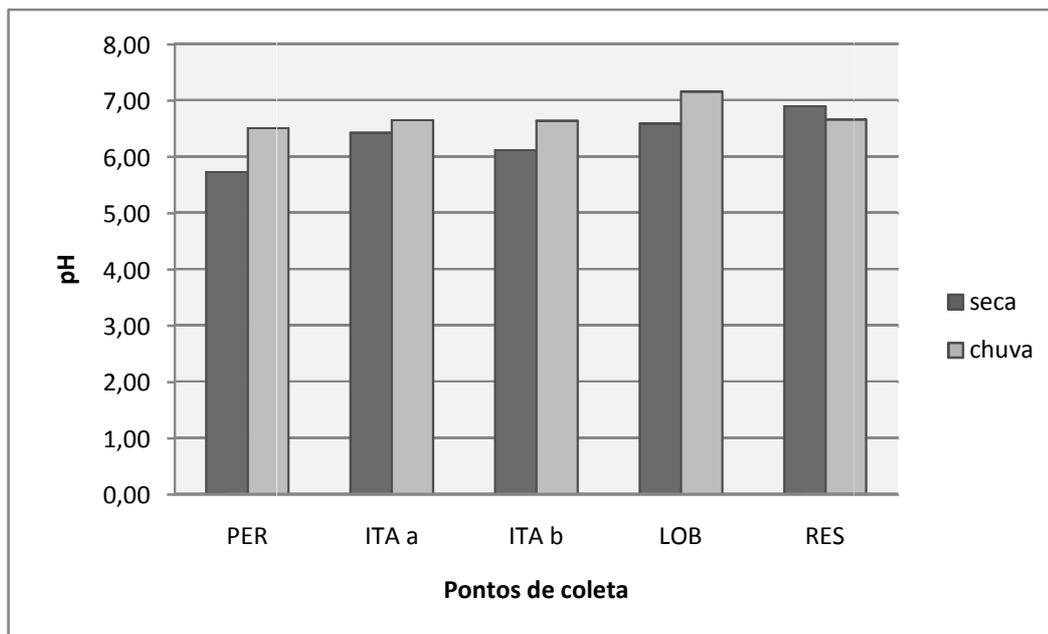


Figura 7 – Valores de pH das amostras de água nos pontos amostrados no reservatório do Broa durante os períodos estudados.

Estudos anteriores caracterizaram as águas do reservatório ainda mais ácidas, conforme descrito por Tundisi (1977) no final da década de 70 que registrou o pH das amostras em 6,1 na seca e 5,4 na cheia. Em 2007, Delello (2008), verificou pH 4,7 em agosto e 6,6 em novembro de 2010.

Barbieri (1984) estudou entre janeiro de 1980 e fevereiro de 1981 ambientes colonizados por quatro espécies de macrófitas no reservatório do Broa. Os valores de pH medidos na água do local que continham os estandes variaram de 4,3 (em estandes de *Andropogon bicornis*) a 7,3 (*Utricularia breviscapa*). A região pelágica apresentou uma média de 6,6. No estudo desenvolvido por Menezes (1984) o pH das amostras de água do Broa oscilaram de 4,7 a 7,1 em distintos estandes de macrófitas durante um período similar aos estudos de Barbieri (*op cit*).

Neste estudo, o pH variou de 5,72 no Ponto PER, colonizado pela espécie *Mayaca fluviatilis* a 7,15 no Ponto LOB (*Salvinia auriculata*). Na região pelágica do reservatório o pH apresentou-se também ligeiramente ácido, com média de 6,77. Dentre os estandes amostrados, a água circundante aos estandes da espécie *Salvinia auriculata* apresentaram-se menos ácidas com média de 6,53 e 6,87 nos pontos ITA a e RES respectivamente. Em estudo recente realizado

por Delello (2008) durante o ano de 2007, verificou-se um pH mais elevado no mês de novembro e mais baixo em agosto do mesmo ano.

As amostras de águas dos pontos ITA a e ITA b apresentaram-se mais alcalinas nos dois períodos amostrados com valores máximos de 3,56 e 4,32  $\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  em agosto de 2010, enquanto que nos pontos PER e LOB as amostras avaliadas foram menos alcalinas com média de 1,59 e 2,16  $\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ . Medições realizadas por Luzia (2009) também demonstraram águas com baixa alcalinidade, com concentrações que oscilaram entre 1,0 e 3,5  $\text{mg.L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  (Figura 8).

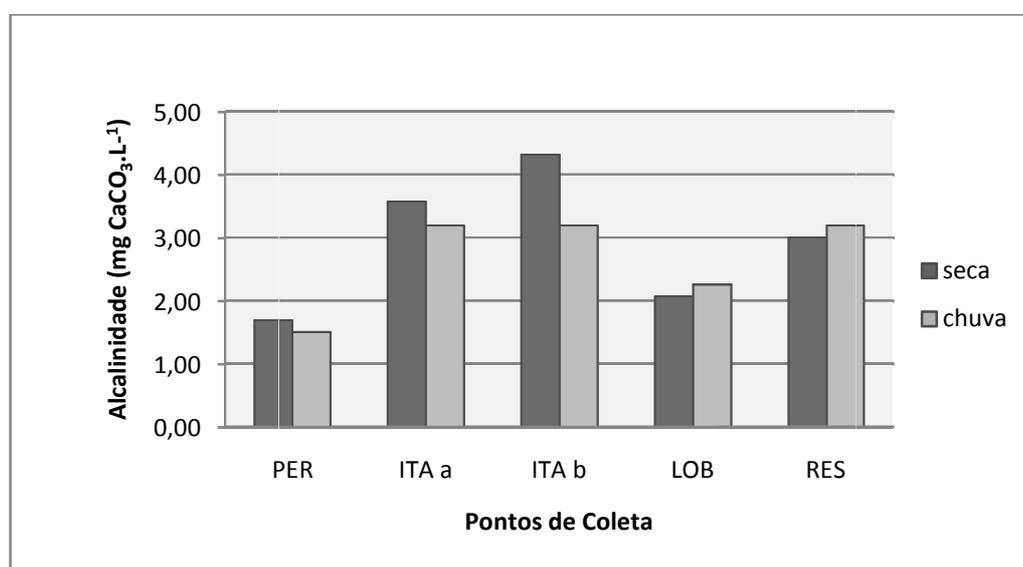


Figura 8- Alcalinidade em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b e LOB) e no centro da represa (Ponto RES), em local sem macrófitas.

#### 4.2.4. Potencial Redox

Os maiores valores de potencial de oxi-redução foram registrados no período seco. Em novembro foi verificado uma queda acentuada nos valores deste potencial. O ponto ITA a apresentou o maior potencial redox, no período de seca, com 578 mV e também o menor, com 156 mV, no período chuvoso (Figura 9).

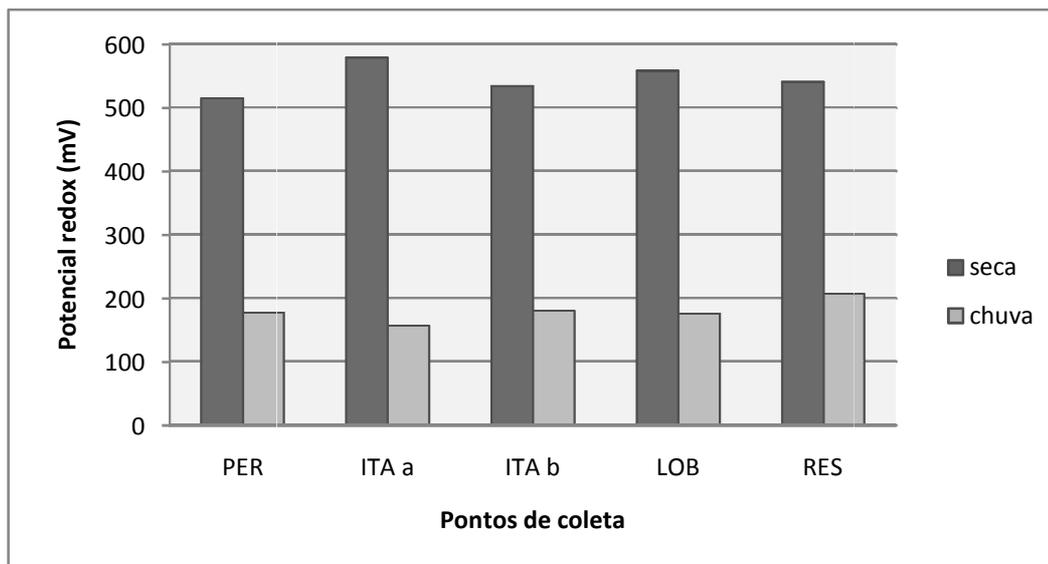


Figura 9 – Valores do potencial redox das amostras de água nos pontos amostrados no reservatório do Broa nos períodos de seca e chuva.

Os valores de potencial redox apresentaram expressiva diminuição no período chuvoso. De acordo com Wetzel (1993) à medida que os ambientes se tornam anóxicos o potencial redox diminui bruscamente. Esta relação foi claramente evidenciada nas amostras de água da represa durante os dois períodos amostrados. Em estudo realizado por Luzia (2009) na represa do Broa, o potencial de oxido-redução das amostras de água apresentaram pouca variação entre o período seco e de chuva.

#### 4.2.5. Oxigênio dissolvido e temperatura da água

A concentração de oxigênio dissolvido foi maior em todos os pontos durante a amostragem de seca, atingindo o máximo de  $8,90 \text{ mg.L}^{-1}$  no ponto ITA a. No período chuvoso, as concentrações de oxigênio foram menores, sendo a mínima registrada no ponto RES, com concentração de  $3,81 \text{ mg.L}^{-1}$  conforme indicadas na Figura 10.

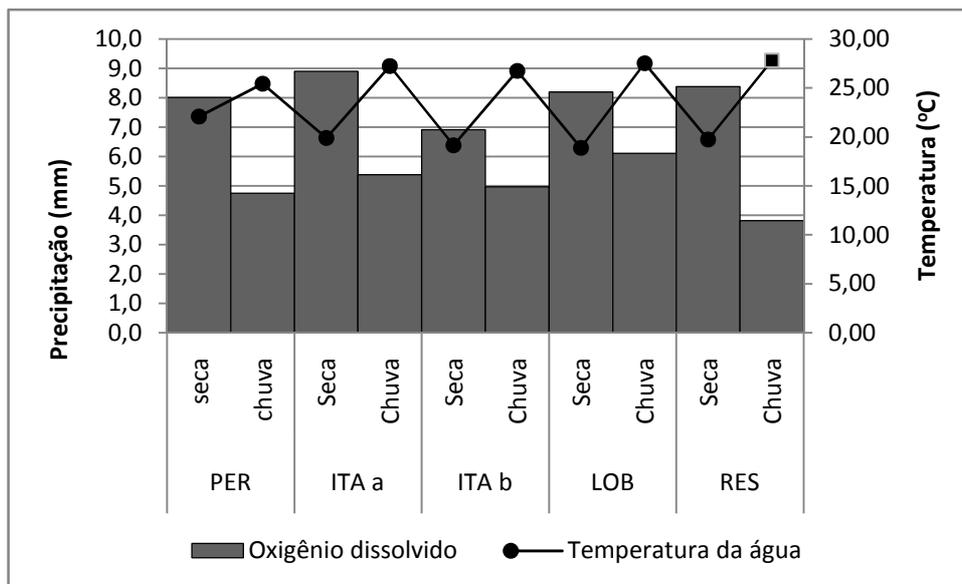


Figura 10– Concentração de oxigênio dissolvido e temperatura em amostras de água superficial dos pontos amostrados no reservatório do Broa, nos períodos de seca e chuva.

Diversos fatores podem alterar as concentrações de oxigênio dissolvido da água, dentre eles a decomposição de matéria orgânica. Concentrações menores de oxigênio medidas no período chuvoso coincidem com o período de maior pluviosidade e conseqüente maior entrada de matéria orgânica no reservatório, onde a sua degradação propicia um consumo do oxigênio dissolvido disponível. De acordo com Thomas (1960) *apud* Wetzel (1993) a concentração de oxigênio dissolvido da zona litoral está sujeita a reduções periódicas drásticas em virtude da senescência e morte de grandes populações de macrófitas aquáticas no fim da estação de crescimento, criando déficits acentuados do gás por vários meses e podendo estender-se à área aberta até certa distância. No Broa, as concentrações de oxigênio dissolvido próximo à área alagada, bem como mais ao meio do reservatório, aparentemente não apresentaram variações em virtude da presença de estandes de macrófitas.

As concentrações de oxigênio dissolvido também são influenciadas pela temperatura da água, sendo que um aumento da temperatura diminui a solubilidade do oxigênio, fazendo com que suas concentrações diminuam em águas mais quentes, conforme verificado no presente estudo.

Outro evento importante ocorrido durante a coleta de seca foi a maior intensidade dos ventos, conforme citado anteriormente, o que ocasionou a

formação de pequenas ondas na superfície da água, além de uma menor temperatura, fatores que contribuíram para uma maior disponibilidade de oxigênio dissolvido nas amostras de das águas do reservatório do Broa. Como a difusão do oxigênio atmosférico na água é um processo relativamente lento, é necessário a mistura da água por turbulência para que o oxigênio dissolvido seja distribuído e fique em equilíbrio com o da atmosfera.

#### 4.2.6. Demanda Bioquímica de Oxigênio

Quanto à demanda bioquímica de oxigênio (DBO) os pontos localizados na área alagada do reservatório foram mais elevadas atingindo 6,91 e 4,56 mg.L<sup>-1</sup> nos pontos ITA a e ITA b respectivamente, na estação seca. Nas áreas alagadas dos pontos Perdizes (PER) e Lobo (LOB), no período de chuvas, apresentaram a menor DBO, de 0,92 mg.L<sup>-1</sup>. No ponto RES, as concentrações de DBO mantiveram-se praticamente constantes nos períodos seco e de chuva com uma demanda de 2,08 e 2,26 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente (Figura 11).

O rio Itaqueri é o corpo d'água receptor do efluente tratado da cidade de Itirapina e que deságua na área alagada onde se localizam os pontos ITA a e ITA b, além disso há neste local intensa ocupação por macrófitas aquáticas, cujo renovação cria intensa biomassa a ser degradada, demandando assim uma maior quantidade do oxigênio dissolvido disponível.

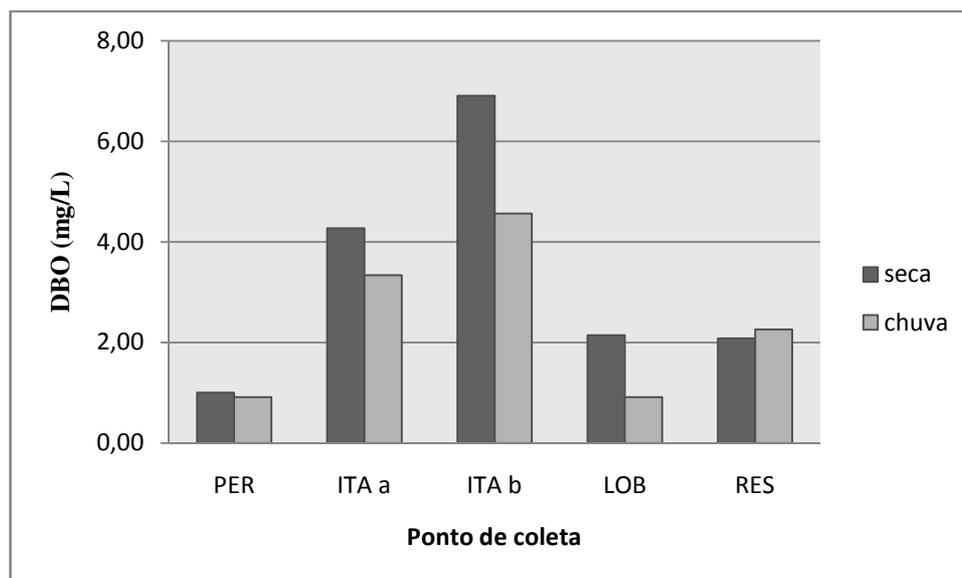


Figura 11– Demanda bioquímica de oxigênio dissolvido em amostras de água superficial dos pontos amostrados no reservatório do Broa, nos períodos de seca e chuva.

A ocorrência de uma maior DBO na seca, na maioria dos pontos pode estar relacionada à maior intensidade do processo de decomposição das macrófitas neste período.

#### 4.2.7. Condutividade

Os valores de condutividade elétrica nas amostras de água estão apresentados na Figura 12. Os pontos localizados no rio Itaqueri foram os que apresentaram maior condutividade em ambos os períodos estudados. As amostras do ponto ITA b atingiram os valores máximos de  $22 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  e  $17 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  nos meses de agosto e novembro respectivamente. As amostras de água do Córrego das Perdizes apresentaram os menores valores de condutividade elétrica, sendo  $5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  em agosto e  $6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  em novembro de 2010.

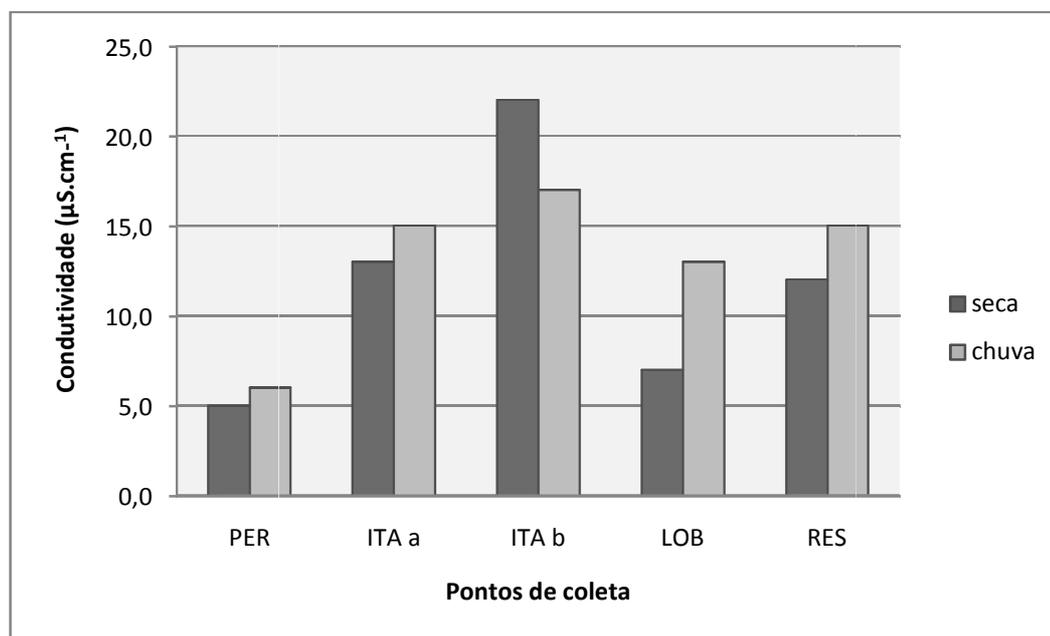


Figura 12 – Condutividade elétrica em amostras de água superficial dos pontos amostrados no reservatório do Broa, nos períodos de seca e de chuva.

Foi possível verificar um ligeiro aumento em seus valores em quase todos os pontos coletados no período chuvoso. Este fato coincide com aumento das chuvas na região e conseqüente aumento no carreamento de substâncias no

período chuvoso que podem contribuir com o aumento da condutividade. A condutividade também pode ser um indicador das condições de preservação dos ambientes. Na área alagada, sob influência do rio Itaqueri, verificou-se maior condutividade dentre os pontos amostrados. O Córrego Água Branca, afluente no rio Itaqueri, é responsável pelo recebimento parte do efluente domiciliar tratado da cidade de Itirapina, a montante da área alagada aproximadamente 6 km.

Na área alagada do Ribeirão do Lobo a condutividade foi baixa, tendo valores próximos aos  $12 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  verificado na nascente deste rio em uma avaliação realizada por Tundisi e Matsumura Tundisi (2010). O alto grau de preservação das margens nesta área contribui para a manutenção dos baixos valores de condutividade. Neste mesmo estudo, a condutividade do Ribeirão do Lobo medida entre a nascente e a área alagada, em uma área impactada, sem vegetação marginal e utilizada para o pasto de animais, foi aproximadamente quatro vezes maior. Isto indica que a melhora do grau de preservação dos ambientes, mesmo após trechos pontuais impactados, são capazes de restituir a qualidade da água, contribuindo para a diminuição de sua condutividade.

#### **4.2.8. Material em Suspensão**

A Figura 13 apresenta as concentrações de material em suspensão em amostras de água dos pontos amostrados.

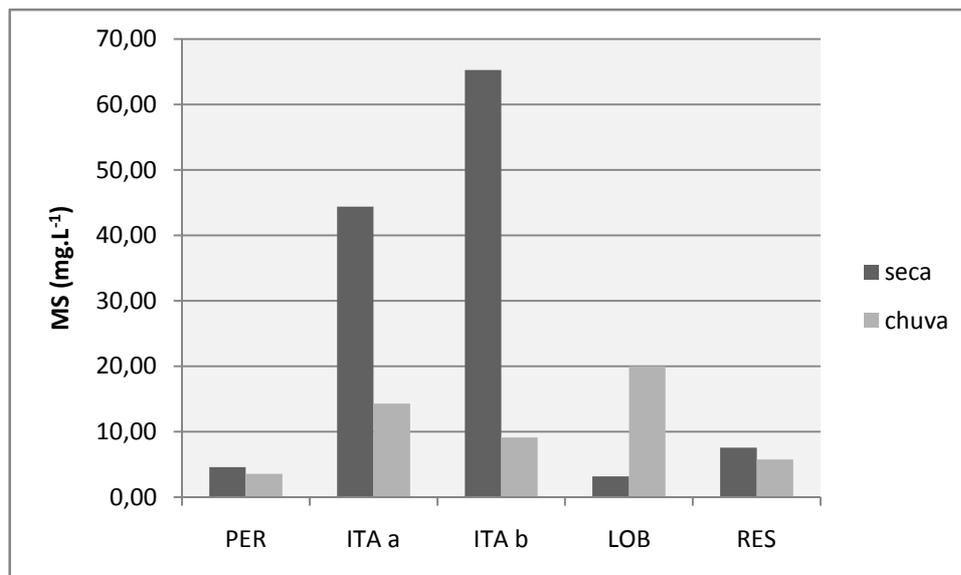


Figura 13- Concentração do material em suspensão total em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (RES) amostradas nos períodos de seca e de chuva.

A concentração de material em suspensão nas amostras de água no presente estudo foram superiores no período de seca, com exceção do ponto no Ribeirão do Lobo (LOB). Já em estudos realizados por Delello (2008) e Oishi (1990) indicam maior quantidade de material em suspensão no período de chuva, como consequência do escoamento superficial. No presente estudo, a maior concentração de material em suspensão, verificada na seca, pode ser explicada devida a ação dos ventos sobre os estandes de macrófitas aquáticas ocorridas durante o momento da coleta, fazendo com que estas plantas e os sedimentos das áreas rasas estudadas fossem revolvidos.

À montante da área alagada do rio Itaqueri, no Broa, a aproximadamente 1 km, localiza-se uma mineradora, o que contribui para maiores concentrações de material em suspensão nesta área. Os estandes aí instalados são facilmente visualizados, formando grandes aglomerados de plantas aquáticas. A extração mineral próximo à área alagada do Broa, acelera o processo de assoreamento, aumentando a disponibilidade de material e deposição de sedimentos (MATHEUS e TUNDISI 1988; WHITAKER, 1993), se tornando uma área mais rasa e propiciando a colonização por macrófitas aquáticas.

Argenton (2004) verificou uma concentração máxima de material em suspensão de  $38,6 \text{ mg.L}^{-1}$  na foz do rio Itaqueri, em dezembro de 2001 ao passo que a presente pesquisa a concentração atingiu  $65,26 \text{ mg.L}^{-1}$  em agosto de 2010 (seca). Em Dellelo (2008), o material em suspensão total variou de  $2,2 \text{ mg.L}^{-1}$  (próximo a barragem) a  $23,34 \text{ mg.L}^{-1}$  (ponto Mina). A concentração máxima apresenta por Oishi (1990) foi de  $83,38 \text{ mg.L}^{-1}$ , no ponto Itaqueri, durante o inverno (caracterizando a seca) e a mínima de  $0,25 \text{ mg.L}^{-1}$  no Córrego do Geraldo, também durante a época de seca. As mínimas verificadas neste trabalho foram de  $3,19$  e  $3,56 \text{ mg.L}^{-1}$  nos pontos LOB e PER respectivamente.

Em novembro de 2010, cujo período de coleta apresentou fraca ou nenhuma ação dos ventos, porém com maior e recente pluviosidade é que se verificaram águas mais turvas e com maior quantidade de material em suspensão.

As Figuras 14 e 15 apresentam as proporções das frações orgânicas e inorgânicas do material em suspensão nas amostras de água coletadas nos períodos de seca e chuva no ano de 2010 respectivamente.

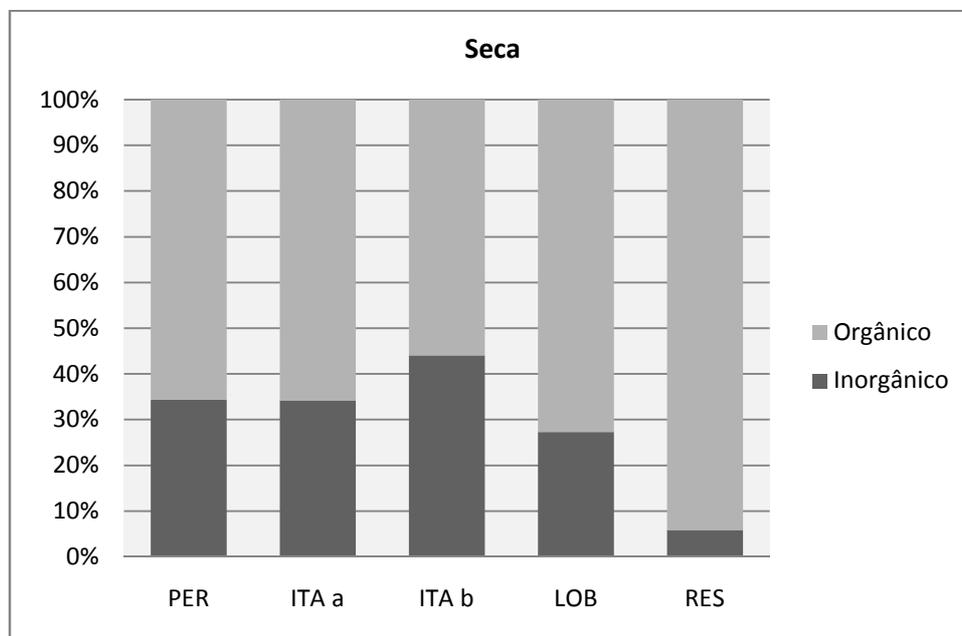


Figura 14 – Percentual de composição orgânica e inorgânica do material em suspensão em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (REP) amostradas no período de seca.

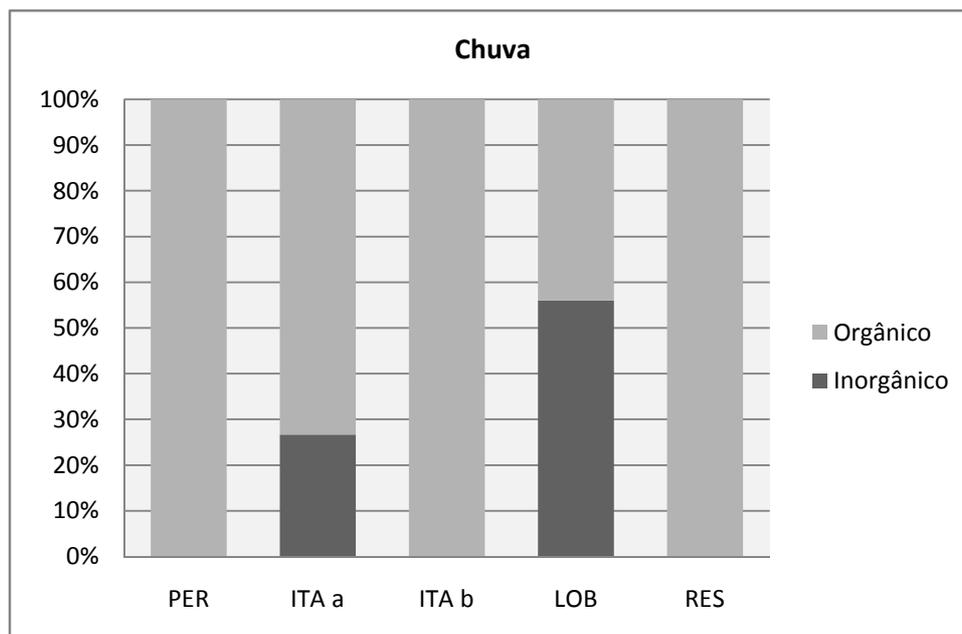


Figura 15 – Percentual de composição orgânica e inorgânica do material em suspensão em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (REP) amostradas no período chuvoso.

A forma predominante do material em suspensão nas amostras avaliadas neste trabalho foi a orgânica, respondendo em até 100% da composição, conforme foi verificado nos pontos PER, ITA b e REP no período chuvoso. A única exceção ocorreu no ponto LOB, onde a fração inorgânica representou 56% do material em suspensão. Em pesquisa realizada por Argenton (2004), a foz do Itaqueri apresentou maior constituição inorgânica do material em suspensão em 8 das 11 amostragens realizadas.

#### 4.2.9. Série Nitrogenada

O nitrogênio ocorre na água como nitrogênio molecular dissolvido além de compostos orgânicos essenciais à manutenção da vida como proteínas, aminoácidos, nitrito, nitrato e amônio. As fontes de nitrogênio nos ecossistemas aquáticos são precipitação, fixação do nitrogênio na água e sedimentos e pelo escoamento superficial e subterrâneo (WETZEL, 1993).

A Figura 16 indica as concentrações de nitrogênio total Kjeldah (NTK) nas amostras de água dos pontos avaliados nas estações seca e chuvosa.

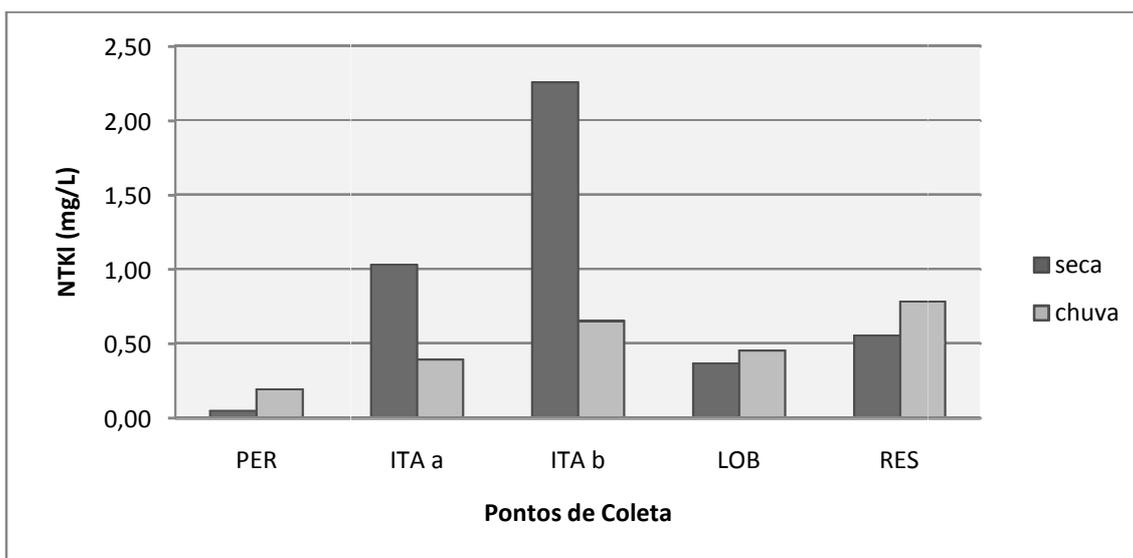


Figura 16 – Concentração de nitrogênio total Kjeldahl em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (RES) amostradas nos períodos de seca e chuva.

A maior concentração de NTK ocorreu no ponto ITA b com  $2,25 \text{ mg.L}^{-1}$ , ao passo que no ponto PER verificou-se a menor concentração em ambos os períodos amostrados, com média de  $0,12 \text{ mg.L}^{-1}$  seguido do Ribeirão do Lobo (LOB), com  $0,41 \text{ mg.L}^{-1}$ .

As concentrações de NTK na água foram superiores durante o período de seca nos pontos localizados na área alagada do rio Itaqueri (ITA a e ITA b), havendo um decréscimo no período de chuva. Os demais pontos amostrados apresentaram concentrações inferiores aos pontos citados, e um ligeiro aumento da concentração no período chuvoso. Os valores apresentados neste trabalho são inferiores ao encontrado por Luzia (2008), que registrou um pico de  $11,30 \text{ mg.L}^{-1}$  na área alagada durante o período de chuvas, ao passo que no presente trabalho a concentração máxima verificada foi de  $2,25 \text{ mg.L}^{-1}$ ; e superiores aos registrados por Delello (2008), que foi de  $0,98 \text{ mg.L}^{-1}$  no Itaqueri. O Córrego das Perdizes apresentou as menores concentrações de nitrogênio entre os pontos e períodos amostrados

Nos pontos ITA a e ITA b, localizados na área alagada do rio Itaqueri, as amostras de água apresentaram concentrações mais elevadas na estação seca, ao passo que nos demais pontos amostrados verificou-se ligeiro aumento das concentrações na época de chuvas.

Nos estudos desenvolvidos por Argenton (2004) e Delello (2008) as concentrações máximas observadas foram de 1,77 mg.L<sup>-1</sup> (chuva) e 1,03 (seca) mg.L<sup>-1</sup> respectivamente. De forma geral os teores de nitrogênio total na água do Broa foram baixos.

Os íons nitrito, nitrato e amônio tiveram maiores concentrações nas amostras de período seco, com exceção do íon amônio nos pontos ITA a e ITA b, que foi maior na estação chuvosa (Tabela 3).

Tabela 3. Concentrações de nitrito, nitrato e amônio em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e no centro do reservatório (Ponto RES), em local sem macrófitas, coletadas em agosto e novembro de 2010.

| Ponto | Nitrito |         | Nitrato<br>(µg-N/L) |        | Amônio |        |
|-------|---------|---------|---------------------|--------|--------|--------|
|       | seca    | chuva   | seca                | chuva  | seca   | chuva  |
| PER   | 3,35    | < 0,002 | 108,58              | 4,05   | 6,61   | 5,79   |
| ITA a | 0,96    | < 0,002 | 41,47               | 11,05  | 5,79   | 13,23  |
| ITA b | 1,43    | < 0,002 | 694,09              | 169,17 | 7,16   | 17,91  |
| LOB   | 13,7    | < 0,002 | 101,07              | 64,89  | 12,12  | 11,02  |
| RES   | 1,35    | < 0,002 | 49,13               | 4,79   | 2,2    | < 0,01 |

Dentre a série nitrogenada avaliada, as concentrações de nitrato foram superiores aos íons nitrito e amônio. O período de seca apresentou maiores concentrações de nitrato, com a máxima de 694,09 µg.L<sup>-1</sup> no ponto ITA b e a menor concentração foi verificada no ponto PER, com 4,05 µg.L<sup>-1</sup>. Em estudo realizado por Luzia (2009), a concentração deste elemento na área alagada foi de 277,19 µg.L<sup>-1</sup> na seca e 97,83 µg.L<sup>-1</sup> no período de chuvas. Argenton (2004) também registrou a máxima concentração de nitrato em agosto de 2002 (seca) com 569,5 µg.L<sup>-1</sup>. Mais recentemente, as concentrações verificadas no reservatório do Broa por Delello (2008) variaram de 4,7 a 90,2 µg.L<sup>-1</sup>, bem inferiores aos resultados aqui apresentados. No estudo desenvolvido por Barbieri (1984), em amostras de água próximo a distintos estandes de macrófitas no reservatório do Broa, as concentrações de nitrato variaram de não detectável a 6,9 µg.L<sup>-1</sup>. Quando comparadas a outros reservatórios do estado de São Paulo, as concentrações de nitrato no reservatório do Broa

foram relativamente baixas. Em Bariri, o nitrato chega a mais de 20.000  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 1.900  $\mu\text{g.L}^{-1}$  em Ibitinga (Luzia, 2009), indicando ambientes altamente poluídos.

Normalmente as concentrações de nitrito nas águas naturais dos lagos são geralmente muito baixos, que variam de 0 até 0,01  $\text{mg.L}^{-1}$  (WETZEL, 1993). Dentre a série nitrogenada avaliada nas amostras de água do Broa os teores de nitrito foram os menores. Como o nitrato, o nitrito apresentou também as maiores concentrações no período de seca. No período de chuvas atingiu níveis não detectáveis. De forma similar, os valores apresentados por Luzia (2009) indicam uma concentração máxima de 0,47  $\mu\text{g.L}^{-1}$  em ponto localizado junto a represa do Broa na época de seca e zero no período de chuvas. Barbieri (1984) verificou uma concentração máxima de 1,8  $\mu\text{g.L}^{-1}$  deste composto junto ao estande de *P. cordata*.

No presente estudo, o ponto LOB foi o que apresentou maior concentração de nitrito, com 13,7  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , seguido do Córrego das Perdizes, com 3,35  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . Os valores aqui apresentados aproximam-se das concentrações verificadas por Argenton (2004) que variaram de 0,3 a 19,5  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . Ao contrário do que foi detectado no atual estudo, a pesquisa desenvolvida por Delello (2008) no Broa indica que os maiores valores de nitrito foram verificados em novembro - período de chuvas - atingindo 7  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e os menores em agosto - época seca - com concentrações geralmente abaixo de 2  $\mu\text{g.L}^{-1}$ .

A amônia tem principal origem do processo de decomposição bacteriana. Na água, a amônia existe principalmente como íon amônio  $\text{NH}_4^+$  e hidróxido de amônia  $\text{NH}_4\text{OH}$ , sendo este altamente tóxico a biota (Trussel, 1972, apud Wetzel, 1993). As concentrações do íon amônio no presente estudo foram bem menores aos relatados em estudos anteriores. O ponto RES foi o que apresentou menores valores, com 2,2  $\mu\text{g.L}^{-1}$  no período de seca a valor abaixo do limite de detecção, na época de chuvas. Barbieri (1984) também verificou menores teores na região pelágica do reservatório (6,9  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) e a máxima, na área alagada, junto ao estande de *Pontederia cordata* (43,2  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ).

A maior concentração deste íon foi de 17,91  $\mu\text{g.L}^{-1}$  no período chuvoso, no ponto ITA b. Tais concentrações estão bem abaixo dos níveis detectados

em outros estudos. Luzia (2009) verificou concentrações que variaram de 3,79 a 92,31  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . Já em Dellelo (2008), o íon amônio foi o composto nitrogenado mais representativo com concentrações que oscilaram de 17,5 a 189,1  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e em Oishi (1990) o íon amônio variou de 2,05  $\mu\text{g.L}^{-1}$  no verão  $\mu\text{g.L}^{-1}$  a 56,08 no ponto Itaqueri, durante período de inverno (seca) de 1988.

#### 4.2.10. Série Fosfatada

A figura 17 apresenta as concentrações de fósforo total nas amostras de água coletadas junto aos estandes (pontos PER, ITA a, ITA b e LOB) e no centro do reservatório (Ponto RES) nos períodos de seca e de chuva.

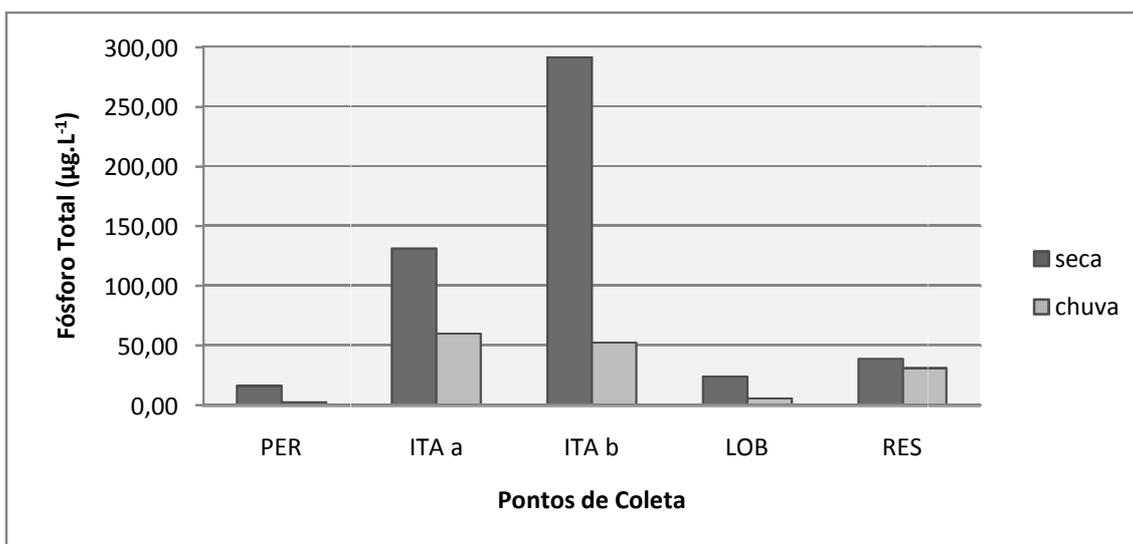


Figura 17. Concentração de fósforo total em amostras de água superficial da no reservatório do Broa, junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e no centro do reservatório (RES), em local sem macrófitas.

A avaliação deste nutriente indicou uma maior concentração em todos os pontos amostrados, no período de seca. As maiores concentrações de fósforo total na água foram verificadas nos pontos de coleta ITA a e ITA b, localizados na área alagada sob a influência do rio Itaqueri, com 130,71 e 291,08  $\mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente durante a seca. O ponto PER apresentou os menores valores, seguidos dos pontos LOB e RES com concentrações médias de 8,74  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ; 14,70  $\mu\text{g.L}^{-1}$  e 34,30  $\mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente.

O fósforo nas águas muitas vezes indica o nível de produtividade de um lago. Este elemento pode ser principal constituinte de um ecossistema cujas concentrações podem determinar o incremento ou não de biomassa algal e de vegetais superiores. As maiores concentrações foram verificadas em todos os pontos amostrados durante a estiagem, sendo que os maiores valores foram registrados nos pontos localizados na área alagada do Itaqueri (ITA a e ITA b) e as menores do ponto PER. As menores concentrações verificadas na estação chuvosa podem estar relacionadas ao aumento do volume precipitado e consequente diluição do mesmo. Tal decréscimo das concentrações de fósforo total na época chuvosa foram também verificadas por Argenton (2004), Luzia (2009) e Delello (2008) na represa do Broa.

O fosfato total dissolvido apresentou a concentração mínima de  $0,32 \mu\text{g.L}^{-1}$  no ponto PER, durante as chuvas e a máxima de  $70,05 \mu\text{g.L}^{-1}$  no ponto ITA b, na seca, conforme indicado na Figura 18.

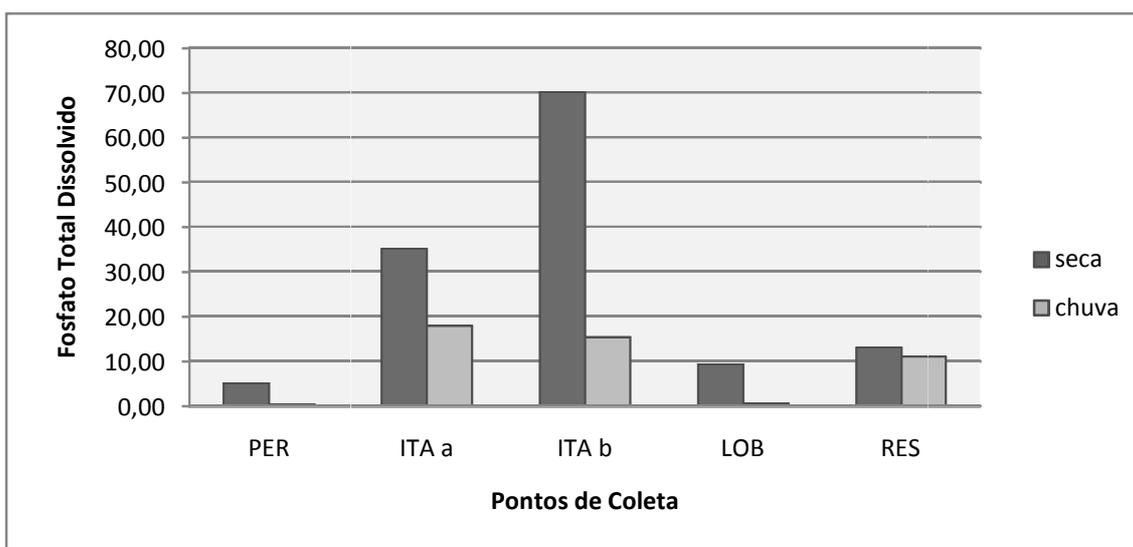


Figura 18. Concentração de fosfato total dissolvido em amostras de água superficial da no reservatório do Broa, junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e no centro do reservatório (RES), em local sem macrófitas.

Quanto ao fosfato inorgânico, a concentração máxima e mínima também foram verificados nos pontos ITA b ( $34,03 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) e PER ( $0,21 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) respectivamente (Figura 19).

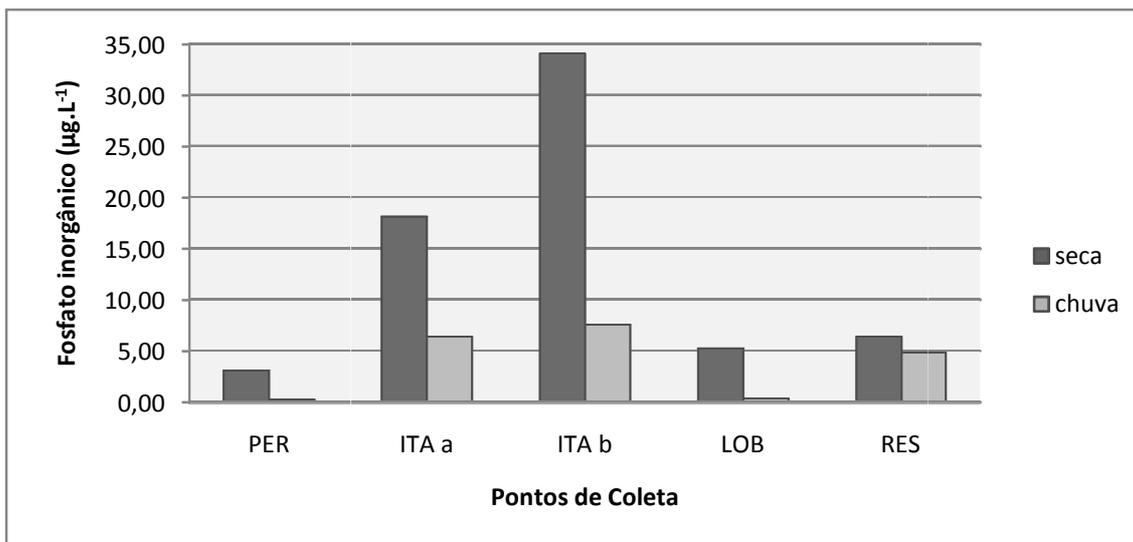


Figura 19. Concentração de fosfato inorgânico em amostras de água superficial da no reservatório do Broa, junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e no centro do reservatório (RES), em local sem macrófitas.

#### 4.2.11. Índice de Estado Trófico

A Figura 20 apresenta os valores calculados do índice de Estado Trófico (IET), segundo Carlson (1977), pela concentração de fósforo total na água. A tabela apresentada indica uma queda do IET na amostragem realizada no período de chuvas.

Os pontos localizados na área alagada (ITA a e ITA b), apesar da ligeira queda do IET no período de chuvas em relação ao período de seca, mantiveram-se hiper-eutróficas. Na amostra de água do ponto sem vegetação (RES) as condições da água mantiveram-se eutróficas em ambos os períodos amostrados. O ponto PER foi o que apresentou melhor condição, estando mesotrófico na seca e ultra-oligotrófico no período de chuvas. O ponto LOB também apresentou uma importante melhora das condições da água, passando de mesotrófico no período de seca para oligotrófico no período de chuvas.

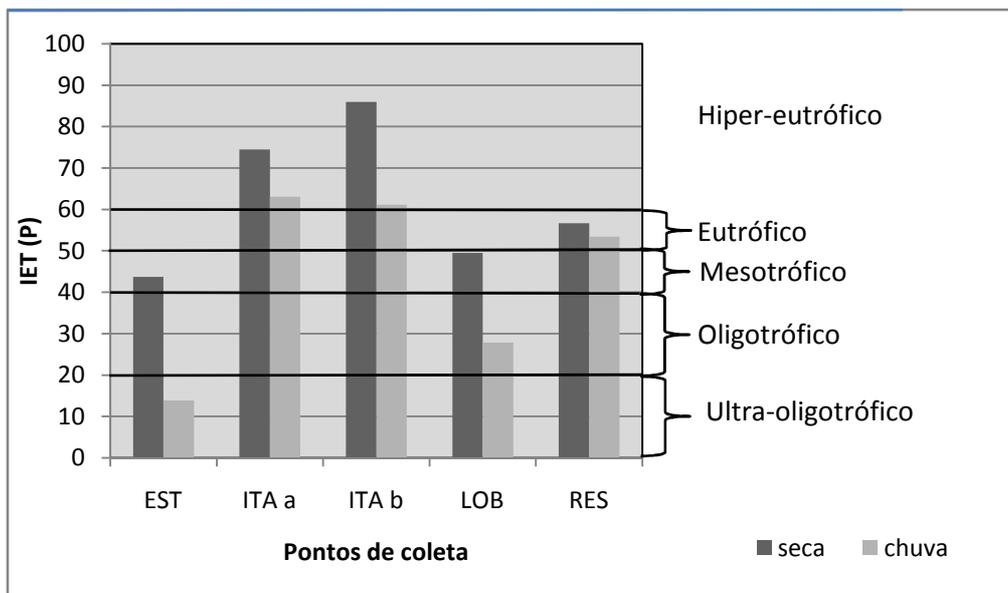


Figura 20. Índice de Estado Trófico, baseado nas concentrações de fósforo total nas amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e no centro da represa (RES), em local sem macrófitas.

A Tabela 4 indica o estado trófico avaliados em distintas épocas no compartimento superior (parte alta), localizado próximo à área alagada do reservatório do Broa e na parte baixa, em direção à barragem. O grau de trofia do reservatório varia entre os ambientes, ora caracterizados como oligo e mesotróficos na parte baixa e meso-eutrófico na parte alta, junto à área alagada.

Tabela 4 – Histórico do Índice de Estado Trófico para o reservatório do Broa.

| Autor    | Ano  | Parte Alta            | Parte Baixa              |
|----------|------|-----------------------|--------------------------|
| Tundisi  | 1977 | Mesotrófico           |                          |
| Souza    | 1993 | Mesotrófico           | Oligotrófico             |
| Argenton | 2004 | Eutrófico             | Oligotrófico             |
| Dellelo  | 2008 | Mesotrófico/Eutrófico | Mesotrófico              |
| Luzia    | 2009 | Mesotrófico/Eutrófico | Oligotrófico/Mesotrófico |

#### 4.2.12. Clorofila e Feoftina

A clorofila é um dos pigmentos, além dos carotenóides e ficobilinas, responsáveis pelo processo fotossintético. A clorofila a é a mais universal das clorofilas (a, b, c, e d) e representa, aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas e é, por isso, um indicador da biomassa algal. Assim a clorofila a é considerada a principal variável indicadora de estado trófico dos ambientes aquáticos. Ambientes eutrofizados apresentam altas densidades destes organismos, alterando as características físicas e químicas do ambiente, tais como transparência, concentração de oxigênio dissolvido e pH.

As Figuras 21 e 22 apresentam as concentrações de clorofila e feoftina nas amostras avaliadas na represa do Broa.

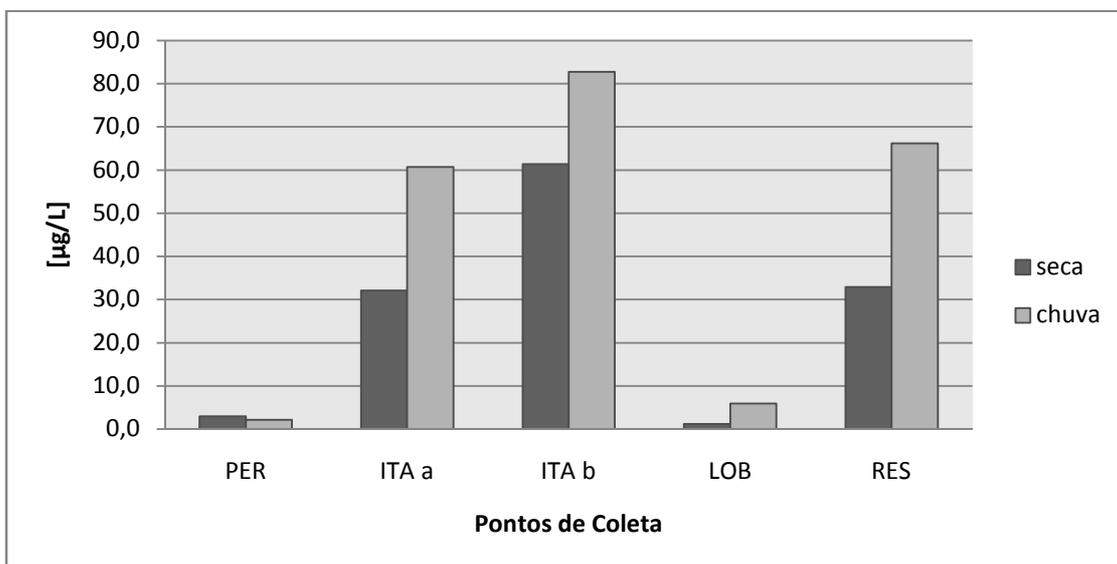


Figura 21 – Concentração de clorofila a em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (RES) amostradas nos períodos de seca e chuva.

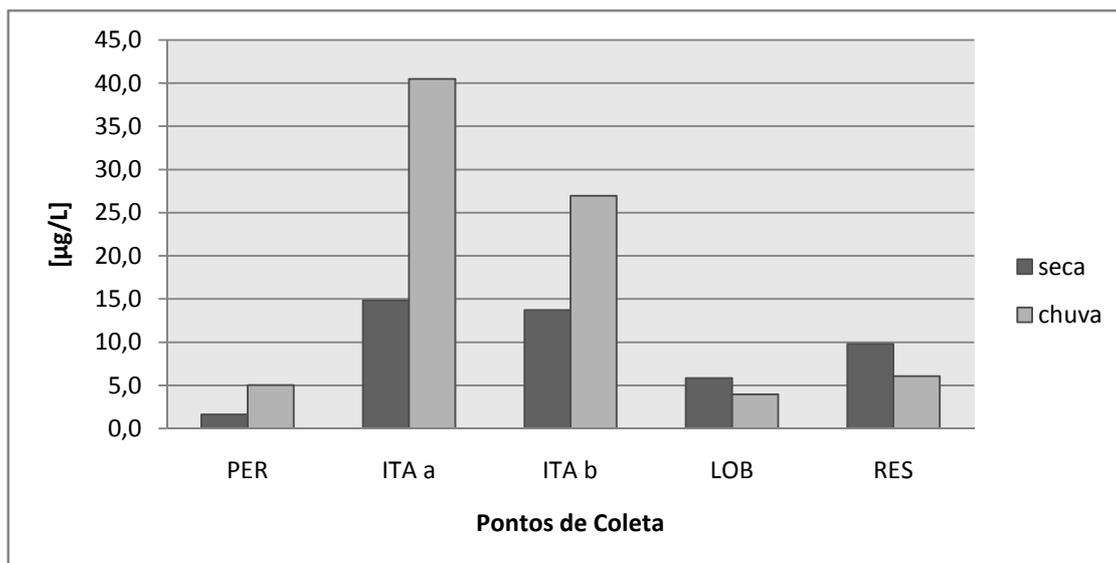


Figura 22 – Concentração de feoftina em amostras de água superficial da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (RES) amostradas nos períodos de seca e chuva.

Em todos os pontos, a concentração de clorofila foi maior na amostragem do período de chuvas, com exceção do Ponto PER, onde as baixas concentrações pouco se alteraram. Os pontos com maiores concentrações de clorofila foram o ITA a, ITA b e RES, com médias de 46,42; 72,08 e 49,55  $\mu\text{g.L}^{-1}$  respectivamente. Nestes mesmos pontos, mais elevadas, também foram as concentrações de feoftina nas amostras avaliadas. A concentração de feoftina também é resultante do processo de decomposição de vegetais superiores, comprovando maior presença de macrófitas nos pontos ITA a e ITA b.

### 4.3. CARACTERIZACAO DOS SEDIMENTOS

#### 4.3.1. Fósforo total

A Figura 23 apresenta as concentrações de fósforo total em amostras de sedimento nas áreas de estandes presentes nos pontos PER, ITA a, ITA b e LOB e no centro do reservatório (RES) tomadas nas estações de seca e de chuva.

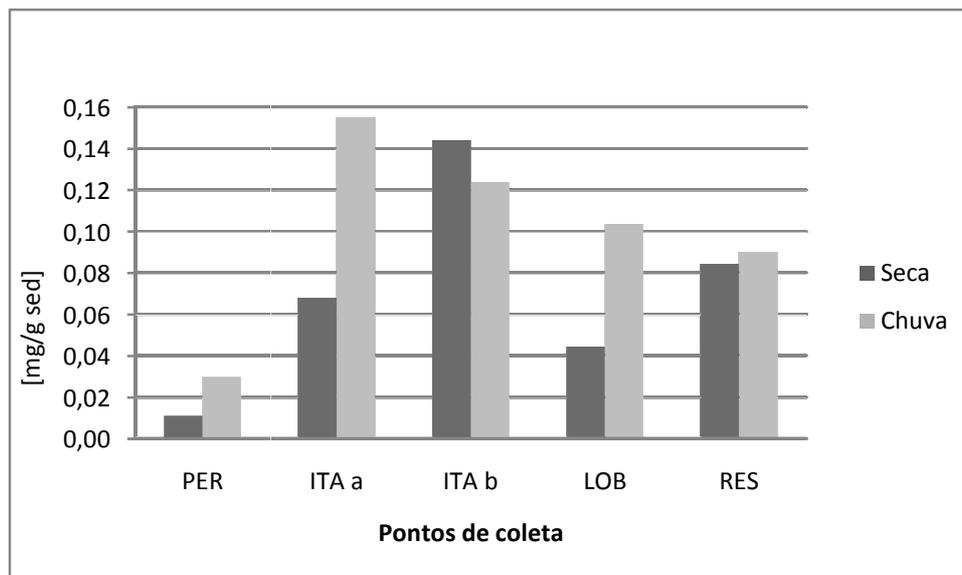


Figura 23 – Concentração de fósforo total em sedimentos da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (Ponto RES) amostrados em agosto (seca) e novembro de 2010 (chuva).

O ponto PER foi o que apresentou as menores concentrações de fósforo total no sedimento, com  $0,01 \text{ mg.g}^{-1}$  na seca e  $0,03 \text{ mg.g}^{-1}$  no período chuvoso. As maiores, foram verificadas nos pontos ITA a, com  $0,16 \text{ mg.g}^{-1}$  no período de chuvas e ITA b, com  $0,14 \text{ mg.g}^{-1}$  no período de seca. Em todos os pontos amostrados, com exceção do ITA b, apresentaram maior teor de fósforo nos sedimentos na época de chuvas, ao passo que as concentrações deste nutriente na água foram menores no período de maior precipitação.

A quantificação de fósforo no sedimento do Broa no presente estudo, foram superiores aos detectados por Delello em 2007, onde a autora apresenta uma concentração máxima de  $0,004 \text{ mg.g}^{-1}$  no ponto Itaqueri e a menor de  $0,0001 \text{ mg.g}^{-1}$  no ponto denominado Mina.

#### 4.3.2. Nitrogênio total

A figura 24 apresenta as concentrações de nitrogênio total Kjeldah (NTK) em amostras de sedimento nas áreas de estandes presentes nos pontos PER, ITA a, ITA b e LOB e no centro do reservatório (RES) amostrados em agosto e novembro de 2010.

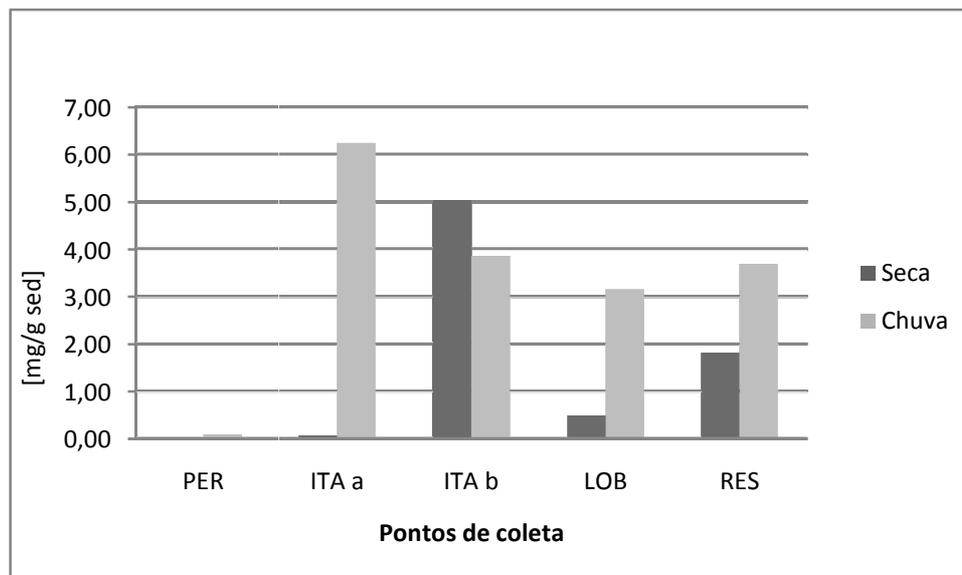


Figura 24 – Concentração de nitrogênio total Kjeldah em amostras de sedimentos da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (RES) amostrados em agosto e novembro de 2010.

A maior concentração deste elemento no sedimento foi no ponto ITA a, no período de chuvas, com  $6,23 \text{ mg.L}^{-1}$ . A menor, foi verificada no ponto PER, com  $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$  durante a seca. Delello (2008), em sua investigação quanto à concentração de nitrogênio em amostras de sedimento do Broa, indica concentrações máximas e mínimas de  $17,29$  e  $0,19 \text{ mg.g}^{-1}$  respectivamente.

As amostras de sedimento apresentaram um incremento na concentração de NTK no período chuvoso em todos os pontos amostrados, com exceção do sítio ITA b, cujo o teor deste nutriente apresentou um ligeiro decréscimo de  $0,14 \text{ mg.L}^{-1}$  na seca para  $0,12 \text{ mg.L}^{-1}$  na chuva. No ponto RES, as concentrações foram de  $0,08 \text{ mg.L}^{-1}$  na seca e  $0,09 \text{ mg.L}^{-1}$  na chuva.

Similarmente aos teores de fósforo total no sedimento, as concentrações de NTK foram maiores no período de chuvas, com a exceção do ITA b.

Mesmo com tais variações, em nenhum dos pontos nos períodos amostrados apresentaram alterações significativas das concentrações de nitrogênio total.

Nas áreas alagadas, os estandes de macrófitas possuem importante papel na dinâmica dos nutrientes. Trindade (1980) ressalta que nessas áreas, o sedimento é rico em matéria orgânica e o solo hidromorfo sendo possível a

perda de elevadas quantidades de nitrogênio sob a forma de amônia. Concentrações mais elevadas de nutrientes nas regiões alagadas sugerem influência da matéria orgânica acumulada devido a presença de grande quantidade de macrófitas aquáticas cuja decomposição pode ser fonte de parte desses elementos, justificando assim os altos teores verificados.

### 4.3.3. Granulometria

A Figura 25 apresenta a composição granulométrica dos sedimentos amostrados nos períodos de seca e de chuva.

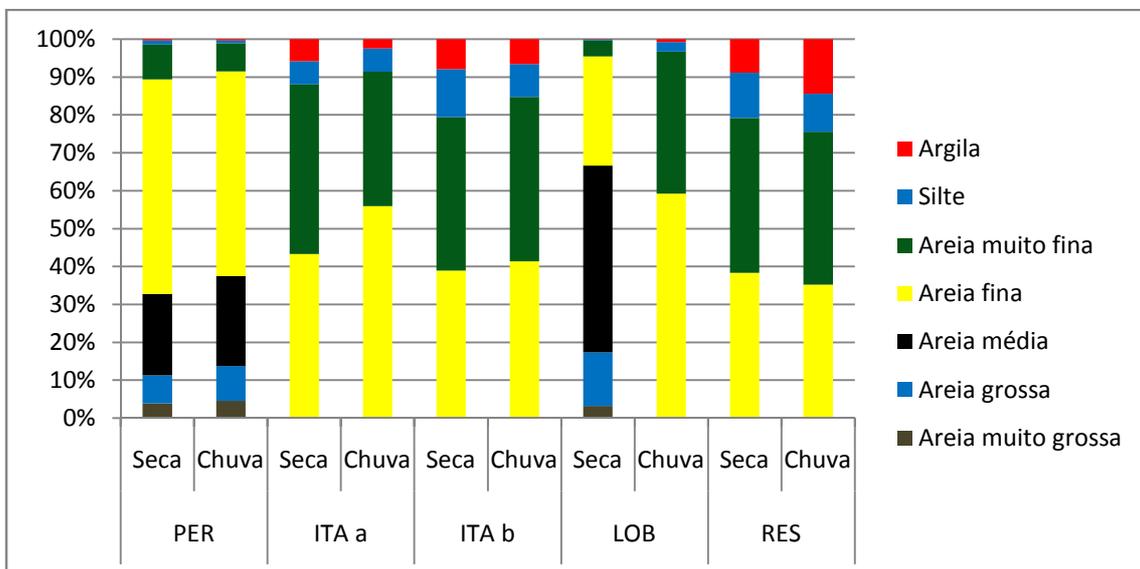


Figura 25. Análise granulométrica das amostras de sedimentos da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (RES) amostradas nos períodos de seca e de chuva.

Os sedimentos amostrados no estudo são compostos predominantemente por areias das classes fina e muito fina. As maiores proporções de silte e argila foram verificadas nos pontos localizados na região central do reservatório (Ponto RES) e na área alagada do rio Itaqueri (ITA a e ITA b).

Nas distintas épocas amostradas, o Ribeirão do Lobo (LOB) apresentou alteração em sua composição, sendo verificado que no período de seca, as amostras eram compostas por areias muito grossa, grossa e sobretudo média, e na estação chuvosa predominaram-se areias fina e muito fina, representando

97% da composição granulométrica da amostra. As alterações na composição granulométrica na área alagada do Ribeirão do Lobo mostraram-se diferentes dos outros pontos de coleta que pouco variaram entre as estações de seca e de chuva. Os eventos de chuva e aumento do aporte de materiais em suspensão aliado à turbulência causada pelo aumento da vazão dos corpos hídricos parecem mais ter contribuído com a alteração na granulometria do Ribeirão do Lobo. O aumento da composição de areia fina e muito fina neste local, na época de chuva, está aliado ao aumento do teor de matéria orgânica, como será discutido mais adiante.

#### 4.3.4. Teor de matéria orgânica no sedimento

O teor de matéria orgânica nas amostras de sedimento foram maiores no ponto ITA a, representando cerca de 80% da constituição na época de seca e quase 50% no período chuvoso, conforme indicado na Figura 26.

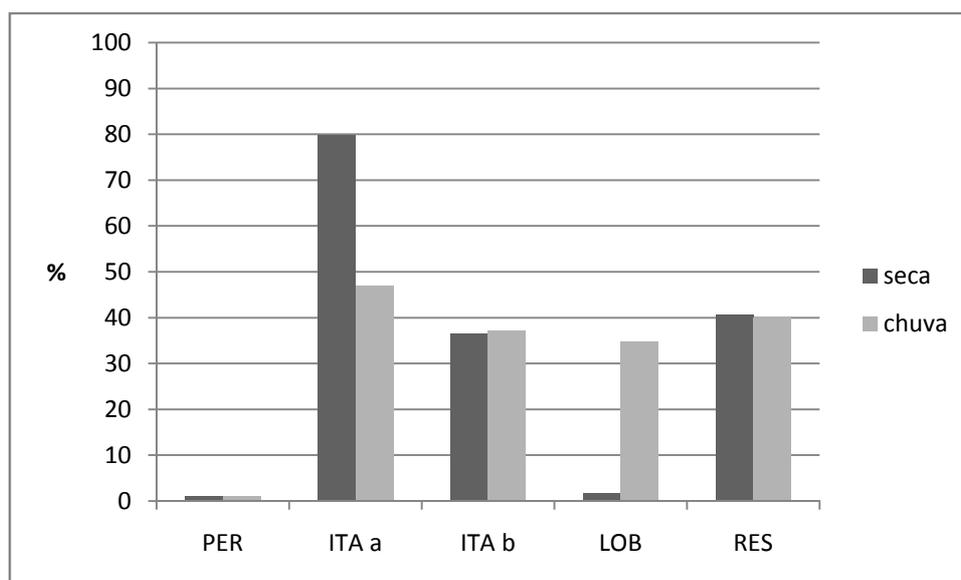


Figura 26 - Fração de matéria orgânica nas amostras de sedimentos da represa do Lobo (Broa) junto a quatro estandes de macrófitas (Pontos PER, ITA a, ITA b, LOB) e em local sem macrófitas, no centro da represa (RES) amostradas em agosto e novembro 2010.

O ponto RES, apresentou um teor de 41% e 40% na seca e na chuva respectivamente, seguido do ponto ITA b, que apresentou uma concentração de matéria orgânica próximo aos 37% em ambos os períodos amostrados. No ponto LOB, os teores de matéria orgânica foram distintas, como a avaliação

granulométrica das amostras. O baixo teor de matéria orgânica na amostra do período seco é indicado pela predominância de areias mais grossas. Esta relação também é verificada em amostras do ponto PER, que é composto basicamente por areias mais grossas e com baixos teores de matéria orgânica, com pouco mais de 1%, nos dois períodos avaliados. Apesar da ocorrência maciça da espécie *Mayaca fluviatilis* neste local, o baixo teor de matéria orgânica pode estar relacionado à estrutura desta espécie, que diferente das demais, possuem menor biomassa, e filamentos mais finos, o que possivelmente podem ser degradados mais rapidamente, ocasionando um menor acúmulo da matéria.

Nos pontos ITA a e LOB foram verificadas maiores variações nos teores de matéria orgânica nos sedimentos amostrados, comportando-se distintamente na seca e na chuva. No período de chuvas, no ponto ITA a houve um decréscimo no teor de material orgânico no sedimento ao passo que no ponto LOB, houve um aumento.

Conforme citado, o teor de matéria orgânica no ponto RES foi relativamente alto, algo em torno de 40%, sendo similar ao apresentado nos pontos das áreas alagadas. Em estudos dos sedimentos realizados por Trindade (1980) no reservatório do Broa, não foi possível afirmar a origem da matéria orgânica, se autóctone ou alotóctone.

Whitaker (1993), verificou diferentes teores de matéria orgânica no sedimento na área do Broa. O rio Itaqueri apresentou concentração máxima de matéria orgânica em 54 % e no Ribeirão do Lobo de 47%. Já nas medições realizadas por Delello (2008), os teores máximos de matéria orgânica foram de 12% e 17% no Itaqueri e no Lobo respectivamente, valores estes bem menores da atual pesquisa.

A regularidade das inundações influencia o potencial do sistema para a sucessão ou maturação (MARGALEF, 1968). A colonização de macrófitas aquáticas nas áreas alagadas induz a retenção e alteração do fluxo de água superficial, contribuindo para o aumento da sedimentação do material em suspensão e da retenção de sedimentos, promovendo um acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos, conforme verificado, sobretudo na área drenada pelo rio Itaqueri.

## **4.4. CARACTERIZAÇÃO DAS MACRÓFITAS AQUÁTICAS**

### **4.4.1. Área de ocupação das macrófitas aquáticas**

As macrófitas aquáticas ocorrem em todo o contorno do reservatório do Broa, porém é em sua porção superior, na área alagada, em que se concentram a maioria das espécies de macrófitas aquáticas. Esta área possui baixas profundidades, permanentemente inundada, com pouca variação da altura da coluna d'água. Nesta área, se localizam dois importantes tributários, o Ribeirão do Lobo e o rio Itaqueri que contribuem para a diversificação de habitats propiciando a colonização das espécies vegetais aquáticas.

De acordo com Whitaker (1993), o Ribeirão do Lobo e o rio Itaqueri são responsáveis por aproximadamente 80% do influxo de água do reservatório com vazões médias de  $0,776 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  e  $0,302 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  respectivamente. As características descritas pela autora para a área alagada do Broa, ainda podem ser observadas atualmente. A autora descreve o rio Itaqueri, que penetra na represa através da área alagada, formando inúmeros meandros, onde há uma deposição preferencial dos sedimentos e colonização abundante de macrófitas. Whitaker (1993), ainda cita em seu trabalho, que em até 1990, os estandes limitavam-se a formação de pequenas ilhas. A deposição de sedimentos vem proporcionando uma mudança fisionômica no ambiente, ocorrendo o fechamento da área e aumento de substratos colonizados por espécies vegetais aquáticas, conforme verificado pela autora e claramente verificado nos dias de hoje. O estudo ainda descreve a área alagada do Ribeirão do Lobo, que se diferencia pela presença de um canal principal pelo qual o rio entra, cuja margem direita limita a mata de galeria composto de uma vegetação preservada, cujo o fluxo deste corpo d'água sofre um certo represamento e espalha-se lateralmente sobre a outra margem, como resultado da formação de depósitos de sedimentos na cabeceira do reservatório e da topografia da área.

A ocorrência de macrófitas aquáticas nas áreas alagadas do Broa se dá pela formação de grandes aglomerados, também denominados de estandes.

No último levantamento sobre as espécies aquáticas no reservatório do Broa, apresentado por Delello em 2008, foram identificadas 69 espécies. Menezes (1984), em seu estudo acerca da produção primária e biomassa de três espécies predominantes, registrou a ocorrência de 40 distintos organismos. Mesmo sendo verificado um acréscimo na contabilização de espécies de macrófitas aquáticas no reservatório do Broa e diante da escassez de estudos acerca da composição destas plantas neste reservatório, é impossível afirmar se houve realmente um incremento de espécies aquáticas, fazendo parte do processo de sucessão das áreas alagadas.

A determinação das áreas dos estandes das espécies de macrófitas aquáticas no reservatório do Broa, pelos métodos tradicionais de varredura, ou seja, a realização do percurso por toda esta área, seria uma tarefa ideal, porém não tão simples de ser realizada, devido a impossibilidade de navegação com embarcação adequada às áreas mais internas do alagado, pelo adensamento das mesmas. No entanto, algumas estimativas acerca da área de ocupação de algumas espécies de macrófitas aquáticas foram realizadas no reservatório do Broa, conforme indicados na Tabela 5.

Gazarini (1983), em seu estudo sobre a ecologia da espécie *Mayaca fluviatilis* estimou uma área de ocupação para esta espécie em 0,619 km<sup>2</sup>, tanto em sua forma terrestre, quanto aquática, sendo que a área ocupada por todas as espécies foi de 0,805 km<sup>2</sup> entre os anos de 1979 e 1980. Menezes (1984) estimou uma área total de 0,81 km<sup>2</sup>, sendo que as espécies *Mayaca fluviatilis* e *Nymphoides indica* foram responsáveis por mais da metade da área total ocupada.

Tabela 5 – Área de ocupação de algumas espécies de macrófitas aquáticas no reservatório do Broa.

| Área do reservatório | Macrófitas Aquáticas (Total) | <i>Mayaca fluviatilis</i> | <i>Eichhornia crassipes</i> | <i>Salvinia auriculata</i> | <i>Nymphoides indica</i> | <i>Pontederia cordata</i> | Autor           |
|----------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|
| 6,8                  | 0,805                        | 0,619                     | -                           | -                          | -                        | -                         | GAZARINI (1983) |
| -                    | 0,81                         | 0,33                      | -                           | -                          | 0,27                     | 0,04                      | MENEZES (1984)  |
| 6,57                 | 1,063                        | 0,207                     | 0,037                       | 0,057                      | -                        | -                         | Atual estudo    |

Nesta pesquisa, estimou-se uma área de 1,063 km<sup>2</sup>, sendo que aproximadamente 0,21 km<sup>2</sup>, é ocupado pela espécie *Mayaca fluviatilis*,

formando um amplo tapete no ponto PER; 0,04 km<sup>2</sup> de *Eichhornia crassipes* e 0,057 km<sup>2</sup> de *Salvinia auriculata*, sendo que estas duas últimas estavam presentes predominantemente entre as áreas alagadas do rio Itaqueri e Lobo, formando bancos homogêneos e associados a outras espécies.

As figuras 27 a 30 apresentam mapas ilustrativos de diversos autores, da distribuição das macrófitas aquáticas e a área alagada.

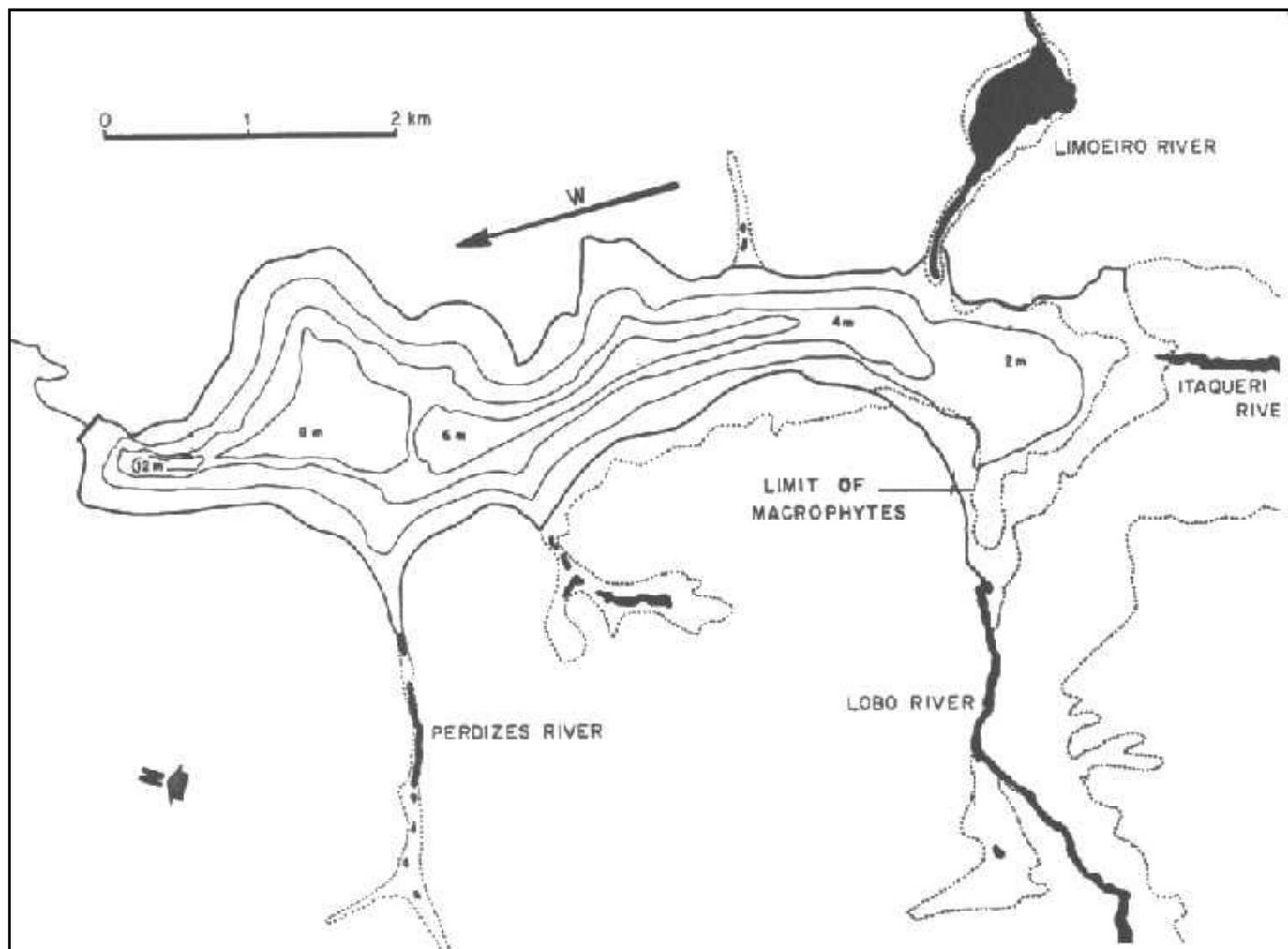


Figura 27 – Mapa batimétrico do reservatório do Broa, indicando as áreas alagáveis. (Fonte: TUNDISI, 1977).

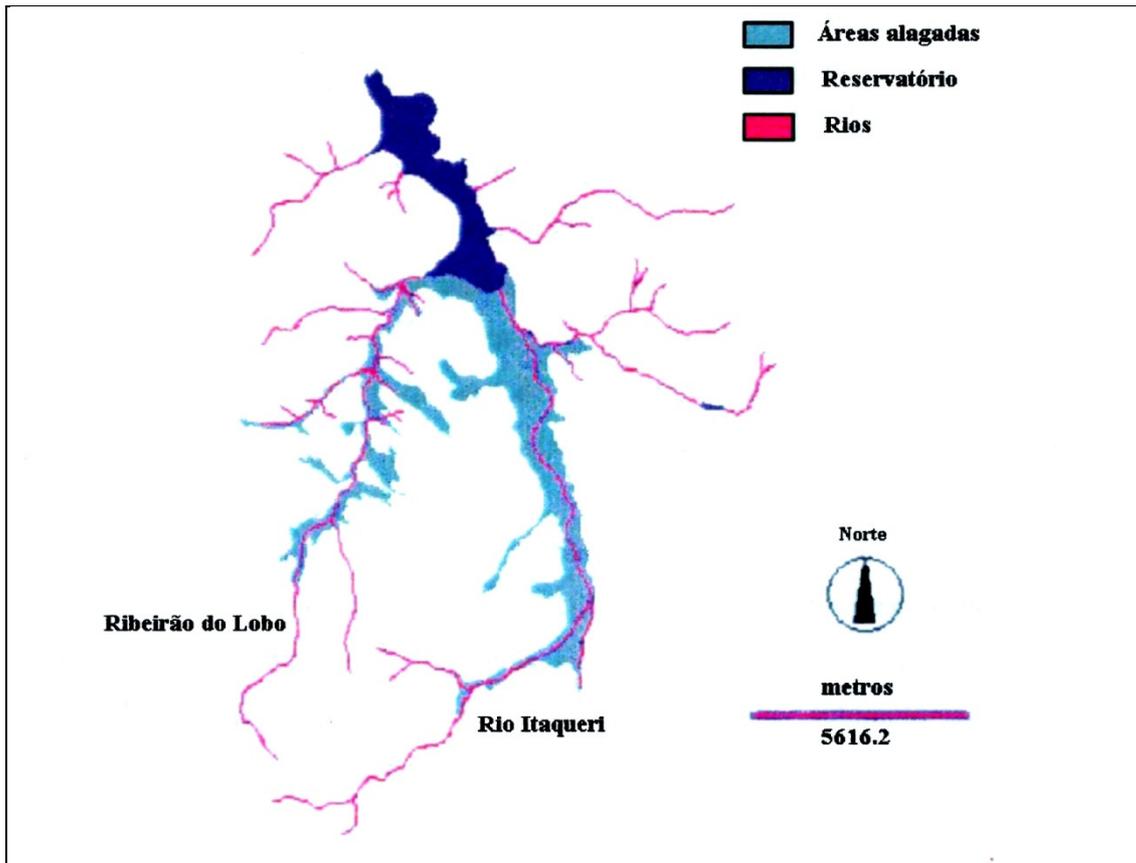


Figura 28 - Mapa de áreas alagadas do Broa (Fonte: Figueroa, 1996).

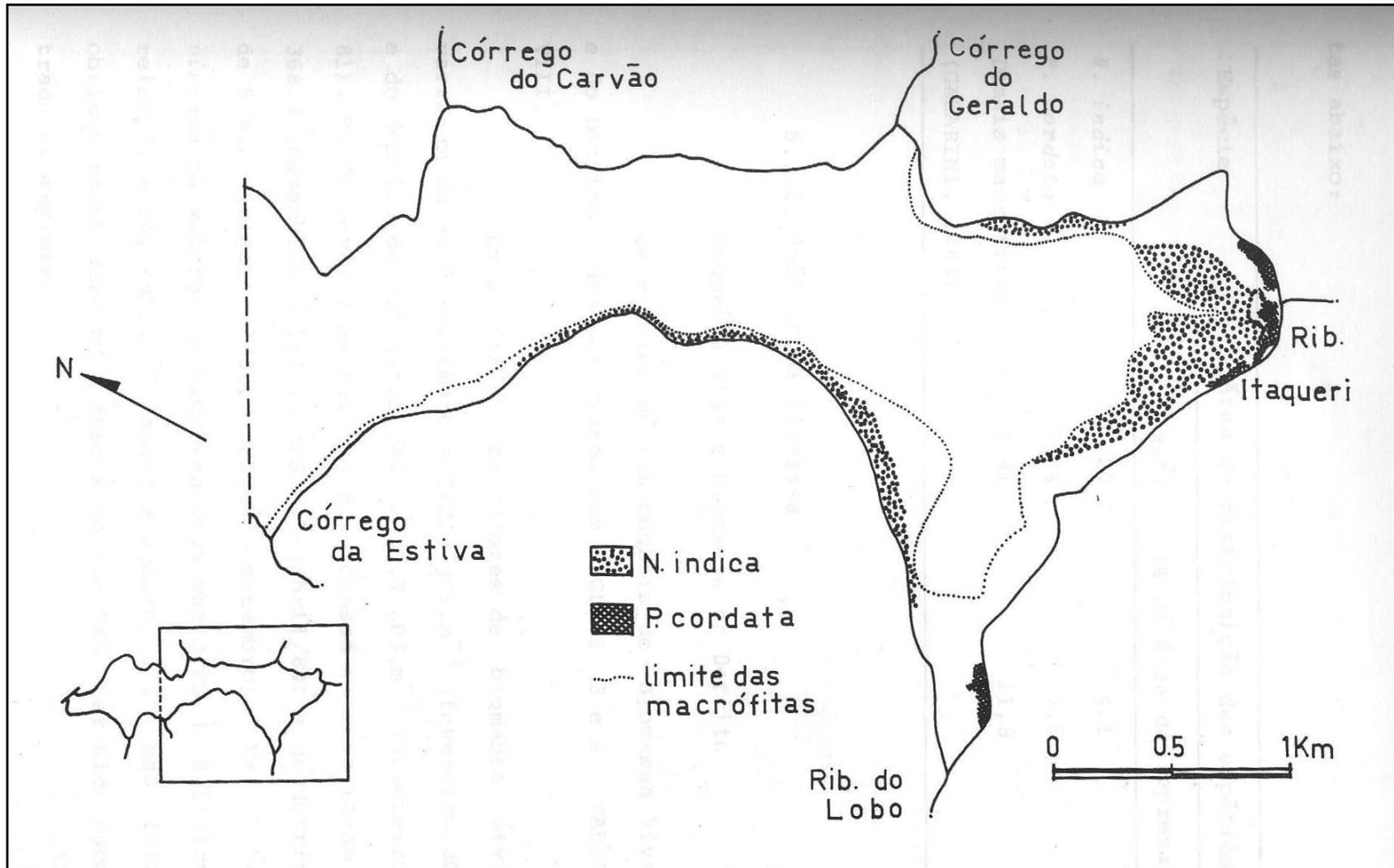


Figura 29 - Mapa de distribuição das espécies *Nymphaea indica* e *Pontederia cordata* (Fonte: Menezes, 1984).

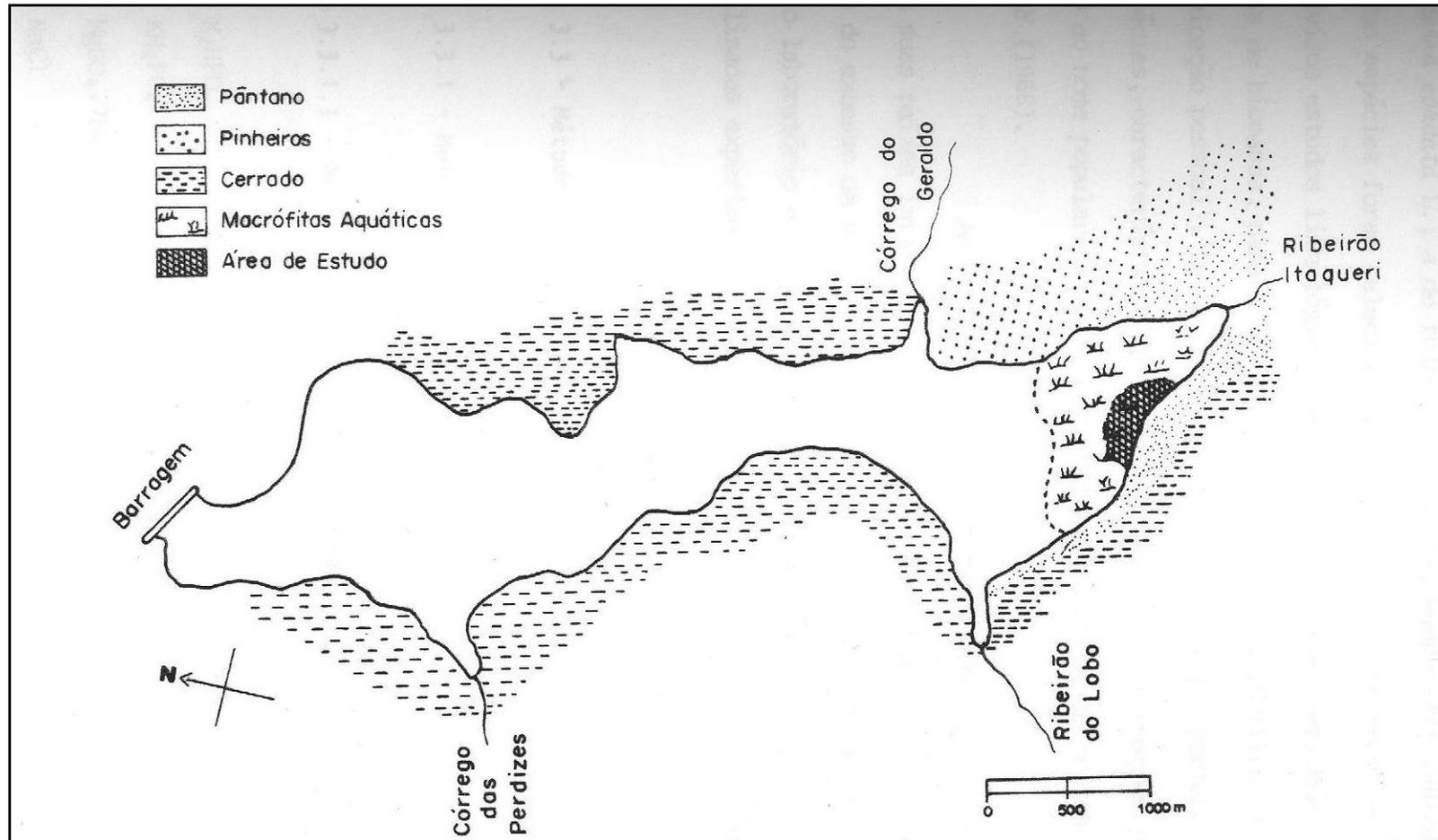


Figura 30 – Aspecto geral do reservatório do Broa com sua vegetação marginal (Fonte: Strixino, 1973).

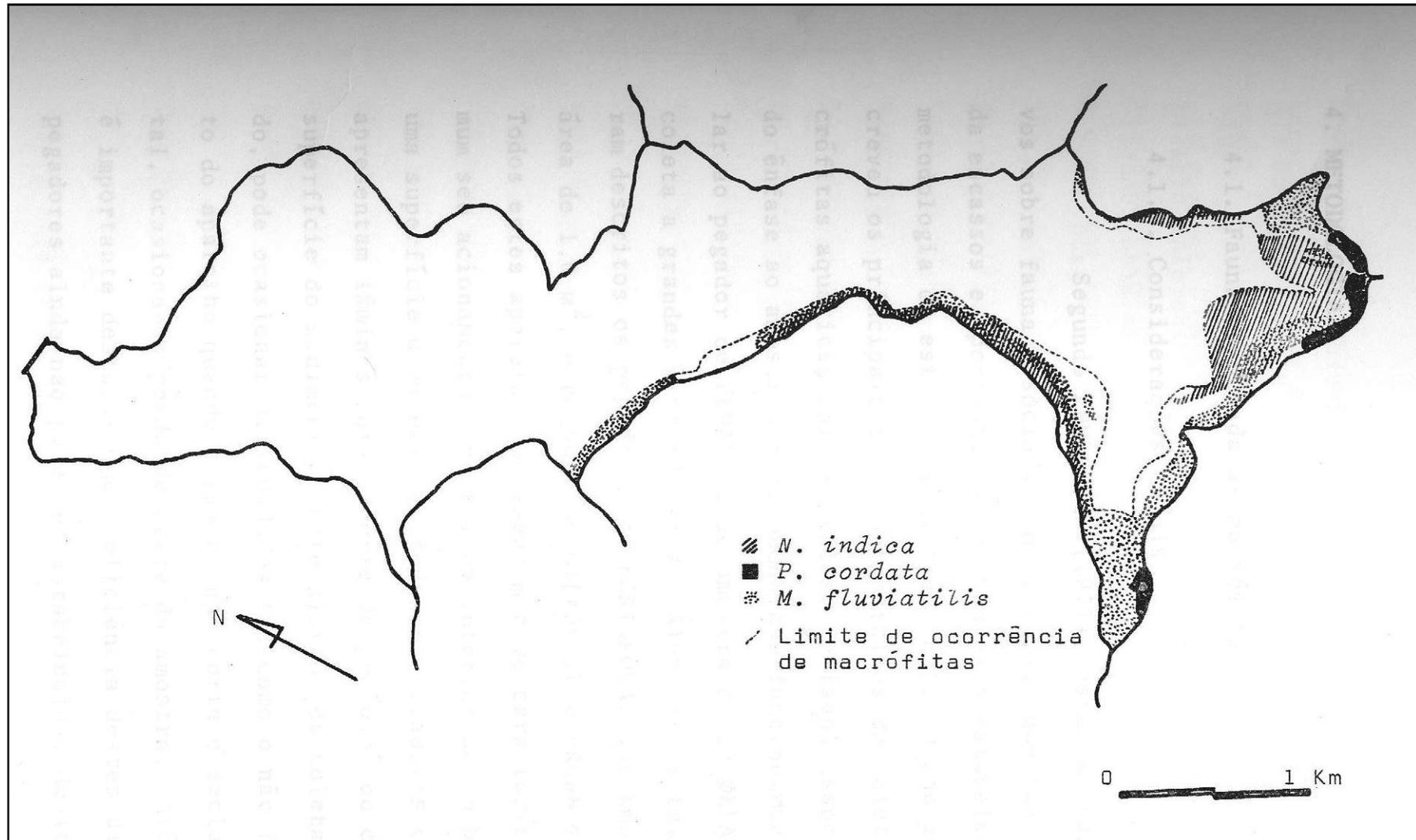


Figura 31 - Mapa de distribuição das espécies *Nymphoides indica*, *Pontederia cordata* e *Mayaca fluviatilis*. (Fonte: Camargo, 1984).

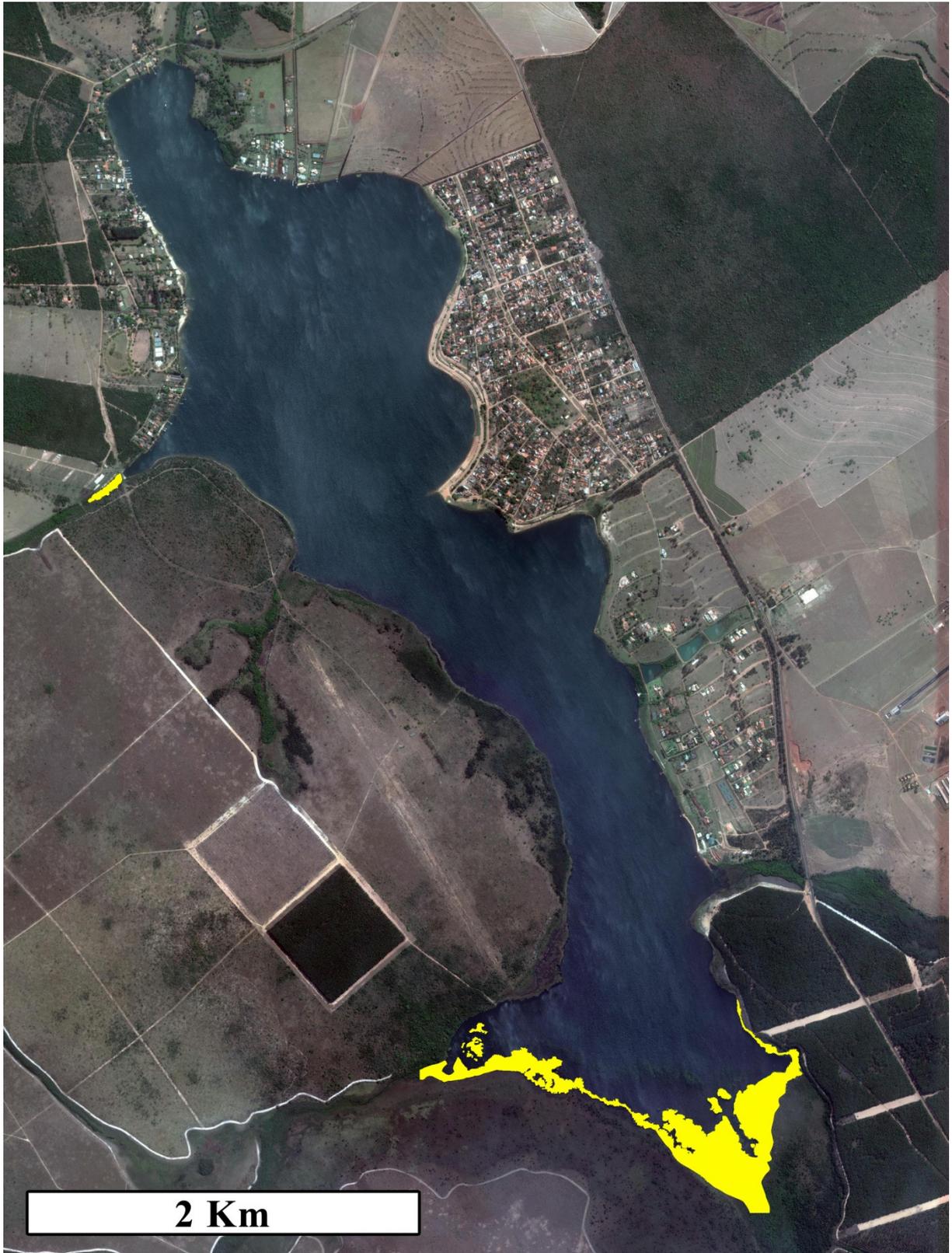


Figura 32 – Imagem do Google Earth de 07 de julho de 2011 do reservatório do Broa, indicado em amarelo os locais avaliados neste estudo com a presença de macrófitas.

#### 4.4.2. Biomassa e teor de água

A Figura 33 apresenta o peso médio da biomassa seca por metro (g PS.m<sup>-2</sup>) quadrado das macrófitas aquáticas utilizadas nos experimentos.

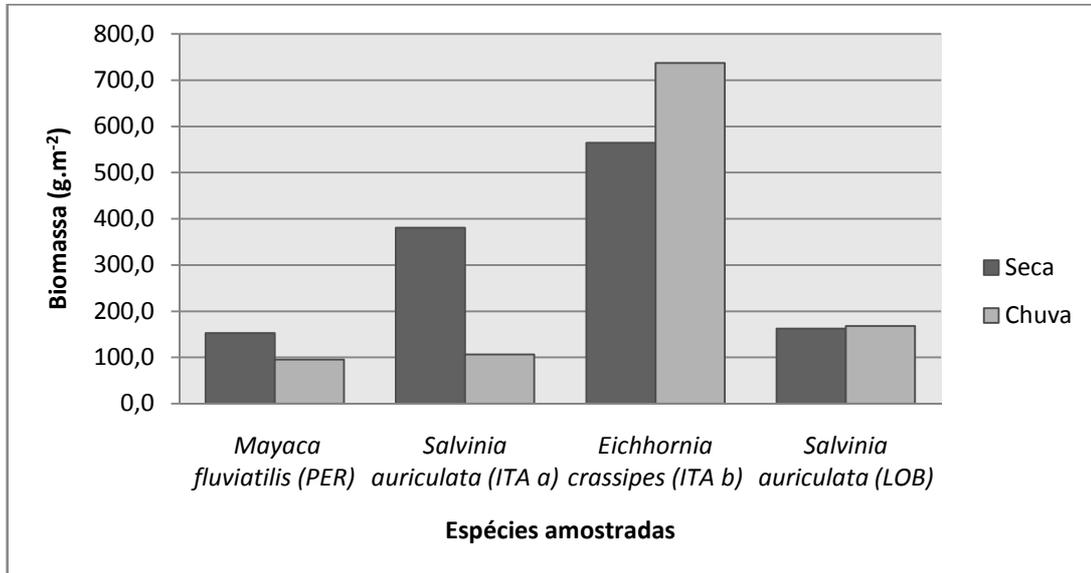


Figura 33 – Biomassa média das espécies de macrófitas aquáticas amostradas nos períodos de seca e chuva.

A espécie de macrófita aquática *Eichhornia crassipes* amostrada na área alagada do Broa (Ponto ITA b) apresentou a maior biomassa dentre as espécies avaliadas, alcançando 736,93 g PS.m<sup>-2</sup> no período de chuva e 564,38 g PS.m<sup>-2</sup> na época seca. A espécie *Mayaca fluviatilis*, amostrada no Córrego das Perdizes (PER), foi de 153 g PS.m<sup>-2</sup> e 107 g PS.m<sup>-2</sup> nos períodos seco e chuvoso respectivamente.

Para fins comparativos indivíduos da espécie de macrófita flutuante *Salvinia auriculata* foram amostradas em duas áreas alagadas formadas pelas contribuições do rio Itaqueri (ITA a) e Ribeirão do Lobo (LOB). A biomassa desta espécie apresentou diferenças significativas entre os períodos estudados no ponto ITA a, ao passo que no ponto LOB, a biomassa apresentou um pequeno aumento de peso na amostragem realizada no período de chuvas quando comparada à seca. Em agosto de 2010 (seca), no Ponto ITA a, a biomassa média desta espécie foi de 380,82 g.m<sup>-2</sup>, e no Ribeirão do Lobo (LOB) a biomassa foi de 162,62 g.m<sup>-2</sup>. Em novembro (chuva), a biomassa desta espécie foi maior no ponto LOB, sendo registrado 167,92 g.m<sup>-2</sup> e no ponto ITA a 106,3 g.m<sup>-2</sup>, local este cujos indivíduos se encontravam mais

esparsados em virtude do aumento da descarga do rio Itaqueri e consequente dispersão dos estandes.

A figura 34 apresenta os teores de água nas espécies amostradas. A evapotranspiração que as plantas aquáticas realizam são consideradas um importante fator para as perdas de água nos ambientes onde estes vegetais colonizam (Pitelli, 1998). Este trabalho não visa caracterizar as taxas de perda de água do reservatório do Broa nem das plantas aquáticas nele presentes, no entanto indica potencial contribuição delas em virtude de sua constituição predominantemente líquida como verificado adiante. Estudos indicam fatores como condições ambientais, nível de água, morfologia de plantas dentre outros responsáveis por diferenças no teor de água das plantas aquáticas (Rosa et al, 2009; Scuderi 2010).

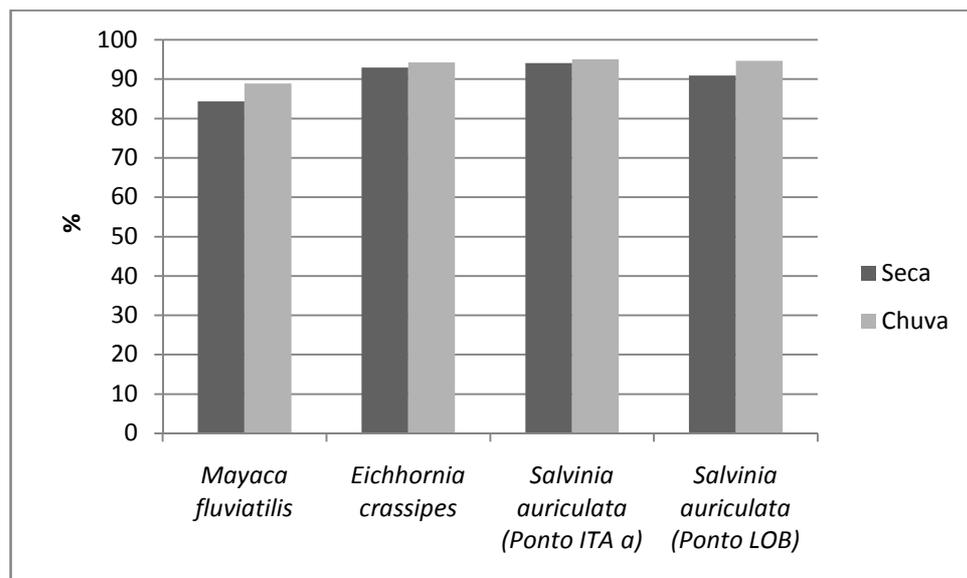


Figura 34 – Teor de água nas espécies estudadas nos períodos de seca e de chuva.

A espécie submersa enraizada *Mayaca fluviatilis* apresentou o menor teor de água, com 84% na seca e 88% no período chuvoso. As demais espécies apresentaram mais água em seus tecidos, com mais de 90% em ambos períodos. Menezes (1984) verificou que as espécies *Utricularia breviscapa*, *Pontederia cordata* e *Nymphoides indica* apresentaram um teor médio de água de 96%, 90% e 92% respectivamente.

Foi possível verificar que todas as espécies amostradas apresentaram um maior teor de água no período de chuvas quando comparado ao período de seca, com uma variação significativa ( $p < 0,05$ ).

#### 4.4.2. Teor de Cinzas

O teor de cinzas nas espécies vegetais indica a diferença dos conteúdos orgânico e mineral das plantas e estão ilustrados na Figura 35.

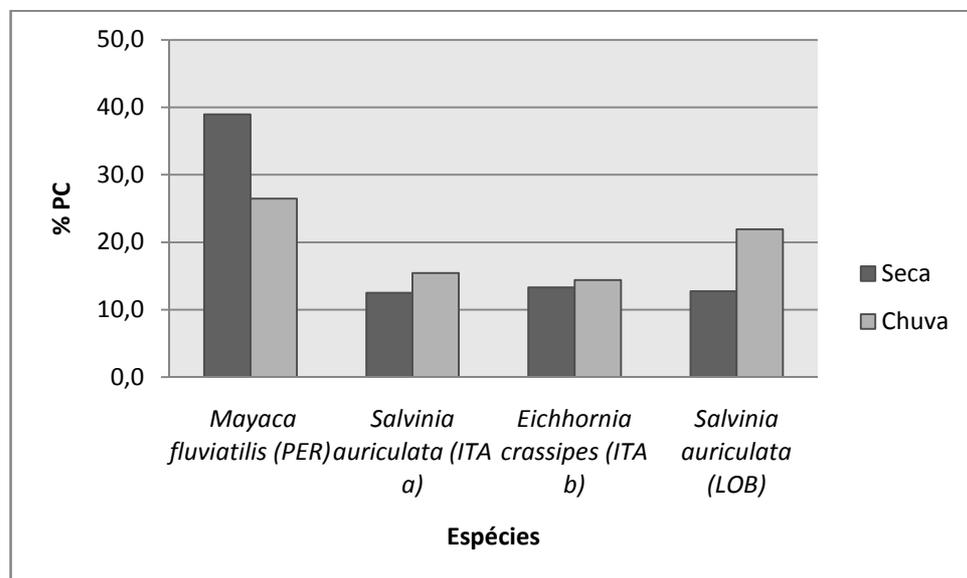


Figura 35 - Teor de cinzas das espécies estudadas nos períodos de seca e chuva.

A espécie *Mayaca fluviatilis* foi a planta que apresentou o maior teor de cinzas em sua estrutura, atingindo 38% do seu peso seco. O fato de esta espécie ser a única submersa enraizada pode indicar a contribuição do sedimento em um maior teor de cinzas em sua biomassa. Barbieri verificou que a espécie *Utricularia breviscapa*, que como a *M. fluviatilis*, apresenta maior teor de cinzas (15,0%), devido ao seu hábito submerso e possuir pouco material estrutural.

A espécie *Salvinia auriculata*, presente no ponto ITA a não apresentou diferença significativa de teores de cinzas entre os dois períodos amostrados, ao passo que no ponto LOB, a mesma espécie, sofreu um aumento destes teores na época de chuva.

No presente estudo foi possível identificar mudanças importantes nos teores de cinza (compostos inorgânicos) entre as amostragens de agosto e novembro de 2010. Com exceção da espécie *Mayaca fluviatilis*, todas as outras apresentaram incremento no teor de cinzas em seus tecidos; esta mesma espécie apresentou uma maior concentração de matéria inorgânica em seus tecidos, se comparada as outras espécies estudadas. Possivelmente, os maiores teores de cinzas e matéria orgânica das espécies de macrófitas aquáticas estejam relacionados ao seu modo de vida e a sua composição química, o que possivelmente explicaria um maior PC na enraizada *M. fluviatilis*.

Em *Eichhornia crassipes* o teor médio de cinzas foi de 13,84%. Esta mesma espécie, apresentou, em distintos reservatórios, peso médio de cinzas de 17,41% (ESTEVEES, 1982).

#### **4.4.3. Nitrogênio e Fósforo em macrófitas aquáticas**

O estoque de nutrientes refere-se à quantidade de cada elemento que os compartimentos do sistema podem acumular. A biomassa das macrófitas aquática é o principal fator na determinação do nível de estoque de nutrientes (Esteves, 1988).

Howard-Willians e Junk (1977) indicam que devido às altas concentrações de nutrientes nas macrófitas, quando comparados com sedimento e água, as plantas aquáticas realizam importante papel na nutrição mineral dos ecossistemas aquáticos.

A figura 36 apresenta as concentrações de nitrogênio total em macrófitas aquáticas.

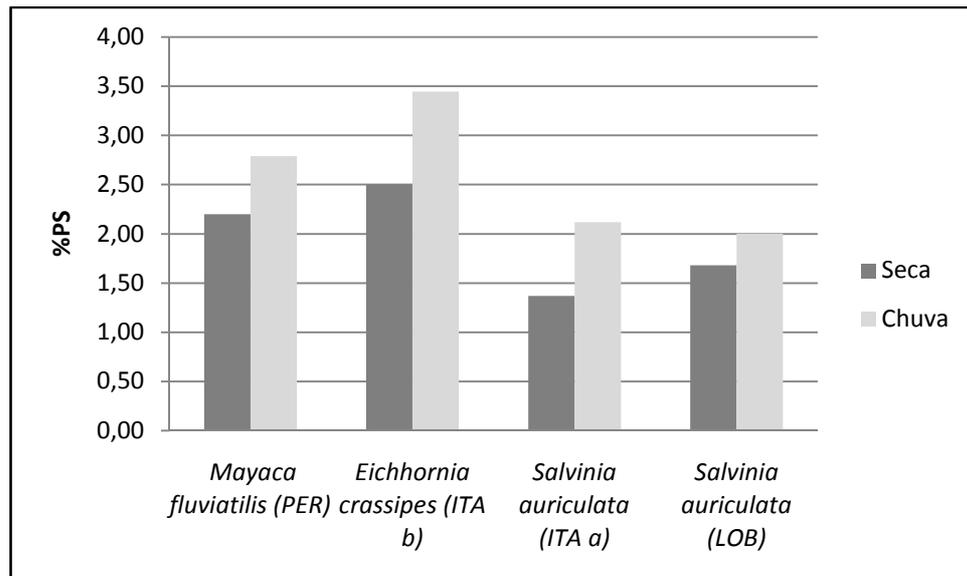


Figura 36. Concentração de nitrogênio em macrófitas aquáticas presentes em áreas alagadas na represa do Lobo (Broa) nos pontos PER, ITA a, ITA b, LOB amostradas nos períodos de seca e chuva.

Em todas as espécies amostradas foi verificado um incremento da concentração de nitrogênio no período de chuvas em relação à seca. Porém este incremento do nutriente não foi observado em amostras de água e dos sedimentos, indicando a possibilidade destes vegetais estarem assimilando o nitrogênio em fontes diferentes a estas avaliadas.

A espécie de macrófita aquática flutuante *Eichhornia crassipes* foi a que apresentou maior conteúdo de nitrogênio total em seus tecidos, com 2,50 e 3,44 %PS nos períodos de seco e chuvoso respectivamente, seguido da espécie submersa fixa *Mayaca fluviatilis*, com 2,20 e 2,79 %PS, em ambos os períodos amostrados.

A espécie *Salvinia auriculata* apresentou as menores concentrações nos dois ambientes de ocorrência (ITAA e LOB). No ponto ITA a as concentrações de nitrogênio foram de 1,37 %PS na seca e 2,12 %PS na estação chuvosa, já no Ribeirão do Lobo, (ponto LOB) as concentrações foram 1,68 e 2,00 %PS na seca e na chuva respectivamente.

As concentrações de nitrogênio nas espécies *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* também foram avaliados nas distintas partes das plantas (Tabela 6). As raízes destas plantas apresentaram concentrações mais elevadas que em outras partes. Na *Eichhornia crassipes* a concentração média de nitrogênio nas raízes

foram de 3,07 e 4,56 %PS. Em suas folhas os teores médios foram 2,23 e 3,84 %PS em agosto e novembro de 2010 respectivamente. Nos pecíolos as concentrações nos mesmos períodos foram 2,65 e 2,16 mg.g<sup>-1</sup>.

Nogueira (1989), em seu estudo sobre o conteúdo de nutrientes nas espécies *Eichhornia azurea* e *Scirpus cubensis* da Lagoa do Infernã, verificou as menores concentrações de nitrogênio nos rizomas das plantas.

No estudo desenvolvido por Barbieri (1984) em diferentes espécies de macrófitas aquáticas no reservatório do Broa verificou-se que as concentrações que oscilaram entre 0,4 %PS para o colmo de *Andropogon bicornis* e 3,4 %PS para o limbo de *Nymphoides indica*.

Tabela 6 – Concentrações de nitrogênio em diferentes partes das plantas avaliadas nos períodos de seca e de chuva.

| Espécie                                | Fração           | Seca | Chuva |
|--|------------------|------|-------|
| <i>Mayaca fluviatilis</i>              | plantas inteiras | 2,11 | 2,79  |
|  | plantas inteiras | 2,50 | 2,93  |
| <i>Eichhornia crassipes</i>            | raiz             | 3,07 | 4,56  |
|  | lâmina (folha)   | 2,23 | 3,84  |
|  | limbo            | 2,66 | 2,16  |
| <i>Salvinia auriculata</i> (Estande 1) | plantas inteiras | 1,37 | 2,12  |
|  | raiz             | 2,60 | 3,86  |
|  | folha            | 1,50 | 2,23  |
| <i>Salvinia auriculata</i> (Estande 2) | plantas inteiras | 1,43 | 2,00  |
|  | raiz             | 1,93 | 2,28  |
|  | folha            | 2,93 | 0,84  |

## Fósforo

As concentrações de fósforo total em macrófitas variaram de 0,08 % do seu peso seco (% PS) na espécie *Mayaca fluviatilis* a 0,22 % PS na espécie *Salvinia auriculata* para plantas inteiras.

No Ponto PER, a espécie *M. fluviatilis* apresentou um decréscimo na concentração deste nutriente no período chuvoso em relação ao período seco. Já os exemplares de *Salvinia auriculata* amostrados no Ponto ITA a, apresentaram um

aumento na concentração de fósforo total em sua biomassa de 0,12 % PS para 0,23% PS.

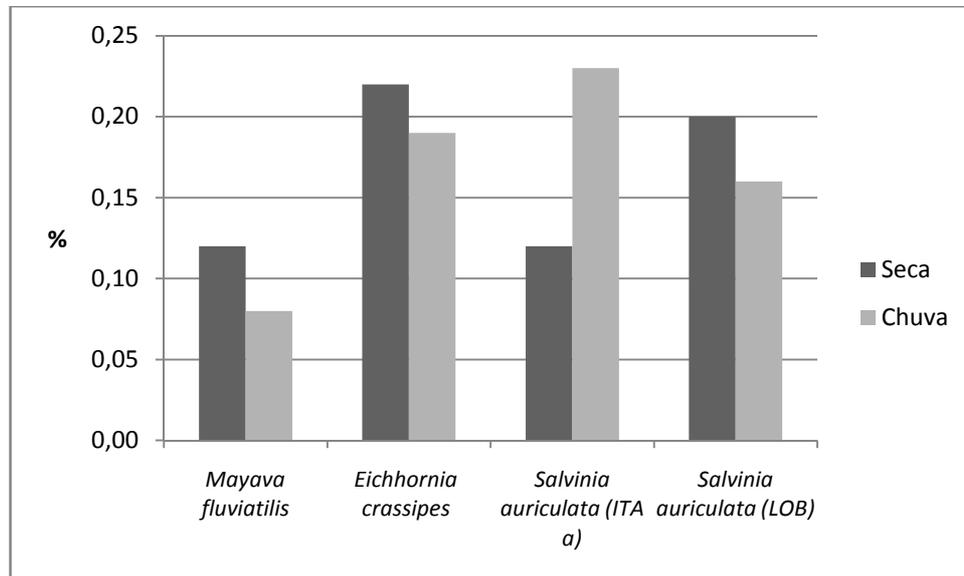


Figura 37– Concentração média de fósforo total em macrófitas aquáticas (plantas inteiras) nos períodos amostrados.

A Tabela 7 apresenta as concentrações de fósforo total em distintas estruturas das espécies de macrófitas aquáticas amostradas no reservatório do Broa. A espécie *Mayaca fluviatilis* apresentou decréscimo, passando de 0,12 a 0,08 % do peso seco. Entre as espécies avaliadas, o maior teor deste elemento foi registrado para *Salvinia auriculata* no período chuvoso (0,23%) e em *Eichhornia crassipes* (0,22%) na seca.

Tabela 7. Concentração de fósforo total na planta inteira e em partes das espécies estudadas no reservatório do Lobo nos períodos de agosto e novembro de 2010.

| Espécie                                | Fração         | % Fósforo PS |       |
|--|----------------|--------------|-------|
|  |                | seca         | chuva |
| <i>Mayaca fluviatilis</i>              | Inteira        | 0,12         | 0,08  |
|  | Inteira        | 0,22         | 0,19  |
| <i>Eichhornia crassipes</i>            | Folha (lâmina) | 0,21         | 0,19  |
|  | Pecíolo        | 0,14         | 0,14  |
|  | Raiz           | 0,2          | 0,24  |
| <i>Salvinia auriculata</i> (Estande 1) | Inteira        | 0,12         | 0,23  |
|  | Folha          | 0,12         | 0,21  |
|  | Raiz           | 0,15         | 0,23  |
| <i>Salvinia auriculata</i> (Estande 2) | Inteira        | 0,2          | 0,16  |
|  | Folha          | 0,12         | 0,14  |
|  | Raiz           | 0,12         | 0,15  |

Entre as partes avaliadas separadamente das plantas não foram verificadas variações significativas da concentração de fósforo. Nos dois períodos avaliados as raízes das plantas presentes no ponto ITA a foram superiores as plantas presentes no ponto LOB.

As macrófitas aquáticas representam um dos principais compartimentos estocadores nutrientes. A biomassa acumula aproximadamente 2,5 vezes mais nitrogênio e fosfato do que a água (NOGUEIRA, 1989). No presente estudo, estes vegetais apresentaram altos teores de fósforo em relação às concentrações no sedimento e na água, reforçando o seu conceito de fonte reservatório (estoque) de fósforo.

As menores concentrações de fósforo total foram encontradas na *Mayaca fluviatilis*, com média de 0,12 % do peso seco (PS) na seca e 0,08% PS no período chuvos. Nos sedimentos colonizados pelo estande, a concentração de fósforo subiu de 0,01 para 0,03 mg.g<sup>-1</sup>, ao passo as concentrações deste nutriente na água, reduziram de 15,52 µg.L<sup>-1</sup> na seca para 1,96 µg.L<sup>-1</sup> nas chuvas, em torno de 8 vezes menos, indicando uma possível precipitação do fósforo.

Barbieri (1984) verificou um conteúdo maior de fósforo nas flores de *N. indica*, atingindo 0,37% do peso seco

A Tabela 8 apresenta uma série de dados referentes às concentrações de fósforo em distintas estruturas vegetativas de algumas espécies de macrófitas aquáticas em distintos locais no Brasil. Pelos dados expostos, verifica-se uma variação nos teores deste elemento nas diferentes partes das plantas.

Tabela 8 – Estudos que indicam as concentrações de fósforo total em plantas inteiras e em suas estruturas.

| Espécies                      | Fração          | % P peso seco  |       |       | Local                | Autor(es)                     |
|-------------------------------|-----------------|----------------|-------|-------|----------------------|-------------------------------|
|                               |                 | mín            | máx   | média |                      |                               |
| <i>Mayaca fluviatilis</i>     | Planta Inteira  | 0,001          | 0,211 | 0,05  | Lagoa Dourada -SP    | Alves, 1993                   |
|                               | Forma aquática  |                |       | 0,60  | Represa do Lobo      | Gazarini, 1983                |
|                               | Forma terrestre |                |       | 2,00  | Represa do Lobo      | Gazarini, 1983                |
| <i>Utricularia breviscapa</i> | Planta Inteira  | 0,14           | 0,35  | 0,22  | Represa do Lobo      | Barbieri, 1984                |
|                               | Pecíolo         | 0,04           | 0,11  |       | Lagoa do Infernãõ-SP | Nogueira, 1989                |
|                               | Rizoma          | 0,04           | 0,12  |       | Lagoa do Infernãõ-SP | Nogueira, 1989                |
|                               | Raiz            | 0,05           | 0,12  |       | Lagoa do Infernãõ-SP | Nogueira, 1989                |
|                               | Ramo fértil     | 0,05           | 0,09  |       | Lagoa do Infernãõ-SP | Nogueira, 1989                |
|                               | Folha+raiz      |                |       | 0,84  | Lago Camaleão-AM     | Piedade <i>et al.</i> , 1997  |
|                               | Folha           |                |       | 1,47  | Lagoa do Infernãõ-SP | Nogueira, 1989                |
| <i>Eichhornia azurea</i>      | Pecíolo         |                |       | 1,37  | Lagoa do Infernãõ-SP | Nogueira, 1989                |
|                               | Rizoma          |                |       | 0,80  | Lagoa do Infernãõ-SP | Nogueira, 1989                |
|                               | Raiz            |                |       | 0,83  | Lagoa do Infernãõ-SP | Nogueira, 1989                |
|                               | Detrito         |                |       | 0,53  | Lagoa do Infernãõ-SP | Nogueira, 1989                |
|                               | Limbo           | 0,04           | 0,13  |       | Lagoa do Infernãõ-SP | Nogueira, 1989                |
|                               |                 | Planta Inteira |       |       | 0,11                 | Bariri-SP                     |
| <i>Eichhornia crassipes</i>   | Planta Inteira  |                |       | 0,15  | Promissão-SP         | Esteves, 1982                 |
|                               | Planta Inteira  |                |       | 0,13  | Rio Pari-SP          | Esteves, 1982                 |
|                               | Planta Inteira  |                |       | 0,10  | Jupirá-SP            | Esteves, 1982                 |
|                               | Planta Inteira  |                |       | 0,13  | Porto Colômbia-SP    | Esteves, 1982                 |
|                               | Planta Inteira  |                |       | 0,08  | Salto Grande-SP      | Esteves, 1982                 |
|                               | Lâmina          | 0,96           | 2,96  |       | Lago das Garças-SP   | Pompêo; Moschini-Carlos, 2004 |
| <i>Eichhornia crassipes</i>   | Pecíolo         | 0,5            | 1,38  |       | Lago das Garças-SP   | Pompêo; Moschini-Carlos, 2004 |
|                               | Detrito         | 0,6            | 1,62  |       | Lago das Garças-SP   | Pompêo; Moschini-Carlos, 2004 |
|                               | Raiz            | 1,21           | 3,16  |       | Lago das Garças-SP   | Pompêo; Moschini-Carlos, 2004 |
| <i>Salvinia auriculata</i>    | Planta Inteira  |                |       | 2,40  | Lago-AM              | Howard-Williams, 1977         |
|                               | Planta Inteira  |                |       | 0,78  | Lago Camaleão-AM     | Piedade <i>et al.</i> , 1997  |

As diferentes estruturas das plantas contribuem com distintas distribuições de fósforo. Em estudo realizado por Barbieri (1984), em espécies de macrófitas no Broa, as flores de *Nymphoides indica* e *Pontederia cordata* apresentaram o conteúdo mais alto do nutriente, em torno de 0,37% do peso seco. No presente estudo, as raízes de *Eichhornia crassipes* apresentou a maior concentração de

fósforo (0,24%), possivelmente pela complexidade de suas raízes e a possibilidade de acúmulo de detritos.

Esteves e Camargo (1986) apontam que as macrófitas aquáticas submersas, emersas e com folhas flutuantes tem suas raízes localizadas na zona reduzida do sedimento. Nesta zona, o fósforo encontra-se excluído do metabolismo do ecossistema lacustre quando ocorre uma camada oxidada na região superficial do sedimento, absorvendo portanto o fósforo da camada reduzida e o incorporam à sua biomassa, devolvendo-o por excreção e decomposição à coluna d'água.

### ***Considerações Ecológicas das Macrófitas Aquáticas no Reservatório do Broa***

Junk e Willians (1984), revelaram que as espécies livres flutuantes *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia auriculata* ocorrem em habitats com maiores concentrações de nutrientes e que as características reprodutivas desta última espécie aliadas a alta concentração de nutrientes e a fatores climáticos (elevada temperatura e luminosidade), podem determinar seu sucesso.

Os valores de biomassa das espécies estudadas no presente trabalho decresceram no período chuvoso (novembro de 2010) em relação ao período de seca (agosto de 2010). O mesmo ocorreu com as concentrações de fósforo na água em todo o Broa.

Estas plantas, predominantemente obtêm seus nutrientes da coluna d'água e, portanto a associação entre este grupo e concentrações de fósforo no sedimento pode ser um resultado da relação direta entre água e concentração de nutrientes no sedimento (BINI et. al., 1999).

A presença de espécies enraizadas restritas as zonas litorâneas, podem não ser influenciadas pelo estado trófico do ambiente, uma vez que a mesma retira seus nutrientes do sedimento (BIANCHINI, 2003). Moschini-Carlos (1991) não verificou relação entre a quantidade de biomassa de *Scirpus cubensis* por unidade de área e o tamanho de lagoas, nem entre a quantidade de biomassa e o estado trófico das mesmas.

As espécies de macrófitas flutuantes que retiram os nutrientes da coluna d'água para seu desenvolvimento os devolvem, através da excreção e da decomposição de sua biomassa para a própria coluna d'água, e as macrófitas enraizadas no sedimento retiram os nutrientes deste compartimento, enriquecendo ainda mais a coluna d'água (ESTEVES; CAMARGO, 1986). Para estes autores, o

crescimento contínuo de novos indivíduos de macrófitas em regiões tropicais provoca um equilíbrio de perda e ganho de nutrientes da comunidade durante todo o ano.

Barbieri (1984) ressalta que as espécies de macrófitas aquáticas estão diretamente relacionadas com a produtividade e a variação da biomassa total destas espécies e com a capacidade de cada uma delas em armazenar compostos orgânicos e inorgânicos. Este mesmo autor conclui que o detrito formado pela massa morta da espécie *Andropogon bicornis* pode ser considerado como matéria prima para formação de húmus, evidenciando a condição orgânica redutora do solo local, influenciando sobre o pH das águas rasas marginais, mantendo-as levemente ácidas durante o ano. Em seu estudo ficou evidenciado que as espécies de macrófitas influenciam não somente a dinâmica de matéria orgânica dissolvida (lipídios, amido carboidratos solúveis, polifenóis e proteínas) matéria orgânica particulada (fração de parede celular) e nutrientes (P, Ca, Mg, K, Na) da região litorânea, mas provavelmente, de todo o ecossistema. Estas plantas estudadas estocam diferentes concentrações de proteínas, K, Ca, Mg, P, N, funcionando como bombeadoras de nutrientes do sedimento para a coluna d'água.

Não se verificou uma mudança grande na temperatura da água nas áreas colonizadas por macrófitas aquáticas e na região sem a presença delas. Ao contrário do verificado por Nogueira (1989) na Lagoa do Infernã, onde a temperatura da água junto aos estandes foi em média 2°C superior à região limnética, devido a sua atuação como uma barreira física que impede a circulação da água.

Segundo HOWARD-WILLIAMS & LENTON (1975), na zona litoral de lagos com grande cobertura de plantas aquáticas, a desoxigenação da água é devida principalmente a três fatores: (a) reduzida movimentação da massa de água devida à presença da cobertura vegetal interferindo na oxigenação, (b) baixas taxas de fotossíntese fitoplanctônica na região de macrófitas aquáticas e conseqüentemente baixa produção de oxigênio, em função da menor intensidade luminosa e (c) consumo rápido do oxigênio produzido pelas plantas por organismos presentes no interior dos estandes. Além desses fatores, a temperatura mais elevada observada na superfície da água no estande reduz a solubilização desse gás e, conseqüentemente, a sua concentração na água.

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados expostos é possível concluir tomar as seguintes conclusões:

- A ação dos ventos que agem na área alagada do reservatório foi o principal fator contribuinte nas alterações das características na qualidade da água próximos aos estandes de macrófitas aquáticas.
- As áreas alagadas do reservatório do Broa apresentam distintas características físicas e químicas da água e dos sedimentos em virtude da contribuição individual dos diferentes corpos hídricos tributários do reservatório.
- As espécies de macrófitas avaliadas apresentaram distintas biomassa em virtude do arranjo estrutural das plantas e dos locais amostrados.
- As macrófitas aquáticas são importantes elementos do ecossistema, contribuindo para o armazenamento de nitrogênio e fósforo. As raízes das espécies *Salvinia auticulata* e *Eichhornia crassipes* são responsáveis por um maior armazenamento destes nutrientes.
- Entre os ambientes avaliados, verificou-se condição mais eutrófica na área alagada do rio Itaqueri em relação ao restante do reservatório, em virtude principalmente pela entrada de fósforo.
- O teor de água das plantas foi superior na estação chuvosa.
- A espécie *Mayaca fluviatilis* apresentou amplamente distribuída em águas de condições oligotróficas. Por outro lado as espécies flutuantes predominaram na área alagada do Broa, o estado de trofia de suas águas foram classificadas como eutrofizadas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. G. 1993. Dissertação de Mestrado. Distribuição de fósforo, nitrogênio e dos íons Ca, Mg, K e Na em três compartimentos (água, sedimento e macrófita submersa *Mayaca fluviatilis*) da Lagoa Dourada – SP. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade Federal de São Carlos.
- AMARAL, C.E. et al. 2008. Guia de Campo para Plantas Aquáticas e Palustres do Estado de São Paulo. 432 p
- ARGENTON, E. C. 2004. Limnologia, balneabilidade e impactos ambientais: uma análise temporal e espacial na represa do Lobo (Broa), SP. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. 146p.
- AWWA/APHA/WEF. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION . 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edition. Washington,
- AZEVEDO, J.C.R; MIZUKAWA, A.; TEIXEIRA, M.C.; PAGIORO, T.A. 2008. Contribuição da decomposição de macrófitas aquáticas (*Eichhornia azurea*) na matéria orgânica dissolvida. Oecol. Bras., 12 (1): 42-56.
- BARBIERI, R. 1984. Estudo da composição química de algumas espécies de macrófitas aquáticas e suas implicações para o metabolismo da represa do Lobo (Broa), SP. Dissertação de mestrado, São Carlos: UFSCar, 223 p.
- BARBIERI, R.; ESTEVES, F.A. 1991. The chemical composition of some aquatic macrophyte species and implications for the metabolism of a tropical lacustrine ecosystem - Lobo Reservoir, São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, 213: 33-140.
- BARCO, J.W., JAMES, W.F., 1998. Effects of submerged aquatic macrophytes on nutrient dynamics, sedimentation and resuspension. In: Jeppesen, E., Søndergaard, M., SØNDERGAARD, M., CHRISTOFFERSEN, K. (Eds.). The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes. Springer, New York, pp. 197-214.
- BIANCHINI JR., I.; PACOBAHYBA, L. D.; CUNHA-SANTINO, M. B. 2002. Aerobic and anaerobic decomposition of *Montrichardia arborescens* (L.) Schott. Acta Limnol. Bras. 14(3), 27-34.

BIANCHINI Jr., I. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2003. p. 87-126.

BIANCHINI Jr., I. 2003. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S.M.; BINI, L.M. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, p. 87-126.

BIANCHINI JR. I; CUNHA-SANTINO MB. 2008. As rotas de liberação do carbono dos detritos de macrófitas aquáticas. *Oecologia Brasiliensis*, 12 (1): 20-29

BINI L. M.; THOMAZ, S. M., MURPHY, K. J. & CAMARGO, A. F. M. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*, V. 415, p. 147-154, 1999.

BIUDES, J. F. V. & CAMARGO, A. F. M. 2008. Estudos dos Fatores Limitantes à Produção Primária por Macrófitas Aquáticas no Brasil. *Oecologia Brasiliensis*. 12: 7-19.

BOYDE, C.E. 1970. Vascular aquatic plants for mineral nutrient removal from polluted waters. *Economy Botany* 24:95-113.

CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G. 2003. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S. M. & Bini, L. M. Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas. Editora da Universidade Estadual de Maringá. Cap. 3, p. 59 – 83.

CAMARGO, A. F. M.; PEZZATO, M. M.; HENRY-SILVA, G. G.; ASSUMPÇÃO, A. M. 2006. Primary production of *Utricularia foliosa* L., *Egeria densa* planchon and *Cabomba furcata* Schult & Schult. from rivers of the coastal plain of the State of São Paulo, Brazil. *Hydrobiologia*, Netherlands, v. 570, n. 13 ref., p. 35–39.

CHALAR, G. & TUNDISI, J. G. 1999. Main processes in the water column determined by wind and rainfall at Lobo (Broa) Reservoir. Implications for phosphorus cycling. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers. p.53-65.

COELHO, K.S.1; ROCHA, O. Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento do reservatório do lobo (Itirapina, sp) e lagoa dourada (Brotas, sp). Disponível em [www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/holos/.../1469](http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/holos/.../1469)

COOK, C.D.K. Water plants of the world. The Hague: W. Junk, 1974. 561p.

CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR., I. 2000. Decomposição aeróbia e anaeróbia de *Salvinia auriculata* da lagoa do Infernã. Pp 631-643. In: J.E. Santos; J. S. R. Pires (Eds.), Estudos integrados em ecossistemas – Estação Ecológica de Jataí. Vol. 2. Rima, São Carlos. 867p.

CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR, I. 2001 Formação de compostos húmicos a partir da degradação de *Scirpus cubensis* e *Cabomba plauhyensis*. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 13: 35-43.

CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR., Colonização de macrófitas aquáticas em ambientes lênticos. 2011. Boletim da Ass. Brasileira de Limnologia (ABLimno). Disponível em: [http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol\\_39\(1-2\).pdf](http://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39(1-2).pdf)

DELELLO, D. 2008. Composição e distribuição (espacial e temporal) de macrófitas aquáticas no reservatório do Lobo (Broa), Itirapina, SP. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. 156p.

DUARTE, C. M., KALFF, J. & PETERS, R. H., 1986, Patterns in biomass cover of aquatic macrophytes in lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 1900-1908.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. SILVA, F. C. da coord. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 370p.

ESTEVES, F.A. 1982. Biomass and analysis of the major inorganic components on floating aquatic macrophyte (*Eichhornia crassipes* (MART.) SOLMS) in six reservoirs of São Paulo State (Brazil). *Ciênc. Cult.*, 34(9): 1196-1200.

ESTEVES, F. A.; CAMARGO, A. F. M. 1986. Sobre o papel das macrófitas na estocagem e ciclagem de nutrientes. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 1, p. 273-298 .

ESTEVEES, F.A. 1998. *Fundamentos de Limnologia. 2 ed.* Rio de Janeiro: Editora Interciência, 602p.

FIGUEIROA, F.E.V. 1996. Avaliação econômica de ambientes naturais. O caso das áreas alagadas. Uma proposta para a Represa do Lobo (Broa), Itirapina, SP. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

GAZARINI, L.C. 1983. Alguns aspectos ecológicos da macrófita *Mayaca fluviatilis* Aublet na Represa do Lobo (Brotas - Itirapina, SP). Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

HELBING, U. W.; ESTEVES, F. A.; TILZER, M. M.; STABEL, H. H. 1986. Influência dos produtos de decomposição da macrófita aquática *Nymphoides indica* (L.) O. KUNTZE, na composição química da água da represa do Lobo (Broa) - São Paulo. *Acta Limnologica Brasiliensia*, São Carlos, v. 1, p. 611-637.

HORPPILA, J.; NURMINEN, L. 2003. Effects of submerged macrophytes on sediment resuspension and internal phosphorus loading in Lake Hiidenvesi (southern Finland). *Water Research* 37, 4468–4474.

HOWARD-WILLIAMS, C.; LENTON, G.M. 1975. The role of the littoral zone in functioning of a shallow tropical lake ecosystem. *Freshwat. Biol.*, 5:445-459.

HOWARD-WILLIAMS, C.; JUNK, W. 1977. The chemical composition of central amazonian macrophytes with special reference to their role in the ecosystem. *Arch. Hydrobiol.*, 79: 445-64.

IRGANG, .B.E.; PEDRALLI, G. WAECHTER, J.I. 1984. Macrófitos aquáticos da Estacao Ecologica do Taim, Rio Grande do Sul, Brasil. *Roessleria*, v.6, p. 395-404.

LUZIA, A. P. 2009. Estrutura Organizacional do Fitoplâncton nos sistemas Lóticos e Lênticos da Bacia do Tietê-Jacaré (UGRHI Tietê-Jacaré) em Relação à Qualidade da Água e Sedimentos. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

- MATHEUS, C. E.; TUNDISI, J.G. 1988. Estudo Físico-químico e Ecológico dos rios da Bacia Hidrográfica do Ribeirão e Represa do Lobo. In TUNDISI, J. G. (ed.) Limnologia e Manejo de represas. Série Monografias em Limnologia. Vol. 1. Tomo 1. EESC-USP/CRHEA/ACIESP, p. 419-71.
- MARGALEF, R. 1968. Perspectives in Ecological Theory. University of Chicago. Press, Chicago-Illinois.
- MARTINS, H.F.; CARAUTA, J.P.P. Plantas aquáticas. Classificação e comentários. Atas da Sociedade Botânica do Brasil, v.2, n.13, 1984.
- MIDDELBOE, A. L.; MARKAGER, S. (1997), Depth limits and minimum light requirements of freshwater macrophytes. *Freshwater Biol.*, 37, 553-568.
- MOSCHINI-CARLOS, V. 1991. Aspectos ecológicos da associação vegetal de *Scirpus cubensis* na Lagoa do Infernã - SP. Dissertação de Mestrado, UFSCar, Depto. de Ciências Biológicas, 125 p
- MURPHY, K. J. 1988. Aquatic weed problems and their management: a review. II. Physical control measures. *Crop Protec.*, v. 7, p. 283-302.
- NOGUEIRA, F.M.B., 1989. Importância das macrófitas aquáticas *Eichhornia azurea* Kunth e *Scirpus cubensis* Poepp & Kunth na ciclagem de nutrientes e nas principais características limnológicas da Lagoa do Infernã (SP). Dissertação de mestrado, UFSCar, Depto de Ciências Biológicas, São Carlos, Brasil.
- NURMINEN, L.; HORPPILA, 2009. J. Life form dependent impacts of macrophyte vegetation on the ratio of resuspended nutrients. *Water Research*, v. 43, p. 3217-3226.
- OISHI, M.K. 1980. Determinação do potencial trófico das águas dos componentes da bacia hidrográfica da represa do Broa (Broa-Itirapina,SP), através de ensaio algal. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- WETZEL, R. G. 1993. *Limnologia*. Barcelona, Omega, 919 p.

WHITAKER, V. A. 1993. A área alagada da Represa do Lobo (Itirapina-SP) - os Processos Ecológicos associados ao Potencial de Desnitrificação dos Sedimentos. Tese de Doutorado. EESC/USP. 137 p.

PIEADADE, M.T.F., JUNK, W.J. & LONG, S.P. 1991. The productivity of the C4 grass *Echinochloa polystachya* on the Amazon floodplain. *Ecology* 72(4):1456-1463.

**PIEADADE, M.T.F.; JUNK, W.J. & LONG, S.P. 1997. Nutrient dynamics of the highly productive C4 macrophyte *Echinochloa polystachya* on the Amazon floodplain. *Funct. Ecol.*, 11: 60-65.**

PITELLI, R. A. Macrófitas aquáticas no Brasil na condição de problemáticas. In: WORKSHOP SOBRE CONTROLE DE PLANTAS AQUÁTICAS, 1998, Brasília. Anais... Brasília: Ministério da Agricultura/IBAMA, 1998. p. 12-15.

POMPÊO, M.L.M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; HENRY, R. 1999. Annual balance of biomass, nitrogen and phosphorus stocks of the tropical aquatic macrophyte *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). *Acta Hydrobiologica*, 41(2): 179-186.

\_\_\_\_\_.; HENRY, R. & MOSCHINI-CARLOS, V. 1999. Chemical composition of tropical macrophyte *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). *Hydrobiologia*, 411: 1-11.

\_\_\_\_\_.; MOSCHINI-CARLOS, V. 2003. Macrófitas aquáticas e perifiton: aspectos metodológicos e ecológicos. São Carlos: RiMa - FAPESP, 127p. 2003.

\_\_\_\_\_.; MOSCHINI-CARLOS, V. 2004. Fósforo nas frações da macrófita aquática flutuante *Eichhornia crassipes*. (Divulgação científica: home page). [http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=117:concentracao-de-fosforo-nas-fracoes-da-macrofitas-aquatica-flutuante-eichhornia-crassipes&catid=19:artigos-cientificos&Itemid=378](http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=117:concentracao-de-fosforo-nas-fracoes-da-macrofitas-aquatica-flutuante-eichhornia-crassipes&catid=19:artigos-cientificos&Itemid=378). Consultada em 02 de abril de 2011.

ROSA, C.S.; ANTUNES, R.D.; PITELLI, R.A. and PITELLI, R.L.C.M.. Avaliação comparativa das perdas de água por evapotranspiração em mesocosmos colonizados por diferentes macrófitas aquáticas. *Planta daninha* [online]. 2009, vol.27, n.3, pp. 441-445. ISSN 0100-8358.

SANTOS, J. E. 1981. Fixação de nitrogênio em rizosfera de macrófitas aquáticas (Represa do Lobo) - Brotas-Ititapina, SP. Tese de doutorado. Dept. de Ciências Biológicas, UFSCar, São Carlos-SP.

SCUDERI, C.M. 2010. Estimativa da taxa de evapotranspiração da macrófitas aquática "Zizaniopsis bonariensis" aplicação à simulação do nível de água do longo período do banhado do taim (RS). Dissertação de Mestrado. UFRGS/RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL

SOUZA, D.A. 1993. Bacia do Ribeirão do Lobo: bases ecológicas para o desenvolvimento regional, manejo e conservação. Dissertação de Mestrado. EESC-USP. São Carlos. 159 p.

STRICKLAND, J. D. & PARSONS, T. R. 1960. A manual of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bel. Can.*, v.125, p.1-185.

TAVARES, K. S., 2007. Caracterização limnológica e inventário de diversidade das comunidades de macrófitas aquáticas em cinco lagoas tropicais: composição florística, biomassa e macroinvertebrados associados. Tese de Doutorado. UFSCar. 132p.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M., 1998, Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios. *Acta Limnol. Brasil.*, 10: 103-116.

THOMAZ, S.; BINI, L. M., 2003. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. Pp. 19-38. In: Thomaz, S. M. & Bini, L. M. (eds.) *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. UEM, Maringá.

TIMMS, R. M.; MOSS, B. 1984. Prevention of growth of potentially dense phytoplankton populations by zooplankton grazing, in the presence of zooplanktivorous fish, in a shallow wetland ecosystem. *Limnology Oceanography*, 29: 472-476.

TRINDADE, M. (1980). Nutrientes em sedimentos da represa do Lobo (Brotas-Ititapina, SP). Dissertação de Mestrado. UFSCar, São Carlos. 219 p.

TRUSSEL, R.P. 1972. The percent un-ionized ammonia in aqueous ammonia solutions at different pH levels and temperatures. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 29:1505-1507.

TUNDISI, J. G. 1977. Produção primária, "standing-stock", fracionamento do fitoplâncton e fatores ecológicos em ecossistema lacustre artificial (Represa do Broa, São Carlos). São Paulo: USP. 409 p. Livre-Docencia-USP.

TUNDISI, J.G. 1985. Represas artificiais: Perspectivas para o controle e manejo da qualidade da água para usos múltiplos. *Anais IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos*, p. 36-59.

TUNDISI, J.G. 1988. Impactos Ecológicos da Construção de Represas, Aspectos Específicos e Problemas de Manejo. In: Tundisi, J.G. (ed.), *Limnologia e Manejo de Represas*. EESC-USP/CRHEA/ACIEP, p. 1-76.

TUNDISI, J.G. 1996. Reservoirs as complex systems. *Ciênc. Cult.*, 48(5/6): 383-387.

TUNDISI, J. G. et al. 1999. Theoretical basis for reservoir management. In: TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. (Ed.) *Theoretical reservoir ecology and its applications*. s. l.: IIE, BAS, Backhuys Publishers, p.505-28.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T., 2003, Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience in South America and brazilian case studies. *Hydrobiologia*, 500: 231-242

TUNDISI, J.J; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRIGUES S.L. 2003. Gerenciamento e recuperação das bacias hidrográficas dos rios Itaqueri e Lobo da UHE Carlos Botelho (Lobo-Broa). São Carlos: IIE, IIEGA. 54p

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. 2010. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. *Biota Neotrop.* 10(4): 67-76.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. *Limnologia*. 632 p.

VALDERRAMA, J. C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorous in natural waters. *Marine chemistry*, v.10, p.109-222.

WETZEL, R. G. 1993. *Limnologia*. Barcelona, Omega. 919 p.

WESTLAKE, D.F. Comparisons of plant productivity. *Biol. Rev.*, 38: 385-425, 1963

**APÊNDICES****APÊNDICE A - Tabelas**

Tabela 1 – Parâmetros avaliados nos pontos amostrados durante os períodos de seca e de chuva.

| Variável                     | Unidade                                 | Período | Pontos de coleta |       |       |       |       |
|------------------------------|---|---------|------------------|-------|-------|-------|-------|
|                              |   |         | PER              | ITA a | ITA b | LOB   | RES   |
| Profundidade máxima          | m                                       | seca    | 0,5              | 0,6   | 0,6   | 0,6   | 2,7   |
|                              |   | chuva   | 0,5              | 0,6   | 0,6   | 0,3   | 2,7   |
| Profundidade disco de Sechhi | m                                       | seca    | total            | 0,5   | total | total | 1,0   |
|                              |   | chuva   | total            | 0,5   | total | total | 0,9   |
| Velocidade do vento          | m <sup>-2</sup>                         | seca    | 3,00             | 4,20  | 2,70  | 0,64  | 3,11  |
|                              |   | chuva   | 0,00             | 0,05  | 3,03  | 4,22  | 2,43  |
| Temperatura do ar            | °C                                      | seca    | 27,0             | 26,7  | 27,3  | 29,5  | 27,3  |
|                              |   | chuva   | 26,4             | 29,0  | 28,2  | 29,0  | 30,2  |
| Temperatura da água          | °C                                      | seca    | 22,10            | 19,90 | 19,16 | 18,90 | 19,76 |
|                              |   | chuva   | 25,44            | 27,26 | 26,75 | 27,53 | 27,79 |
| pH                           | -                                       | seca    | 5,72             | 6,42  | 6,11  | 6,58  | 6,89  |
|                              |   | chuva   | 6,50             | 6,64  | 6,63  | 7,15  | 6,65  |
| Condutividade elétrica       | µS.cm <sup>-1</sup>                     | seca    | 5,0              | 13,0  | 22,0  | 7,0   | 12,0  |
|                              |   | chuva   | 6,0              | 15,0  | 17,0  | 13,0  | 15,0  |
| Oxigênio dissolvido          | mg L <sup>-1</sup>                      | seca    | 8,01             | 8,90  | 6,91  | 8,20  | 8,38  |
|                              |   | chuva   | 4,75             | 5,38  | 4,97  | 6,11  | 3,81  |
| Turbidez                     | UNT                                     | seca    | 6,75             | 7,32  | 8,19  | 2,7   | 6,4   |
|                              |   | chuva   | 2,23             | 13,8  | 10,3  | 13,3  | 14,6  |
| Potencial redox              | mV                                      | seca    | 514              | 578   | 533,7 | 557,1 | 540   |
|                              |   | chuva   | 176,7            | 156   | 179,3 | 175,2 | 206,4 |
| Sólidos dissolvidos totais   | g L <sup>-1</sup>                       | seca    | 0,003            | 0,010 | 0,016 | 0,005 | 0,009 |
|                              |   | chuva   | 0,004            | 0,010 | 0,011 | 0,008 | 0,009 |
| Cor aparente                 | mgPtL <sup>-1</sup>                     | seca    | 41               | 231   | 380   | 80    | 159   |
|                              |   | chuva   | 46               | 147   | 115   | 102   | 123   |
| Cor verdadeira               | mgPtL <sup>-1</sup>                     | seca    | 17               | 20    | 30    | 4     | 13    |
|                              |   | chuva   | 11               | 21    | 21    | 13    | 15    |
| Alcalinidade                 | mg.L <sup>-1</sup><br>CaCO <sub>3</sub> | seca    | 1,69             | 3,56  | 4,32  | 2,06  | 3,00  |
|                              |   | chuva   | 1,50             | 3,19  | 3,19  | 2,25  | 3,19  |
| DBO                          | mg L <sup>-1</sup>                      | seca    | 1,00             | 4,28  | 6,91  | 2,15  | 2,08  |
|                              |   | chuva   | 0,92             | 3,34  | 4,56  | 0,92  | 2,26  |

Tabela 2 - Temperatura média do ar, velocidade do vento a 0,5 metro de altura do solo e precipitação acumulada mensal do ano de 2010 (Fonte: Estação meteorológica do CRHEA/USP).

| Meses | Temp. do ar (°C) | Precipitação acumulada (mm) | Velocidade do vento a 0,5 m |
|-------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Jan   | 23,3             | 267                         | 1,72                        |
| Fev   | 23,8             | 145,3                       | 2,42                        |
| Mar   | 22,7             | 172,1                       | 2,49                        |
| Abr   | 19,8             | 82,6                        | 2,78                        |
| Mai   | 17,1             | 24,1                        | 2,56                        |
| Jun   | 16,4             | 29,4                        | 2,16                        |
| Jul   | 18,1             | 30,7                        | 2,7                         |
| Ago   | 17,5             | 0                           | 3,3                         |
| Set   | 20,8             | 54,8                        | 3,2                         |
| Out   | 20,1             | 91,6                        | 4,36                        |
| Nov   | 21,8             | 143,4                       | 3,17                        |
| Dez   | 23,5             | 234,8                       | 3,27                        |

Tabela 3 – Valores de radiação solar medidos nos pontos de coleta, junto aos estandes de macrófitas nos períodos de seca e chuva, avaliados no ar, na superfície e no fundo da coluna d'água e sob os estandes avaliados.

| Local de medição           | Unidade                            | Período | Pontos de coleta |        |        |        |        |
|----------------------------|------------------------------------|---------|------------------|--------|--------|--------|--------|
|                            |                                    |         | PER              | ITA a  | ITA b  | LOB    | RES    |
| Ar                         |                                    | seca    | 2096,0           | 2350,0 | 2256,0 | 1981,0 | 835,0  |
|                            |                                    | chuva   | 1192,0           | 2092,0 | 2484,0 | 1917,0 | 2432,0 |
| Coluna d'água - superfície | $\mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ | seca    | 955,7            | 905    | 840    | 752    | 108,1  |
|                            |                                    | chuva   | 342,6            | 638,5  | 771,3  | 410,7  | 661,5  |
| Coluna d'água - fundo      |                                    | seca    | 742,1            | 275,0  | 235,0  | 441,0  | 7,2    |
|                            |                                    | chuva   | 91,1             | 131,2  | 156,1  | 208,4  | 9,4    |
| Sob o estande              |                                    | seca    | 4,45             | 0,72   | 0,10   | 0,00   | n.a.   |
|                            |                                    | chuva   | 15,66            | 31,66  | 1,61   | 67,40  | n.a.   |

n.a. - não aplicável

Tabela 4 - Concentrações de material em suspensão total, inorgânico e orgânico em amostras de água coletadas nos pontos durante os períodos de seca e de chuva.

| Variável                         | Unidade            | Período | Pontos de coleta |       |       |       |      |
|----------------------------------|--------------------|---------|------------------|-------|-------|-------|------|
|                                  |                    |         | PER              | ITA a | ITA b | LOB   | RES  |
| Material em suspensão total      | $\text{mg.L}^{-1}$ | seca    | 4,57             | 44,40 | 65,26 | 3,19  | 7,56 |
|                                  |                    | chuva   | 3,56             | 14,29 | 9,14  | 20,00 | 5,78 |
| Material em suspensão inorgânico | $\text{mg.L}^{-1}$ | seca    | 1,57             | 15,20 | 28,77 | 0,87  | 0,44 |
|                                  |                    | chuva   | 0,00             | 3,81  | 0,00  | 11,20 | 0,00 |
| Material em suspensão orgânico   | $\text{mg.L}^{-1}$ | seca    | 3,00             | 29,20 | 36,49 | 2,32  | 7,11 |
|                                  |                    | chuva   | 3,56             | 10,48 | 9,14  | 8,80  | 5,78 |

Tabela 5 - Concentrações de carbono total, inorgânico e orgânico em amostras de água coletadas nos pontos durante os períodos de seca e de chuva.

| Variável           | Unidade            | Período | Pontos de coleta |       |       |      |      |
|--------------------|--------------------|---------|------------------|-------|-------|------|------|
|                    |                    |         | PER              | ITA a | ITA b | LOB  | RES  |
| Carbono Total      | mg.L <sup>-1</sup> | seca    | 1,54             | 3,63  | 3,74  | 1,59 | 3,35 |
|                    |                    | chuva   | 6,44             | 8,06  | 8,21  | 5,43 | 9,58 |
| Carbono Inorgânico | mg.L <sup>-1</sup> | seca    | 0,59             | 1,26  | 1,56  | 1,16 | 1,24 |
|                    |                    | chuva   | 0,44             | 1,63  | 1,40  | 0,92 | 1,12 |
| Carbono Orgânico   | mg.L <sup>-1</sup> | seca    | 0,95             | 2,37  | 2,18  | 0,43 | 2,11 |
|                    |                    | chuva   | 5,99             | 6,44  | 6,81  | 4,51 | 8,47 |

Tabela 6 – Concentrações de fósforo total, fosfato dissolvido, fosfato inorgânico e nitrogênio total em amostras de água coletadas nos pontos durante os períodos de seca e de chuva.

| Variável                 | Unidade            | Período | Pontos de coleta |        |        |       |       |
|--------------------------|--------------------|---------|------------------|--------|--------|-------|-------|
|                          |                    |         | PER              | ITA a  | ITA b  | LOB   | RES   |
| Fósforo Total            | µg.L <sup>-1</sup> | seca    | 15,52            | 130,71 | 291,08 | 23,19 | 38,19 |
|                          |                    | chuva   | 1,96             | 59,26  | 51,90  | 5,15  | 30,40 |
| Fosfato Total dissolvido | µg.L <sup>-1</sup> | seca    | 5,00             | 35,03  | 70,05  | 9,23  | 13,00 |
|                          |                    | chuva   | 0,32             | 17,80  | 15,30  | 0,55  | 10,90 |
| Fosfato Inorgânico       | µg.L <sup>-1</sup> | seca    | 3,06             | 18,09  | 34,03  | 5,22  | 6,35  |
|                          |                    | chuva   | 0,21             | 6,35   | 7,55   | 0,32  | 4,79  |
| Nitrogênio Total         | mg.L <sup>-1</sup> | seca    | 0,05             | 1,03   | 2,25   | 0,37  | 0,55  |
|                          |                    | chuva   | 0,19             | 0,39   | 0,65   | 0,45  | 0,78  |

Tabela 7 – Concentrações de clorofila a e feofitina em amostras de água coletadas nos pontos durante os períodos de seca e de chuva.

| Variável           | Unidade            | Período | Pontos de coleta |       |       |      |       |
|--------------------|--------------------|---------|------------------|-------|-------|------|-------|
|                    |                    |         | PER              | ITA a | ITA b | LOB  | RES   |
| Clorofila a (µg/L) | µg.L <sup>-1</sup> | seca    | 2,92             | 32,10 | 61,40 | 1,19 | 32,90 |
|                    |                    | chuva   | 2,16             | 60,75 | 82,75 | 5,91 | 66,19 |
| Feofitina (µg/L)   | µg.L <sup>-1</sup> | seca    | 1,61             | 14,82 | 13,71 | 5,83 | 9,81  |
|                    |                    | chuva   | 5,01             | 40,48 | 26,95 | 3,97 | 6,05  |

Tabela 8 – Concentrações de cátions e ânions em amostras de água coletadas nos pontos durante os períodos de seca e de chuva.

| Variável | Unidade                           | Período | Pontos de coleta |         |         |         |         |
|----------|-----------------------------------|---------|------------------|---------|---------|---------|---------|
|          |                                   |         | PER              | ITA a   | ITA b   | LOB     | RES     |
| Fluoreto | µg/L                              | Seca    | 8,66             | 9,27    | 11,46   | 6,80    | 7,23    |
|          |                                   | Chuva   | 9,83             | 8,48    | 6,69    | 6,39    | 5,36    |
| Cloreto  | mg/L                              | Seca    | 0,49             | 1,76    | 4,95    | 0,46    | 1,61    |
|          |                                   | Chuva   | 0,27             | 2,43    | 3,42    | 0,29    | 1,50    |
| Nitrito  | µg-N/L                            | Seca    | 3,35             | 0,96    | 1,43    | 13,70   | 1,35    |
|          |                                   | Chuva   | < 0,002          | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 |
| Nitrato  | µg-N/L                            | Seca    | 108,58           | 41,47   | 694,09  | 101,07  | 49,13   |
|          |                                   | Chuva   | 4,05             | 11,05   | 169,17  | 64,89   | 4,79    |
| Amônio   | µg-N/L                            | Seca    | 6,61             | 5,79    | 7,16    | 12,12   | 2,20    |
|          |                                   | Chuva   | 5,79             | 13,23   | 17,91   | 11,02   | < 0,01  |
| Brometo  | µg/L                              | Seca    | <0,01            | <0,01   | <0,01   | <0,01   | <0,01   |
|          |                                   | Chuva   | < 0,03           | 1,16    | < 0,03  | < 0,03  | 2,88    |
| Fosfato  | µg-P/L                            | Seca    | <0,5             | <0,5    | <0,5    | <0,5    | <0,5    |
|          |                                   | Chuva   | < 0,01           | 0,05    | 0,18    | 0,07    | 1,58    |
| Sulfato  | mgSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /L | Seca    | 0,10             | 0,08    | 0,36    | 0,18    | 0,08    |
|          |                                   | Chuva   | 0,07             | 0,19    | 0,21    | 0,16    | 0,12    |
| Lítio    | µg/L                              | Seca    | 0,31             | 0,31    | 0,25    | 0,50    | 0,12    |
|          |                                   | Chuva   | 0,12             | 0,06    | 0,12    | 0,12    | 0,62    |
| Sódio    | mg/L                              | Seca    | 0,31             | 1,34    | 2,08    | 0,23    | 1,01    |
|          |                                   | Chuva   | 0,25             | 1,38    | 1,52    | 0,19    | 2,07    |
| Potássio | mg/L                              | Seca    | 0,28             | 0,52    | 1,21    | 0,37    | 0,53    |
|          |                                   | Chuva   | 0,20             | 0,57    | 0,77    | 0,36    | 0,27    |
| Magnésio | mg/L                              | Seca    | 0,21             | 0,28    | 0,42    | 0,23    | 0,32    |
|          |                                   | Chuva   | 0,12             | 0,30    | 0,34    | 0,20    | 0,37    |
| Cálcio   | mg/L                              | Seca    | 0,56             | 0,54    | 1,10    | 0,34    | 0,57    |
|          |                                   | Chuva   | 0,24             | 0,71    | 1,03    | 0,35    | 0,89    |

Tabela 9 – Concentrações de fósforo e nitrogênio total em amostras de sedimento coletadas nos pontos nos períodos de seca e de chuva.

| Variável         | Unidade            | Período | Pontos de coleta |       |       |      |      |
|------------------|--------------------|---------|------------------|-------|-------|------|------|
|                  |                    |         | PER              | ITA a | ITA b | LOB  | RES  |
| Fósforo total    | mg.g <sup>-1</sup> | seca    | 0,01             | 0,07  | 0,14  | 0,04 | 0,08 |
|                  |                    | chuva   | 0,03             | 0,16  | 0,12  | 0,10 | 0,09 |
| Nitrogênio total | mg.g <sup>-1</sup> | seca    | 0,00             | 0,06  | 5,02  | 0,47 | 1,81 |
|                  |                    | chuva   | 0,08             | 6,23  | 3,85  | 3,14 | 3,68 |

Tabela 10– Matéria orgânica no sedimento

| Variável                          | Período | Pontos de coleta |       |       |       |       |
|-----------------------------------|---------|------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                   |         | EST              | ITA a | ITA b | LOB   | RES   |
| Matéria orgânica no sedimento (%) | seca    | 1,12             | 79,64 | 36,52 | 1,65  | 40,69 |
|                                   | chuva   | 1,10             | 46,96 | 37,19 | 34,83 | 40,01 |

Tabela 11– Composição granulométrica dos sedimento dos pontos de coleta amostradas nos períodos de seca e de chuva.

| <i>Seca</i>   |                              |                             |                            |                            |                                   |                        |                   |
|---------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------|
| Diâmetro (mm) | Areia muito grossa<br>> 0,85 | Areia grossa<br>0,85 - 0,50 | Areia média<br>0,50 - 0,25 | Areia fina<br>0,25 - 0,125 | Areia muito fina<br>0,125 - 0,063 | Silte<br>0,063 - 0,004 | Argila<br>< 0,004 |
| PER           | 3,85                         | 7,43                        | 21,47                      | 56,65                      | 9,19                              | 1,09                   | 0,32              |
| ITA a         | 0,00                         | 0,00                        | 0,00                       | 43,34                      | 44,71                             | 6,10                   | 5,85              |
| ITA b         | 0,00                         | 0,00                        | 0,00                       | 38,96                      | 40,48                             | 12,60                  | 7,96              |
| LOB           | 3,18                         | 14,17                       | 49,31                      | 28,80                      | 4,22                              | 0,25                   | 0,08              |
| RES           | 0,00                         | 0,00                        | 0,00                       | 38,33                      | 40,86                             | 11,97                  | 8,85              |
| <i>Chuva</i>  |                              |                             |                            |                            |                                   |                        |                   |
| PER           | 4,56                         | 9,14                        | 23,80                      | 53,96                      | 7,40                              | 0,80                   | 0,33              |
| ITA a         | 0,00                         | 0,00                        | 0,00                       | 55,95                      | 35,46                             | 6,19                   | 2,41              |
| ITA b         | 0,00                         | 0,00                        | 0,00                       | 41,34                      | 43,41                             | 8,68                   | 6,57              |
| LOB           | 0,00                         | 0,00                        | 0,00                       | 59,23                      | 37,52                             | 2,49                   | 0,76              |
| RES           | 0,00                         | 0,00                        | 0,00                       | 35,22                      | 40,38                             | 9,97                   | 14,44             |

Tabela 12– Valores de biomassa das espécies amostradas durante o período de seca (agosto de 2010), no reservatório do Broa.

| <b>Espécie</b>                         | <b>Mín.</b>                | <b>Máx.</b> | <b>Média (x)</b> | <b>Erro Padrão</b> | <b>Variância (v)</b> | <b>Desvio padrão (<math>\sigma</math>)</b> |
|--|----------------------------|-------------|------------------|--------------------|----------------------|--|
|  | <b>g PS.m<sup>-2</sup></b> |             |                  |                    |                      |  |
| <i>Mayaca fluviatilis</i>              | 52,96                      | 320,64      | 152,90           | 45,12              | 10176,90             | 100,88                                     |
| <i>Eichhornia crassipes</i>            | 448,00                     | 606,08      | 564,38           | 29,62              | 4385,68              | 66,22                                      |
| <i>Salvinia auriculata</i> (Estande 1) | 201,60                     | 465,60      | 380,32           | 47,90              | 11470,20             | 107,10                                     |
| <i>Salvinia auriculata</i> (Estande 2) | 140,64                     | 186,08      | 162,62           | 7,26               | 263,44               | 16,23                                      |

Tabela 13- Valores de biomassa das espécies amostradas durante o período de chuva (novembro de 2010), no reservatório do Broa.

| <b>Espécie</b>                         | <b>Mín.</b>                | <b>Máx.</b> | <b>Média (x)</b> | <b>Erro Padrão</b> | <b>Variância (v)</b> | <b>Desvio padrão (<math>\sigma</math>)</b> |
|--|----------------------------|-------------|------------------|--------------------|----------------------|--|
|  | <b>g PS.m<sup>-2</sup></b> |             |                  |                    |                      |  |
| <i>Mayaca fluviatilis</i>              | 61,12                      | 150,56      | 106,88           | 10,09              | 814,67               | 28,54                                      |
| <i>Eichhornia crassipes</i>            | 502,08                     | 1084,00     | 736,93           | 101,34             | 51347,40             | 226,60                                     |
| <i>Salvinia auriculata</i> (Estande 1) | 61,12                      | 150,56      | 106,30           | 9,99               | 799,12               | 28,27                                      |
| <i>Salvinia auriculata</i> (Estande 2) | 93,92                      | 228,16      | 167,92           | 17,36              | 2410,31              | 49,09                                      |

Tabela 14 – Teores de cinzas (expressos em %) em plantas inteiras e suas frações correspondentes das espécies amostradas durante o período de seca (agosto de 2010), no reservatório do Broa.

| <b>Espécie</b>     | <b>Fração</b>    | <b>Mín.</b> | <b>Máx.</b> | <b>Média (x)</b> | <b>Erro Padrão</b> | <b>Variância (v)</b> | <b>Desvio padrão (<math>\sigma</math>)</b> |
|--------------------|------------------|-------------|-------------|------------------|--------------------|----------------------|--|
| <i>Mayaca</i>      |                  |             |             |                  |                    |                      |  |
| <i>fluviatilis</i> | plantas inteiras | 25,40       | 51,37       | 38,95            | 4,25               | 90,33                | 9,50                                       |
|                    | plantas inteiras | 10,42       | 14,95       | 12,67            | 1,31               | 5,13                 | 2,27                                       |
| <i>Eichhornia</i>  | raiz             | 9,50        | 13,18       | 11,78            | 1,15               | 3,97                 | 1,99                                       |
| <i>crassipes</i>   | lâmina (folha)   | 9,67        | 10,42       | 9,96             | 0,23               | 0,16                 | 0,40                                       |
|                    | limbo            | 14,96       | 15,91       | 15,39            | 0,28               | 0,23                 | 0,48                                       |
| <i>Salvinia</i>    | plantas inteiras | 9,00        | 9,23        | 9,20             | 0,04               | 0,00                 | 0,05                                       |
| <i>auriculata</i>  | raiz             | 11,86       | 21,77       | 16,15            | 2,94               | 25,89                | 5,09                                       |
| (Estande 1)        | folha            | 8,25        | 8,83        | 8,62             | 0,19               | 0,10                 | 0,32                                       |
| <i>Salvinia</i>    | plantas inteiras | 10,12       | 12,65       | 11,08            | 0,79               | 1,88                 | 1,37                                       |
| <i>auriculata</i>  | raiz             | 15,77       | 17,02       | 16,40            | 0,63               | 0,78                 | 0,88                                       |
| (Estande 2)        | folha            | 8,58        | 9,61        | 9,10             | 0,52               | 0,53                 | 0,73                                       |

Tabela 15- Teores de cinzas (expressos em %) em plantas inteiras e suas frações correspondentes das espécies amostradas durante o período de chuva (novembro de 2010), no reservatório do Broa.

| <b>Espécie</b>     | <b>Fração</b>    | <b>Mín.</b> | <b>Máx.</b> | <b>Média (x)</b> | <b>Erro Padrão</b> | <b>Variância (v)</b> | <b>Desvio padrão (<math>\sigma</math>)</b> |
|--------------------|------------------|-------------|-------------|------------------|--------------------|----------------------|--|
| <i>Mayaca</i>      |                  |             |             |                  |                    |                      |  |
| <i>fluviatilis</i> | plantas inteiras | 20,81       | 36,20       | 26,44            | 4,90               | 72,01                | 8,49                                       |
|                    | plantas inteiras | 13,40       | 14,93       | 14,16            | 0,77               | 1,18                 | 1,08                                       |
| <i>Eichhornia</i>  | raiz             | 17,01       | 20,37       | 18,90            | 0,99               | 2,96                 | 1,72                                       |
| <i>crassipes</i>   | lâmina (folha)   | 9,75        | 10,33       | 9,95             | 0,19               | 0,11                 | 0,33                                       |
|                    | limbo            | 14,35       | 15,84       | 14,89            | 0,48               | 0,68                 | 0,82                                       |
| <i>Salvinia</i>    | plantas inteiras | 10,02       | 21,74       | 16,32            | 3,41               | 34,91                | 5,91                                       |
| <i>auriculata</i>  | raiz             | 16,57       | 20,58       | 19,07            | 1,26               | 4,75                 | 2,18                                       |
| (Estande 1)        | folha            | 10,05       | 12,14       | 10,98            | 0,61               | 1,12                 | 1,06                                       |
| <i>Salvinia</i>    | plantas inteiras | 9,04        | 34,69       | 19,51            | 7,77               | 181,19               | 13,46                                      |
| <i>auriculata</i>  | raiz             | 35,30       | 35,32       | 35,31            | 0,01               | 0,00                 | 0,01                                       |
| (Estande 2)        | folha            | 14,34       | 15,00       | 14,67            | 0,33               | 0,22                 | 0,47                                       |

Tabela 16– Teores de nitrogênio (expressos em % PS) em plantas inteiras e suas frações correspondentes das espécies amostradas durante o período de seca (agosto de 2010), no reservatório do Broa.

| Espécie                                   | Fração           | Mín. | Máx. | Média (x) | Erro   | Variância | Desvio padrão ( $\sigma$ ) |
|---|------------------|------|------|-----------|--------|-----------|----------------------------|
|   |                  |      |      |           | Padrão | (v)       |                            |
|   |                  |      |      |           | % N PS |           |                            |
| <i>Mayaca fluviatilis</i>                 | plantas inteiras | 0,74 | 3,65 | 2,11      | 0,84   | 2,14      | 1,46                       |
|   | plantas inteiras |      |      | 2,50      |        |           |                            |
| <i>Eichhornia crassipes</i>               | raiz             | 3,02 | 3,12 | 3,07      | 0,88   | 1,55      | 1,24                       |
|   | lâmina (folha)   | 1,35 | 3,11 | 2,23      |        |           |                            |
| <i>Salvinia auriculata</i><br>(Estande 1) | limbo            | 1,28 | 4,03 | 2,66      | 0,11   | 0,02      | 0,16                       |
|   | plantas inteiras |      |      | 1,37      |        |           |                            |
| <i>Salvinia auriculata</i><br>(Estande 2) | raiz             | 2,49 | 2,71 | 2,60      | 0,07   | 0,01      | 0,10                       |
|   | folha            | 1,43 | 1,57 | 1,50      |        |           |                            |
| <i>Salvinia auriculata</i><br>(Estande 2) | plantas inteiras | 1,18 | 1,68 | 1,43      | 0,25   | 0,13      | 0,35                       |
|   | raiz             | 1,40 | 2,46 | 1,93      |        |           |                            |
|   | folha            | 0,84 | 5,02 | 2,93      | 2,09   | 8,74      | 2,96                       |

Tabela 17– Teores de nitrogênio (expressos em % PS) em plantas inteiras e suas frações correspondentes das espécies amostradas durante o período de chuva (novembro), no reservatório do Broa.

| Espécie                                   | Fração           | Mín. | Máx. | Média (x) | Erro   | Variância | Desvio padrão ( $\sigma$ ) |
|---|------------------|------|------|-----------|--------|-----------|----------------------------|
|   |                  |      |      |           | Padrão | (v)       |                            |
|   |                  |      |      |           | % N PS |           |                            |
| <i>Mayaca fluviatilis</i>                 | plantas inteiras | 1,39 | 4,18 | 2,79      | 1,40   | 3,89      | 1,97                       |
|   | plantas inteiras | 2,42 | 3,44 | 2,93      | 0,51   | 0,52      | 0,72                       |
| <i>Eichhornia crassipes</i>               | raiz             |      |      | 4,56      |        |           |                            |
|   | lâmina (folha)   |      |      | 3,84      |        |           |                            |
|   | limbo            |      |      | 2,16      |        |           |                            |
| <i>Salvinia auriculata</i><br>(Estande 1) | plantas inteiras |      |      | 2,12      |        |           |                            |
|   | raiz             |      |      | 3,86      |        |           |                            |
|   | folha            |      |      | 2,23      |        |           |                            |
| <i>Salvinia auriculata</i><br>(Estande 2) | plantas inteiras |      |      | 2,00      |        |           |                            |
|   | raiz             |      |      | 2,28      |        |           |                            |
|   | folha            |      |      | 0,84      |        |           |                            |

Tabela 18- Teores de fósforo total (expressos em % PS) em plantas inteiras e suas frações correspondentes das espécies amostradas durante os períodos de seca (agosto de 2010) e chuva (novembro de 2010), no reservatório do Broa.

| <b>Espécie</b>       | <b>Fração</b>     | <b>seca<br/>% Fósforo PS</b> | <b>chuva</b> |
|----------------------|-------------------|------------------------------|--------------|
| <i>Mayaca</i>        |                   |                              |              |
| <i>fluviatilis</i>   | <i>Inteira</i>    | 0,12                         | 0,08         |
|                      | <i>Inteira</i>    | 0,22                         | 0,19         |
|                      | <i>Folha</i>      |                              |              |
| <i>Eichhornia</i>    | ( <i>lâmina</i> ) | 0,21                         | 0,19         |
| <i>crassipes</i>     | <i>Pecíolo</i>    | 0,14                         | 0,14         |
|                      | <i>Raiz</i>       | 0,2                          | 0,24         |
| <i>Salvinia</i>      | <i>Inteira</i>    | 0,12                         | 0,23         |
| <i>auriculata</i>    | <i>Folha</i>      | 0,12                         | 0,21         |
| ( <i>Estande 1</i> ) | <i>Raiz</i>       | 0,15                         | 0,23         |
| <i>Salvinia</i>      | <i>Inteira</i>    | 0,2                          | 0,16         |
| <i>auriculata</i>    | <i>Folha</i>      | 0,12                         | 0,14         |
| ( <i>Estande 2</i> ) | <i>Raiz</i>       | 0,12                         | 0,15         |

## APÊNDICE B - Figuras



Figura 1 – Ponto PER (Córrego das Perdizes) com o fundo repleto da espécie *Mayaca fluviatilis*.



Figura 2 – Ponto ITA a (área alagada do Broa) com a presença de *Salvinia auriculata* no primeiro plano e gramíneas ao fundo.



Figura 3 – Ponto ITA b (área alagada do Broa) com a espécie *Eichhornia crassipes* em meio ao estande *Salvinia auriculata*.



Figura 4 – Ponto LOB (Ribeirao do Lobo) com estande de *Salvinia auriculata*.



Figura 5 – Vista geral da área alagada do Broa.



Figura 6 – Mineradora localizada a montante da área alagada do Broa.



Figura 7 – Aspecto da área alagada do Broa, próximo à margem, entre Pinus.



Figura 8 – Vista da área alagada, junto à margem.



Figura 9 – Vista geral da área alagada do Broa.

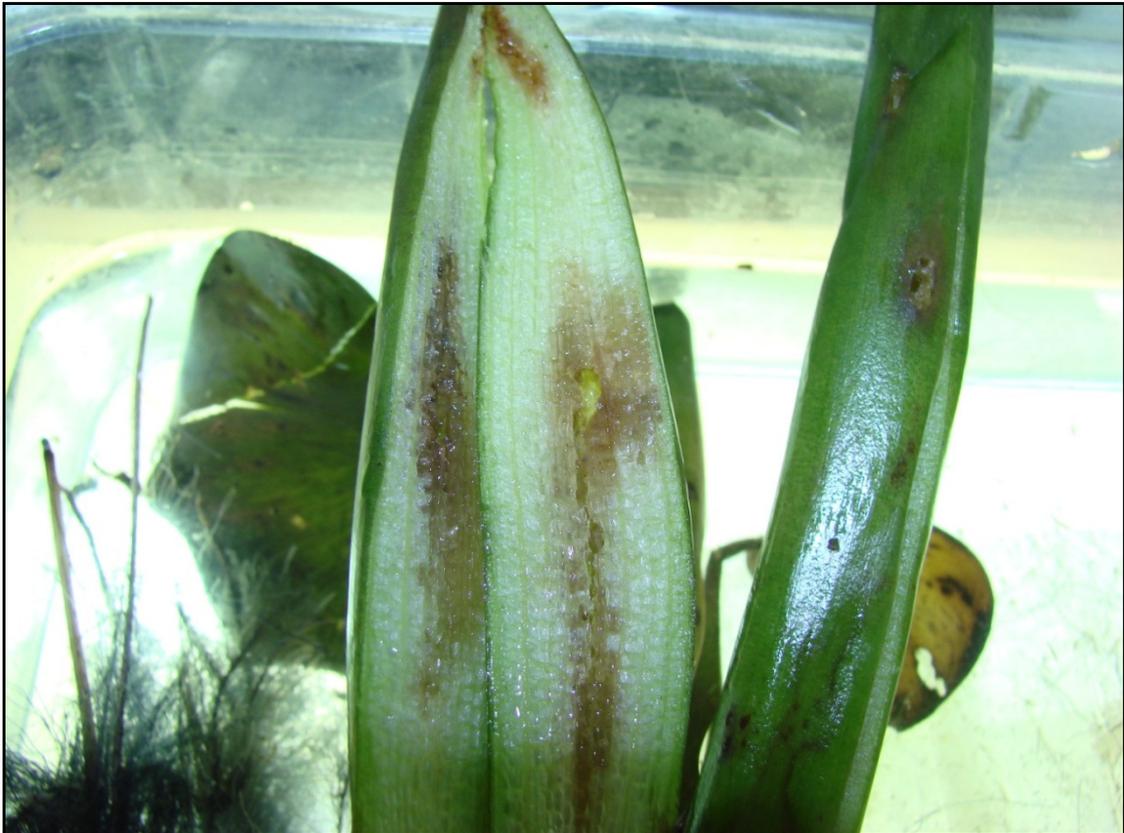


Figura 10 – Corte do limbo esponjoso de *Eichhornia crassipes*.



Figura 11 - Exemplar amostrado de *Salvinia auriculata*.



Figura 12 – Aspecto da espécie *Mayaca fluviatilis*.



Figura 13 – Rio Itaqueri a montante da área alagada.



Figura 14 – Córrego das Perdizes.