

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
ENGENHARIA AMBIENTAL

ELIANA MEDEIROS FERREIRA DA SILVA

O uso da alga clorofícea *Pseudokirchneriella subcapitata* e análises limnológicas para avaliação da qualidade ambiental dos sistemas lóticos e lênticos da bacia hidrográfica dos rios Itaqueri/Lobo (Itirapina/Brotas-SP)

São Carlos, SP

2012



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
ENGENHARIA AMBIENTAL

O uso da alga clorofícea *Pseudokirchneriella subcapitata* e análises limnológicas para avaliação da qualidade ambiental dos sistemas lóticos e lênticos da bacia hidrográfica dos rios Itaqueri/Lobo (Itirapina/Brotas – SP)

Aluno: Eliana Medeiros Ferreira da Silva

Orientador: Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola

Monografia apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental

São Carlos, SP

2012

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento da  
Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

S586o Silva, Eliana Medeiros Ferreira da  
O uso da alga clorofícea *Pseudokirchneriella subcapitata* e análises limnológicas para avaliação da qualidade ambiental dos sistemas lóticos e lênticos da bacia hidrográfica dos rios Itaqueri/Lobo (Itirapina/Brotas SP) / Eliana Medeiros Ferreira da Silva; orientador Evaldo Luiz Gaeta Espíndola. São Carlos, 2012.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) --  
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de  
São Paulo, 2012.

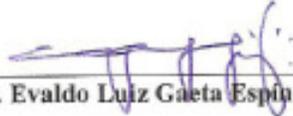
1. biomonitoramento. 2. ecotoxicologia. 3.  
degradação ambiental. 4. fitoplâncton. I. Título.

# FOLHA DE APROVAÇÃO

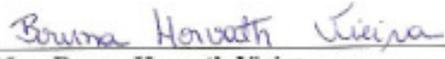
---

Candidato(a): **Eliana Medeiros Ferreira da Silva**

Monografia defendida e aprovada em: **31/10/2012** pela Comissão Julgadora:



**Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espindola**



**Msc. Bruna Horvath Vieira**



**Dra. Claudia Fileto**



**Prof. Dr. Marcelo Zaiat**

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

A Deus, minha família, amigos, e orientador pelo apoio, compreensão, incentivo, e amizade. Com eles, ficou tudo mais fácil.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por me proporcionarem apoio financeiro e emocional para a realização do presente trabalho e ao longo de toda a graduação. Aos meus padrinhos que me apoiaram com a logística em São Carlos em momentos difíceis. Aos meus familiares que sempre acreditaram em mim.

Ao professor mais presente de todos, Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espindola, pela orientação e paciência durante a elaboração do trabalho que me proporcionou conhecimentos valiosos de extrema importância para minha vida acadêmica. À Dra. Claudia Fileto pelo apoio durante a pesquisa.

Aos meus amigos formandos que forneceram apoio emocional. À Teresa Hatsue Sasaki, por toda paciência e por seus valiosos conhecimentos. Ao Rafael Guerreiro Imada, Arthur Luis Fermiano da Silva e Kenzo Gabriel Matsubara por toda amizade e alegria compartilhada durante esses anos. À Letícia Franco Leonel (Fruts) e Ana Elisa Ferrari Carvalho, pela atenção, predisposição em auxiliar a qualquer momento, convívio, amizade e colaboração nas coletas e análises de laboratório.

Aos novos amigos da minha segunda turma de faculdade.

Aos pesquisadores e funcionários do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA), pelo auxílio na realização das análises de laboratório e por toda ajuda durante as coletas.

Aos colegas do CRHEA, André Sanchez, Luciana Diniz, Lucas Mendes, Maressa, Juliana Resende e Ana Vasconcelos, que também me auxiliaram durante a coleta, nos procedimentos de laboratório. À Bruna Horvath Vieira pelo acompanhamento durante todo o trabalho e por seus auxílios para realização dos testes.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de iniciação científica (processo 10/05498-9).



## RESUMO

**SILVA, E. M. F. (2012) O uso da alga clorofícea *Pseudokirchneriella subcapitata* e análises limnológicas para avaliação da qualidade ambiental dos sistemas lóticos e lênticos da bacia hidrográfica dos rios Itaqueri/Lobo (Itirapina/Brotas-SP). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 184 p.**

Atividades antrópicas desenvolvidas nas bacias hidrográficas contribuem para a deterioração dos recursos hídricos e na bacia dos rios Itaqueri/Lobo isto não tem sido diferente, uma vez que atividades como turismo, cultivo de cana-de-açúcar, *Eucalyptus* e *Pinus* e a expansão demográfica tem acarretado prejuízos à qualidade da água. Considerando esse aspecto procurou-se nesse estudo avaliar os efeitos dos impactos ocasionados pelas diversas atividades antrópicas desenvolvidas na bacia hidrográfica do Itaqueri/Lobo (Itirapina/Brotas – SP) a partir dos testes de toxicidade com a alga clorofícea *P. subcapitata* e de análises limnológicas. Para isso, amostras de água e sedimento foram coletadas em sistemas lóticos e lênticos da área de estudo (14 estações de coleta), considerando os períodos seco, chuvoso e intermediários no ano de 2010, as quais foram utilizadas para a caracterização de variáveis limnológicas e para a realização de testes de toxicidade. De acordo com os resultados obtidos, o Protocolo de Habitats mostrou baixa extensão da vegetação ripária na maioria dos pontos de amostragem e o IET revelou processo dinâmico nas modificações do grau de trofia em I2 (segundo ponto do rio Itaqueri) e AB/L2 (ponto de junção entre o córrego Água Branca e Rio Limoeiro). Este último ponto de amostragem também apresentou resultados insatisfatórios na maioria das análises da água, tais como pH, OD, condutividade, nitrito, nitrato, nitrogênio orgânico total e compostos fosfatados, refletindo as consequências do despejo de esgoto doméstico no sistema. Para o sedimento, maiores concentrações de fósforo total, nitrogênio orgânico total e metais biodisponíveis foram encontrados nos pontos de amostragem lênticos. Quase todas as amostras dos pontos AB1 (primeiro ponto do córrego Água Branca) e R1 (primeiro ponto da Represa do Lobo) foram consideradas tóxicas por inibirem o crescimento algáceo. Para concentração de clorofila, biovolume e conteúdo de carbono, não foram verificados efeitos de toxicidade em nenhuma das amostras e período de coleta. Os resultados também mostraram as diferenças temporais e espaciais, refletindo as condições climatológicas e os mecanismos de funcionamento diferenciado de rios e reservatório, respectivamente.

Palavras-chave: biomonitoramento, ecotoxicologia, degradação ambiental, fitoplâncton

## ABSTRACT

**SILVA, E. M. F. (2012) The use of the Chlorophyceae algae *Pseudokirchneriella subcapitata* and limnological analyses for environmental quality evaluation of the lotic and lentic systems at the Itaqueri/Lobo hydrographic basin (Itirapina/Brotas-SP). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 184 p.**

Human activities developed in basins add to deterioration of water resources. So in the Itaqueri/Lobos's basin, activities as tourism, culture of sugar cane, *Eucalyptus* and *Pinus* and the demographic expansion are causing water qualities damages. The objective of this study was to evaluate the effect of the impacts of human development in the Itaqueri / Lobo basin (Itirapina / Brotas - SP) through toxicity tests with *P. subcapitata* algae. For this purpose, samples were collected in lotic and lentic systems of the study area (14 sample stations), considering dry, rainy and intermediate periods in 2010, which were used for characterization of limnological variables and the toxicity testing. According to the results, the Protocol Habitats showed low levels of riparian vegetation on most studied stations, the IET revealed dynamic changes in the trophic level in I2 (second sample station in Itaqueri river) and AB/L2 (Água Branca stream and Limoeiro river's union). The samples of this last station also showed unsatisfactory results in most of the analyzes in water compartment, such as pH, DO, conductivity, nitrite, nitrate, total organic nitrogen and phosphate compounds, revealing the impact of domestic sewage in this point. For the sediment compartment, higher concentrations of total phosphorus, total nitrogen and organic bioavailable metals were found in lentic studied stations. Showing growth algae inhibition, almost all the samples of AB1 point and R1 point were considered toxic. Chlorophyll, biovolume and carbon content evaluations didn't show samples considered toxic in any period analyzed. The results also showed temporal and spatial differences, reflecting the climatological conditions and functional mechanism of river and reservoir, which are different.

Key words: biomonitoring, ecotoxicology, environmental degradation, phytoplankton

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características gerais da bacia hidrográfica do Lobo .....	23
Tabela 2 – Caracterização das estações de coleta e da área de entorno, entre os municípios de Brotas e Itirapina/SP. ....	32
Tabela 3 – Metodologias e referências utilizadas nas análises das variáveis físicas, químicas e biológicas da água.....	36
Tabela 4 – Classificação do Estado Trófico (IET) para rios, segundo CETESB (2010).....	38
Tabela 5 – Classificação do Estado Trófico (IET) para reservatórios, segundo CETESB (2010). ....	39
Tabela 6 – Metodologias e referências utilizadas nas análises das variáveis físicas, químicas e biológicas do sedimento.....	39
Tabela 7 – Classificação espacial e temporal do grau de trofia das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. (- : estações não amostradas) .....	65
Tabela 8 – Limites de concentração de alguns metais em sedimento estabelecidos pelo <i>Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of the Aquatic Life</i> (2002) e concentrações máximas obtidas.....	101
Tabela 9 – Resultados da densidade celular de <i>P. subcapitata</i> referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em abril de 2010.....	106
Tabela 10 – Resultados da densidade celular de <i>P. subcapitata</i> referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em julho de 2010.....	107
Tabela 11 – Resultados da densidade celular de <i>P. subcapitata</i> referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em outubro de 2010.....	107
Tabela 12 – Resultados da densidade celular de <i>P. subcapitata</i> referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em janeiro de 2011.....	108
Tabela 13 – Resultados da concentração de clorofila de <i>P. subcapitata</i> referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em abril de 2010 e janeiro de 2011.....	110
Tabela 14 – Resultados do biovolume e do conteúdo de carbono de <i>P. subcapitata</i> referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em abril e julho de 2010.....	111
Tabela 15 – Resultados do biovolume e do conteúdo de carbono de <i>P. subcapitata</i> referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	111

Tabela 16 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da bacia do Lobo durante o período de estudo (todos os períodos de coleta).....	174
Tabela 17 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da bacia do Lobo durante o período de coleta de abril de 2010 .....	175
Tabela 18 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da bacia do Lobo durante o período de coleta de julho de 2010 .....	175
Tabela 19 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da bacia do Lobo durante o período de coleta de outubro de 2010.....	176
Tabela 20 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da bacia do Lobo durante o período de coleta de janeiro de 2011.....	176
Tabela 21 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de sedimento da bacia do Lobo durante o período de estudo (todos os períodos de coleta).....	177
Tabela 22 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de sedimento da bacia do Lobo durante o período de coleta de abril de 2010.....	178
Tabela 23 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de sedimento da bacia do Lobo durante o período de coleta de julho de 2010.....	178
Tabela 24 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de sedimento da bacia do Lobo durante o período de coleta de outubro de 2010.....	179
Tabela 25 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de sedimento da bacia do Lobo durante o período de coleta de janeiro de 2011 .....	179

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo no Estado de São Paulo, com destaque (em vermelho) para a bacia hidrográfica do Alto Tietê/Jacaré. ....	29
Figura 2 – Imagem de satélite georreferenciada, da área de estudo na bacia hidrográfica do Lobo, com identificação dos locais amostrais da represa do Lobo e dos respectivos tributários (Google Earth, 2010). ....	30
Figura 3 – Mapa parcial da represa do Lobo, mostrando os principais tributários (rio Itaqueri e Ribeirão do Lobo), bem como outros tributários de pequeno porte. ....	31
Figura 4 – Imagem obtida a partir do microscópio do CRHEA de uma das réplicas do controle da segunda coleta para exemplificar o organismo-teste, <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> . ....	41
Figura 5 – Resultados obtidos no Protocolo de Avaliação de Habitats, considerando somente os locais de amostragem em córregos e rios. ....	44
Figura 6 – Pontuação do Protocolo de Avaliação de Habitats para cada estação de coleta, onde EF:Estabilidade e diversidade de fundo; DRC:Desenvolvimento de remansos e corredeiras; AS:Acomodação do substrato; DS:Deposição de sedimentos; CF: Condição de fluxo; AC:Alteração no canal do rio; EM:Estabilidade das margens; PVR:Presença de vegetação ripária; EVR:Extensão da vegetação ripária. ....	45
Figura 7 – Valores de temperatura da água obtidas nas diferentes estações de amostragem, nos meses de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	47
Figura 8 – Valores de pH obtidos nas amostras coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	48
Figura 9 – Valores de oxigênio dissolvido obtidos nas amostras coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	49
Figura 10 – Valores de condutividade obtidos nas amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	50
Figura 11 – Valores de turbidez obtidos nas amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	52
Figura 12 – Valores de material em suspensão total das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	53
Figura 13 – Contribuição percentual de material orgânico e inorgânico em abril/2010 ..... 53	53
Figura 14 – Contribuição percentual de material orgânico e inorgânico em julho/2010..... 53	53
Figura 15 – Contribuição percentual de material orgânico e inorgânico em outubro/2010 .... 54	54
Figura 16 – Contribuição percentual de material orgânico e inorgânico em janeiro/2011..... 54	54

Figura 17 – Valores espaciais e temporais nas concentrações de nitrito das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	56
Figura 18 – Valores temporais e espaciais de concentrações de nitrato das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	56
Figura 19 – Valores temporais e espaciais de concentrações de íon amônio das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	57
Figura 20 – Variação temporal e espacial de nitrogênio orgânico total das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011 .....	58
Figura 21 – Variação espacial e temporal de fosfato inorgânico das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	59
Figura 22 – Variação espacial e temporal de fósforo total das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	60
Figura 23 – Variação espacial e temporal das concentrações de fosfato total dissolvido das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	61
Figura 24 – Variação espacial e temporal das concentrações de silicato das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	62
Figura 25 – Variação espacial e temporal das concentrações de clorofila das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	63
Figura 26 – Variação espacial e temporal do Índice de Estada Trófico (IET) das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	65
Figura 27 – Variação espacial e temporal da concentração de chumbo das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	66
Figura 28 – Variação espacial e temporal da concentração de níquel das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	67
Figura 29 – Variação espacial e temporal da concentração de ferro das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	69
Figura 30 – Variação espacial e temporal da concentração de magnésio das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro e 2011.....	69
Figura 31 – Variação espacial e temporal da concentração de manganês das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	70
Figura 32 – Variação espacial e temporal da concentração de zinco das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	71

Figura 33 – Variação espacial e temporal da concentração de cobalto das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	72
Figura 34 – Avaliação dos metais nas amostras de água coletadas no período de abril de 2010. ....	73
Figura 35 – Avaliação dos metais nas amostras de água coletadas no período de julho de 2010.....	74
Figura 36 – Avaliação dos metais nas amostras de água coletadas no período de outubro de 2010.....	74
Figura 37 – Avaliação dos metais nas amostras de água coletadas no período de janeiro de 2011.....	75
Figura 38 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para todos os períodos de coleta com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,8316). ....	77
Figura 39 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de abril de 2010 com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,9192). ....	78
Figura 40 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de julho de 2010 com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,9307). ....	79
Figura 41 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de outubro de 2010 com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,9243). ....	80
Figura 42 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de janeiro de 2011 com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,7786). ....	81
Figura 43 – Variação percentual de matéria orgânica das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	82
Figura 44 – Granulometria nas amostras de sedimento coletadas no período de abril de 2010. ....	83
Figura 45 – Granulometria nas amostras de sedimento coletadas no período de julho de 2010. ....	85
Figura 46 – Granulometria nas amostras de sedimento coletadas no período de outubro de 2010.....	87
Figura 47 – Granulometria nas amostras de sedimento coletadas no período de janeiro de 2011.....	88
Figura 48 – Variação temporal da granulometria das amostras de sedimento durante o período de estudo. (continua).....	90
Figura 49 – Variação temporal da granulometria das amostras de sedimento durante o período de estudo. (continuação).....	91

Figura 50 – Variação espacial e temporal de fósforo total das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	92
Figura 51 – Variação espacial e temporal das porcentagens de nitrogênio orgânico total das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	93
Figura 52 – Variação espacial e temporal da concentração de chumbo das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	94
Figura 53 – Variação espacial e temporal de níquel das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	95
Figura 54 – Variação espacial e temporal da concentração de cádmio das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	95
Figura 55 – Variação espacial e temporal da concentração de cobre das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	96
Figura 56 – Variação espacial e temporal da concentração de ferro das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	97
Figura 57 – Variação espacial e temporal da concentração de magnésio das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	97
Figura 58 – Variação espacial e temporal da concentração de manganês das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	98
Figura 59 – Variação espacial e temporal da concentração de zinco das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	99
Figura 60 – Variação espacial e temporal da concentração de cromo das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	99
Figura 61 – Variação espacial e temporal da concentração de cobalto das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.....	100
Figura 62 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para todos os períodos de coleta com os dados das variáveis limnológicas do sedimento (CCC = 0,8659).....	102
Figura 63 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de abril de 2010 com os dados das variáveis limnológicas do sedimento (CCC = 0,8904). ....	103
Figura 64 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de julho de 2010 com os dados das variáveis limnológicas do sedimento (CCC = 0,9260). ....	103
Figura 65 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de outubro de 2010 com os dados das variáveis limnológicas do sedimento (CCC = 0,9228). ....	104

Figura 66 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de janeiro de 2011 com os dados das variáveis limnológicas do sedimento (CCC = 0,8583). .....	105
Figura 67 – Valores de densidade celular obtidos nos testes de toxicidade crônica das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. ....	108
Figura 68 – Sensibilidade de <i>P. subcapitata</i> ao cloreto de sódio após 96 horas de exposição. CV (Coeficiente de Variação) de 12,79. ....	112

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
2.1    Ecosistemas aquáticos.....	18
2.2    Monitoramento da qualidade dos corpos hídricos .....	18
2.3    Ecotoxicologia aquática.....	19
2.3.1    Organismo-teste.....	20
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>22</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
4.1    Caracterização da área de estudo, período e estações de coleta .....	23
4.1.1    Clima .....	24
4.1.2    Geologia .....	24
4.1.3    Relevo.....	25
4.1.4    Vegetação .....	25
4.1.5    Usos e ocupação do solo e impactos ambientais .....	26
4.1.6    Locais de amostragem.....	27
4.2    Análises do compartimento água.....	35
4.3    Protocolo de avaliação de habitats.....	36
4.4    IET – Índice de Estado Trófico .....	37
4.5    Variáveis do sedimento .....	39
4.6    Análise dos dados .....	40
4.7    Testes de toxicidade .....	41
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
5.1    Protocolo de Avaliação de Habitats .....	44
5.2    Variáveis Limnológicas: compartimento água .....	46
5.2.1    Temperatura.....	46
5.2.2    Potencial hidrogeniônico (pH) .....	47
5.2.3    Oxigênio dissolvido.....	49
5.2.4    Condutividade .....	50
5.2.5    Turbidez.....	51
5.2.6    Material em suspensão .....	52
5.2.7    Compostos nitrogenados .....	55
5.2.8    Compostos fosfatados.....	58

5.2.9	Silicato.....	61
5.2.10	Clorofila .....	62
5.2.11	Índice de Estado Trófico (IET) .....	63
5.2.12	Metais .....	66
5.2.13	Avaliação dos metais na água .....	73
5.2.14	Pesticidas organoclorados .....	76
5.3	Análise dos dados da água .....	76
5.4	Variáveis limnológicas: compartimento sedimento .....	81
5.4.1	Matéria orgânica.....	81
5.4.2	Granulometria.....	82
5.4.3	Fósforo total .....	91
5.4.4	Nitrogênio orgânico total .....	92
5.4.5	Metais biodisponíveis no sedimento .....	93
5.4.6	Avaliação dos metais biodisponíveis .....	100
5.5	Análise dos dados de sedimento.....	101
5.6	Teste de toxicidade crônica com amostras de água.....	105
5.6.1	Avaliação do crescimento algáceo .....	105
5.6.2	Avaliação da concentração de clorofila a.....	109
5.6.3	Avaliação do biovolume e do conteúdo de carbono.....	110
5.7	Teste de sensibilidade.....	112
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>113</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>115</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>123</b>



## 1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica se insere em um contexto econômico, social e ambiental com um caráter bastante relevante, já que esta corresponde a um sistema biofísico e sócio-econômico, integrado e interdependente, contemplando atividades agrícolas, industriais, comunicações, serviços, facilidades recreacionais, formações vegetais, nascentes, córregos e riachos, lagoas e represas, enfim, todos os habitats e unidades da paisagem. Seus limites são estabelecidos topograficamente pela linha que une os pontos de maior altitude e que definem os divisores de água entre uma bacia e outra adjacente. Sendo assim, é possível inferir que o desenvolvimento econômico, a expansão urbana e fomentos de necessidade antrópica têm levado a exploração excessiva dos recursos naturais, gerando alterações na biodiversidade, com efeitos reais no estabelecimento das relações ecológicas. No caso dos recursos hídricos, em particular, tem-se observado uma expressiva redução na qualidade da água e perda de biodiversidade aquática, em função da desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas.

Com a deterioração contínua dos ambientes naturais, com redução da qualidade da água e consequente perda da biodiversidade, o estudo da bacia hidrográfica se faz necessário. Neste contexto, e com base em resultados de estudos realizados no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA), da Universidade de São Paulo, os quais evidenciaram preocupação quanto à qualidade da água da bacia hidrográfica da represa do Lobo, local escolhido para o desenvolvimento desta pesquisa foi a bacia hidrográfica em questão formada pelos rios Itaqueri e Lobo, os quais formam a represa do Lobo. A bacia hidrográfica da represa do Lobo, como é conhecida a área de estudo, está localizada na região central do Estado de São Paulo, abrangendo os municípios de Brotas e Itirapina, sua rede hidrográfica é formada principalmente pelo represamento do ribeirão do Lobo e 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 (DELELLO, 2008). A represa do Lobo é utilizada para a pesca e recreação e está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) do Corumbataí, Botucatu e Tejupá, criada pelo Decreto Estadual nº 20.960, de 8 de junho de 1983.

O desenvolvimento econômico e social de qualquer país está fundamentado na disponibilidade de água de boa qualidade, conservação de mananciais e proteção dos recursos

hídricos. Tendo em vista a disponibilidade de água de boa qualidade o monitoramento e adequado manejo da bacia hidrográfica se insere como determinante na qualidade da água. Uma parte deste recurso hídrico está na forma de rios. Estes se diferem dos outros ecossistemas por não possuir estratificação vertical e, por ter uma ação do transporte horizontal da corrente d'água, apresenta uma deformação dessa tendência vertical. Esse ecossistema rio não pode ser considerado de forma isolada, visto que sua interação com o meio terrestre é intensa devido ao seu contato com as áreas adjacentes. A fauna e a flora local se utilizam destes recursos e, como consequência, todos os indivíduos dos ecossistemas aquáticos e terrestres se tornam dependentes dos mesmos.

Sendo assim, o monitoramento biológico é essencial para avaliar a saúde dos ecossistemas aquáticos, tendo por objetivo caracterizar o *status* do recurso aquático e monitorar mudanças nas comunidades biológicas associadas aos impactos antropogênicos. Qualquer tipo de estresse sofrido pelo ecossistema aquático é refletido diretamente nos organismos, populações e comunidades que fundamentalmente o compõe (TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI, 2008). Existe, portanto, a necessidade de se conhecer como o sistema se comporta diante de alterações antrópicas.

Os organismos do meio aquático apresentam diversas adaptações evolutivas e limites de tolerância a determinadas condições ambientais. Estes limites de tolerância variam de espécie para espécie, sendo umas mais tolerantes e outras intolerantes às mais diversas alterações ambientais. Portanto, é importante compreender o comportamento das espécies na sua seleção de habitats, sua interação com as outras espécies e a tolerância de cada população às variações físicas e químicas do ambiente (TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI, 2008).

Entre as diversas formas de avaliação das alterações ambientais, destaca-se a toxicologia aquática, a qual estuda os efeitos de compostos químicos e outros xenobióticos sobre os organismos aquáticos com ênfase especial nos efeitos adversos ou danosos. Para tanto, inúmeros testes toxicológicos são utilizados para avaliar as concentrações e a duração da exposição a estes agentes químicos necessárias para produzir um efeito pré-determinado, ou seja, um teste toxicológico é desenvolvido para mensurar o grau da resposta produzida por um nível específico de estímulo - concentração do composto em estudo (RAND e PETROCELLI, 1985), sendo também utilizados para avaliar amostras ambientais. No entanto, no Brasil, somente em 2005 os testes ecotoxicológicos foram integrados à legislação federal como forma de se avaliar a qualidade das águas superficiais destinadas ao abastecimento humano e a proteção à vida aquática.

Como organismos-teste são utilizados algas e bactérias, invertebrados aquáticos zooplânctônicos e bentônicos, peixes, entre outros (FONSECA, 1997; MELETTI, 2003). Dentre os organismos mais recomendados para ensaios de avaliação da toxicidade aquática estão as algas, pois são produtores primários dominantes na cadeia alimentar no ambiente aquático (PFLEEGER *et al.*, 1991). Assim, a utilização de microalgas em testes de toxicidade apresenta grande importância já que qualquer alteração da composição específica da comunidade fitoplânctônica pode afetar a estrutura e a função de todo o ecossistema (MASUTTI, 2004). Através dos testes com algas podem-se obter informações a respeito da disponibilidade de substâncias químicas para esses organismos e seus efeitos estimuladores ou inibidores, sendo o crescimento uma das respostas que retrata esses efeitos (MASUTTI, 2004).

Estudos com fitoplâncton indicam que estes apresentam uma rápida resposta fisiológica e, assim, efeitos deletérios provocados por compostos tóxicos podem ser detectados num curto período de tempo (SICKO-GOAD e STOERMER, 1988). Para Hellawell (1986) as algas podem ser utilizadas como sensores biológicos de qualidade de água e como espécies indicadoras na avaliação de impacto ambiental de poluentes.

Neste contexto, a presente pesquisa, avaliou a situação da qualidade da água dos principais sistemas hídricos formadores da represa do Lobo no período de abril 2010 e janeiro de 2011, disponibilizando informações científicas que possam contribuir para as futuras medidas de gerenciamento e gestão ambiental mais adequadas aos ecossistemas.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Ecossistemas aquáticos**

O rio Itaqueri, Ribeirão do Lobo, seus córregos e afluentes e o reservatório do Lobo formam a bacia hidrográfica do Lobo/Itaqueri em questão.

Os rios apresentam fluxo constante e geram um transporte horizontal dos materiais neles presentes, geralmente de origem alóctone, proveniente das áreas adjacentes ou de regiões superiores (sentido nascente-foz), contribuindo com a água e materiais para os sistemas lênticos (lagos e reservatórios). Assim, uma vez que os sistemas estão interligados e que a entrada de materiais (sedimentos, nutrientes, etc) é constante, verifica-se que o nível de contaminação dos rios influencia diretamente a qualidade da água do reservatório para o qual afluem, representando uma contribuição importante para o sistema, não somente para a produção interna, mas também para os riscos associados, como a eutrofização e o aumento da poluição por metais e pesticidas (ARGENTON, 2004).

Segundo ROCHA et al (1999), lago, rio ou represa são considerados como dependentes do sistema terrestre, sendo influenciado pelas atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, as quais são fatores determinantes para o estabelecimento das diferenças espaciais e temporais, originadas por fontes difusas ou pontuais, que ocorrem no sistema aquático.

### **2.2 Monitoramento da qualidade dos corpos hídricos**

As atividades humanas desenvolvidas nas bacias hidrográficas contribuem para a deterioração dos recursos hídricos, podendo causar efeitos tóxicos aos organismos, afetando a estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos (BAUDO, 1989). Indispensável aos dias de hoje, o monitoramento ambiental auxilia no gerenciamento de recursos hídricos, fornecendo informações a respeito da magnitude e extensão dos impactos causados pela

poluição e avalia a eficiência de medidas mitigadoras adotadas para eliminar ou reduzir os efeitos destes impactos (CHAPMAN, 1989).

No sentido de controlar a ocorrência de severos episódios de poluição aquática, no decorrer de décadas foram estabelecidos padrões de qualidade de água, constituídos por um conjunto de parâmetros físico-químicos e respectivos limites máximos ou mínimos de concentração dentro dos quais não ocorreriam prejuízos a estes ambientes, como os regulamentados pela resolução CONAMA 20, de 18/06/86, a qual foi alterada para CONAMA 357 em 2005, após intensa revisão dos valores estabelecidos. Porém, muitos estudos têm indicado que estas normas estão aquém do ideal, podendo resultar em sérios riscos não só à saúde do ambiente como do próprio ser humano, já que assumem que o poluente pode ser mensurado de forma independente, mesmo quando está associado a outros compostos, subestimando o efeito da interação entre os mesmos (PRESTON *et al*, 2000).

Um estudo realizado por NASCIMENTO e SPERLING (1998), que comparou os critérios científicos de determinação dos padrões de qualidade da água para proteção das comunidades aquáticas de corpos hídricos brasileiros com os norte-americanos e canadenses, demonstrou que a norma brasileira se encontra em defasagem em relação às outras normas ambientais. Isso ocorre porque nos Estados Unidos e Canadá os limites máximos permissíveis para o lançamento de contaminantes foram baseados em testes de toxicidades (USEPA, 1995), permitindo uma melhor avaliação dos impactos ambientais.

### **2.3 Ecotoxicologia aquática**

Segundo Truhaut<sup>1</sup> (1977 apud MAGALHÃES e FERRÃO FILHO, 2008, p. 356), que foi quem sugeriu termo pela primeira vez em Estocolmo, a Ecotoxicologia é definida como a ciência que estuda os efeitos das substâncias naturais ou sintéticas sobre os organismos vivos, populações e comunidades, quer seja estas animais ou vegetais, terrestres ou aquáticos, que constituem a biosfera, incluindo assim a interação das substâncias com o meio nos quais os organismos vivem num contexto integrado.

---

<sup>1</sup> TRUHAUT, R. Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. 1 **Ecotoxicology and Environmental Safety**, p. 151-173, 1977.

Segundo ZAGATTO e BERTOLETTI (2006), os ensaios ecotoxicológicos surgiram significativamente a partir da década de 60, período este considerado como um marco da preocupação do homem pela poluição gerada por seus processos tecnológicos e industriais. Neste escopo, a ecotoxicologia surgiu para ajudar a responder como os efeitos da poluição ambiental afetam os seres vivos em geral, pois até a década de 60 eram mais comuns as análises físicas e químicas dos efluentes e corpos d'água, o que não garantia a proteção da biota aquática.

Testes ecotoxicológicos planejados sob pequena escala ou bioensaios *in vitro* tem melhorado a eficiência do monitoramento da qualidade da água. O uso destes métodos, os quais envolvem componentes celulares, células, órgãos ou pequenos animais, são altamente sensíveis, de rápida reprodução e requerem pequenas quantidades amostrais (LATIF e LICEK, 2004). Além disso, têm a vantagem da integração da atividade toxicológica de múltiplos contaminantes que atuam por meio de um mecanismo comum, sendo possível avaliar o potencial efeito tóxico em amostras biológicas complexas. (KALLQUIST *et al.*, 2008). Deste modo, os ensaios de toxicidade são incluídos em programas de controle de poluição, sendo uma das análises indispensáveis nos estudos ambientais (CETESB, 1990).

### **2.3.1 Organismo-teste**

Um dos testes mais importantes para a avaliação da toxicidade aquática é o teste que avalia tanto a inibição quanto o estímulo do crescimento algal (ISO, 2004). O uso de algas é um dos mais recomendados, pois, como espécies representativas do nível trófico primário, são ecologicamente importantes porque servem como fonte de alimento fundamental para outras espécies aquáticas e ocupam posição única entre os produtores primários, sendo elo importante na cadeia alimentar (VIDOTTI e ROLLEMBERG, 2004).

A utilização das algas como organismo-teste é vantajosa, pois seu ciclo de vida é curto, facilitando os estudos de exposição com várias gerações, além das altas taxas de crescimento, da facilidade em manter culturas e da capacidade de crescer em meios sintéticos bem definidos. Os ensaios com algas fornecem informações quantitativas sobre a disponibilidade das substâncias químicas, nutrientes ou substâncias potencialmente tóxicas e seus efeitos nos ecossistemas. Esses estudos possibilitam a combinação de medidas físicas,

químicas e biológicas, que resulta em informações importantes para a compreensão dos riscos ambientais (VIDOTTI e ROLLEMBERG, 2004).

Em contraste com peixes e invertebrados, o número de ensaios com microalgas ainda é limitado, mesmo que tenham uma clara justificativa com relação à proteção ambiental (MOREIRA-SANTOS *et al.*, 2004). Entre as espécies normalmente utilizadas, a microalga *Pseudokirchneriella subcapitata* (anteriormente denominada como *Selenastrum capricornutum* e *Rhapidocelis subcapitata*) é uma das mais recomendadas em teste de toxicidade de água-doce (USEPA,1994 e ABNT, 2005). Comparando com os testes de toxicidade aguda e crônica com outras espécies aquáticas, tais como peixes e crustáceos, os testes com algas frequentemente são os mais sensíveis (KALLQUIST *et al.*, 2008).

### 3. OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade da água dos sistemas hídricos que contribuem para a formação da represa do Lobo (Broa), localizada entre os municípios de Itirapina e Brotas, no Estado de São Paulo, utilizando, para tanto, bioensaios de toxicidade com algas (*Pseudokirchneriella subcapitata*) e análises limnológicas (água e sedimento).

Como objetivo secundário, procurou-se avaliar se os estudos ecotoxicológicos utilizando a alga *P. subcapitata* podem efetivamente ser recomendados para avaliação de amostras ambientais, uma vez que pesquisas com outros organismos-testes (que integram um projeto de pesquisa mais amplo) também serão desenvolvidos, permitindo uma análise comparativa entre eles, juntamente com as informações provenientes das análises físicas, químicas e biológicas.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área de estudo, período e estações de coleta

A bacia hidrográfica da represa do Lobo está localizada na região central do Estado de São Paulo, abrangendo os municípios de Brotas e Itirapina, a uma latitude de 22°15'S e longitude de 47°49'W (conforme ilustrado na Figura 01), altitude de 705m e sua rede hidrográfica é formada principalmente pelo represamento do ribeirão do Lobo e 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, possuindo uma área de 227,7 km<sup>2</sup> (DELELLO, 2008).

Esses cursos de água estão enquadrados, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, como Classe 2, ou seja, são águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; a proteção das comunidades aquáticas; a recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 357, de 2005; a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e a aquicultura e a atividade de pesca (ARGENTON, 2004).

Tabela 1 – Características gerais da bacia hidrográfica do Lobo

Área	227,7 km <sup>2</sup>
Densidade de drenagem	0,75 km/km <sup>2</sup>
Declividade da bacia	0,00575 m/m
Altitude máxima	940 m
Altitude média	770 m
Altitude mínima	680 m

Fonte: TUNDISI *et. al.* (2000)

### 4.1.1 Clima

O clima da região é caracterizado como subtropical mesotérmico, com verão úmido e inverno seco, sendo que principalmente no inverno e no outono há frentes frias típicas vindas do sul. No mês mais frio (junho) registram-se valores entre 15°C e 17°C e no mês mais quente (dezembro) verificam-se isotermas entre 21 e 23°C. A pluviosidade média anual é de 1300mm, com maior precipitação no verão e menor no inverno. Para a evapotranspiração são apresentados valores médios entre 900 e 1000 mm/ano e umidade relativa em torno de 75%. No inverno, a velocidade do vento pode atingir até 10 Km/h e durante o verão de 2 a 3 km/h (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 1995).

### 4.1.2 Geologia

Segundo Almeida<sup>2</sup> (1964 apud ARGENTON, 2004, p. 5-6), a matriz rochosa da bacia do Lobo é caracterizada por uma alternância entre membros sedimentares, predominantemente arenosos, representados pela formação Botucatu-Pirambóia, e derrames basálticos da Formação Serra Geral. Também há afloração do grupo Bauru (QUEIROZ, 2000).

As rochas da formação Serra Geral são constituídas por basaltos, arenitos, “intertrap” e diabásios, e as rochas da formação Botucatu-Pirambóia e do grupo Bauru são constituídas por arenitos, siltitos e conglomerados (QUEIROZ, 2000).

O solo da região pode ser classificado em oito tipos: hidromórficos, solos orgânicos, latossolo (amarelo e vermelho), regossolo, solos litólitos, “terra-roxa” (derivado do basalto), solos podzólicos e solos arenosos (originados do quartzo) (TUNDISI et al, 2003).

---

<sup>2</sup> ALMEIDA, P.R. Ensaio de laboratório sobre a toxidez do DDT aos peixes guaru (*Phallocoero caudimaculatus*, Hensel). **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.18 n. 2, p. 31-37, 1997.

### 4.1.3 Relevo

A região de estudo apresenta um relevo pouco acidentado, com desníveis da ordem de 50 metros. Em alguns pontos, principalmente próximo a Itaqueri da Serra, devido à presença de derrames basálticos, aparecem as chamadas cuestas arenitos-basálticas, relevo escarpado limitando-se com a Depressão Periférica Paulista. Nesses locais, observam-se desníveis máximos que chegam a quase 300 metros. No reverso das cuestas, aparece a área denominada de Planalto de Campo Alegre, de constituição basáltica e arenítica, drenada pelos ribeirões Itaqueri e do Lobo (GUERRA e CUNHA, 1996<sup>3</sup> apud QUEIROZ, 2000, p. 63).

### 4.1.4 Vegetação

A vegetação que predomina na área de abrangência do estudo é o Cerrado, com mata galeria ao longo dos rios e plantações de *Pinus* sp e *Eucalyptus* sp nas áreas de reflorestamento (TUNDISI et al, 2003), além do avanço da monocultura da cana-de-açúcar.

Segundo Argenton (2004), as variações litológicas com a presença de basalto determinam o aparecimento de solos mais férteis, e nesses locais ocorre a substituição do Cerrado pela mata que, em alguns pontos deste relevo mais acidentado (na região da paisagem de escarpas), exibia testemunhos de vegetação primária. Nas mais altas ombreiras basálticas ou de arenito Bauru, o Cerrado ocorre de forma mais ampla, sendo aproveitados como áreas de pastagens. Também ocorrem na região, além das várias gradações de Cerrado e em áreas mais próximas da represa, mata ou capoeira, campo, pasto, culturas temporárias e permanentes e brejos

---

<sup>3</sup> GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Bertrand: Rio de Janeiro, 1996.

#### 4.1.5 Usos e ocupação do solo e impactos ambientais

Os usos e ocupação, conforme mencionado anteriormente, incluem a monocultura de cana-de-açúcar, reflorestamento de *Pinus* e *Eucaliptus*, plantios de café e laranja, pecuária, suinocultura, mineração (areia) e atividades ligadas ao desenvolvimento turístico da região, as quais tem acarretado em sérios prejuízos aos ecossistemas terrestres e aquáticos, incluindo, entre outros, a perda da diversidade biológica.

A agricultura na região é uma atividade que vem sofrendo grandes modificações, os cultivos de café e milho foram substituídos por cultura de laranja e cana-de-açúcar, sendo esta a atividade predominante a partir da década de 70, principalmente com os incentivos do Programa Pró-Álcool. O desmatamento causou exposição do solo, erosão, lixiviação e o carreamento para os corpos d'água de produtos químicos nocivos ao meio ambiente (ARGENTON, 2004), o que tem sido uma constante nos últimos anos.

As atividades de reflorestamento de *Eucaliptus* e *Pinus* (espécies exóticas de crescimento rápido que fornecem madeira) estão avançando em regiões cada vez maiores e até mesmo invadindo áreas de mata ciliar e de brejo depois de passar pelo Cerrado e os campos sujos, até o limite da represa, ultrapassando a várzea do rio Itaqueri, comprometendo a integridade desses ecossistemas. Percebe-se que a área ocupada por cobertura vegetal original de campo e Cerrado está sendo cada vez mais reduzida e que nos limites da área urbana as culturas agrícolas e o reflorestamento tem crescido significativamente, o que já tinha sido observado por ARGENTON, (2004) e que se tornou mais evidente nos últimos anos.

A mineração é outra atividade impactante localizada no rio Itaqueri, realizada pela Mineração Itirapina (antiga Mineração Siriema), a empresa extrai areia para fundição e construção. Esta atividade ajuda a aumentar o assoreamento dos corpos hídricos, modificando a paisagem (ARGENTON, 2004).

Nos últimos anos, como foi comentado acima, tem-se observado na área de estudo um acentuado crescimento urbano. A urbanização desorganizada se relaciona diretamente com as atividades turísticas concentradas na área da represa e seu entorno (ARGENTON, 2004). A urbanização descontrolada é consequência do desenvolvimento do turismo, uma vez que existe a “crença” de que o turismo é uma atividade de baixo impacto. No entanto, necessita de infraestrutura para ser adequado e se isso não ocorre, as implicações se tornam mais efetivas.

Segundo Ruschmann<sup>4</sup> (1997 apud QUEIROZ, 2000, p. 23-24) o desenfreado desenvolvimento do turismo pode causar poluição, destruição de paisagem natural e de áreas agropastoris, destruição da fauna e flora, degradação da paisagem, de sítios históricos e de monumentos, além de congestionamentos. Ainda segundo o autor, são observados no local a retirada da vegetação nativa e conseqüente destruição da paisagem natural para a construção de casas, equipamentos e infraestruturas para os turistas; processos de erosão do solo e assoreamento dos corpos de água; poluição das águas pela descarga de água servidas *in natura* (ausência e funcionamento precário dos sistemas de tratamento) e pelos óleos e resíduos liberados na combustão dos motores de barcos e lanchas; acúmulo de lixo na praia e na represa, além do sistema de coleta ineficiente; e poluição causada pelos ruídos dos motores de veículo de recreio. Segundo DUDGEON (1996), as perturbações de origem antrópica em redes de drenagem afetam as comunidades aquáticas através do transporte de sedimento da área adjacente para o corpo hídrico.

Outro aspecto importante a ser levantado é a estação de tratamento de efluentes do município de Itirapina que se encontra em condições precárias. A estação despeja as águas servidas no córrego da Água Branca, que por sua vez deságua no rio Itaqueri, que é o principal tributário da represa do Lobo, comprometendo a qualidade da água. Esse despejo de esgoto pode levar a sérios problemas ambientais, sociais e econômicos, além de saúde pública, e eutrofização da represa (ARGENTON, 2004). Apesar da ampliação e melhoria do sistema nos últimos anos, verifica-se que o sistema ainda não está operando de forma adequada, como avaliado no presente estudo.

#### **4.1.6 Locais de amostragem**

Na presente pesquisa, propôs-se um estudo em 14 estações de coleta, considerando os córregos e os principais tributários do reservatório do Lobo, todos inseridos dentro da bacia hidrográfica do Itaqueri/Lobo, conforme apresentado nas Figuras 01, 02 e 03. Para tanto, foram coletadas amostras de água e sedimento nos seguintes locais: ribeirão do Lobo (2 amostras), rio Itaqueri (2 amostras), Córrego da Água Branca (1 amostra), Córrego do

---

<sup>4</sup> RUSCHMANN, D.V.M. (1997). Turismo e planejamento sustentável: a proteção do meio ambiente. Ed. Papirus, Campinas, 199p.

Limoeiro (1 amostra), junção do Limoeiro e Água Branca (1 amostra), Córrego do Geraldo (2 amostras), Córrego das Perdizes (1 amostra), reservatório do Lobo/Broa (3 amostras) e rio Jacaré-Guaçu (1 amostra). Na Tabela 2, são apresentadas as principais características de cada local de coleta. Em cada estação de coleta foram realizadas quatro campanhas, distribuídas ao longo do ano de 2010/2011, para que fossem considerados os períodos seco, chuvoso e intermediários, conforme cronograma em anexo.

A primeira coleta foi realizada no dia 23 de abril de 2010, entre as 08h00min e 16h00min, caracterizando um período intermediário entre chuvoso e seco. Nesse período, verificou-se vento de leve a moderado. A segunda coleta foi realizada no dia 5 de julho de 2010, entre as 08h00min e 16h00min, caracterizando um período seco. Nesse período, verificou-se ausência de chuvas em 15 dias, vento leve a moderado, com formação de poucas nuvens pela manhã e maior nebulosidade à tarde. Na segunda coleta, devido à grande quantidade de pedras e galhos presentes no substrato desse rio no local, foi possível coletar somente uma pequena quantidade de sedimento no ponto Jacaré-Guaçu, que foi suficiente somente para determinação da matéria orgânica, fósforo total, nitrogênio orgânico total e granulometria, não sendo utilizada na determinação dos metais e na realização dos testes ecotoxicológicos. A terceira coleta foi realizada no dia 13 de outubro de 2010, entre as 08h00min e 16h00min, caracterizando um período intermediário entre seco e chuvoso. Nessa terceira campanha, não foi possível realizar a coleta de amostras de sedimento do ponto Jacaré-Guaçu, devido à grande quantidade de pedras e galhos presentes no substrato desse rio no local. A quarta coleta foi realizada no dia 7 de janeiro de 2011, entre as 08h00min e 16h00min, caracterizando um período chuvoso. Nessa quarta campanha, devido à ocorrência de chuvas muito intensas nas vésperas da saída a campo, não foi possível coletar amostras de água nos pontos Itaqueri 2, Limoeiro 1, Geraldo 1 e Lobo 2. Quanto ao sedimento, além dos pontos mencionados anteriormente, não foi possível a coleta de amostras nos pontos Água Branca 1 e Jacaré-Guaçu, pelas mesmas razões já explicadas.

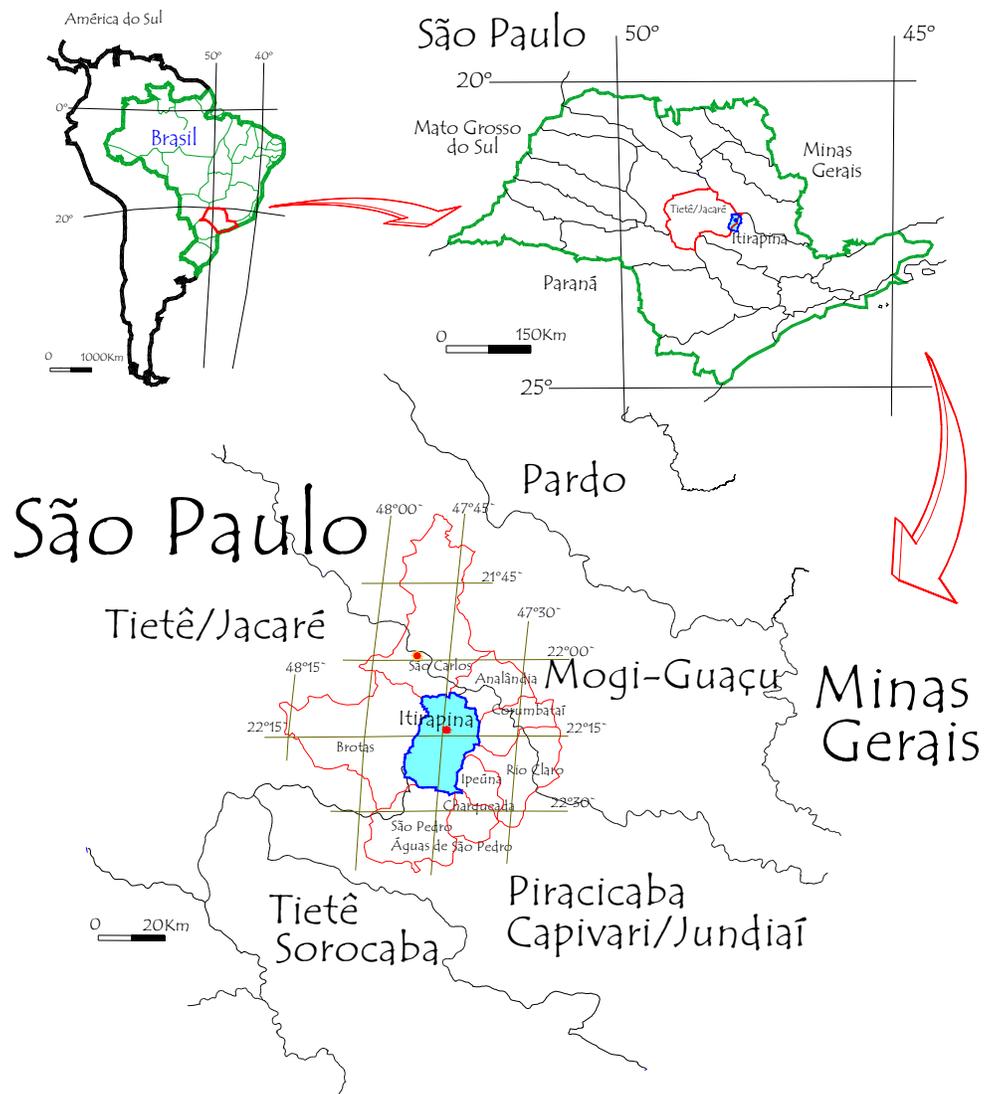


Figura 1 – Localização da área de estudo no Estado de São Paulo, com destaque (em vermelho) para a bacia hidrográfica do Alto Tietê/Jacaré.

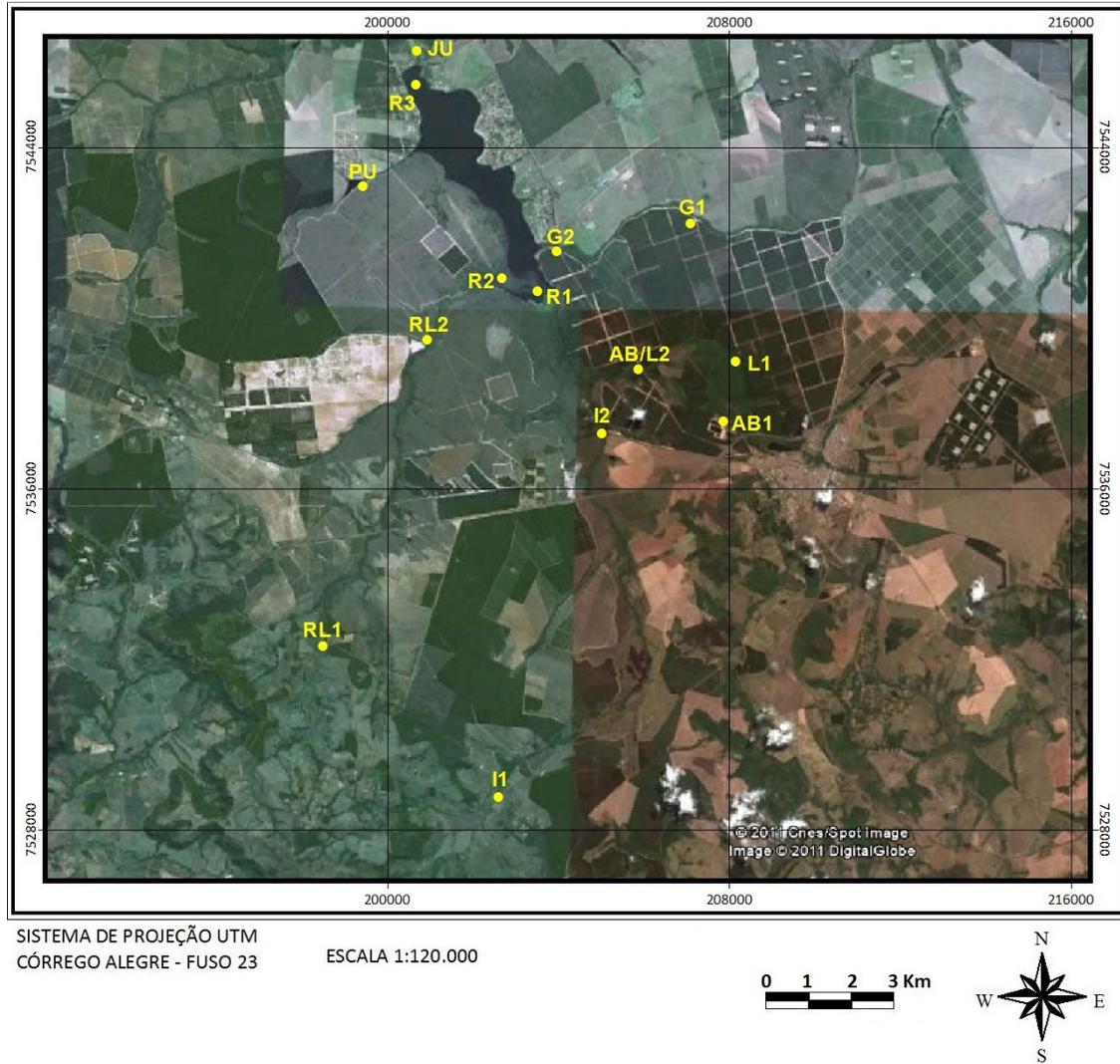


Figura 2 – Imagem de satélite georreferenciada, da área de estudo na bacia hidrográfica do Lobo, com identificação dos locais amostrais da represa do Lobo e dos respectivos tributários (Google Earth, 2010).

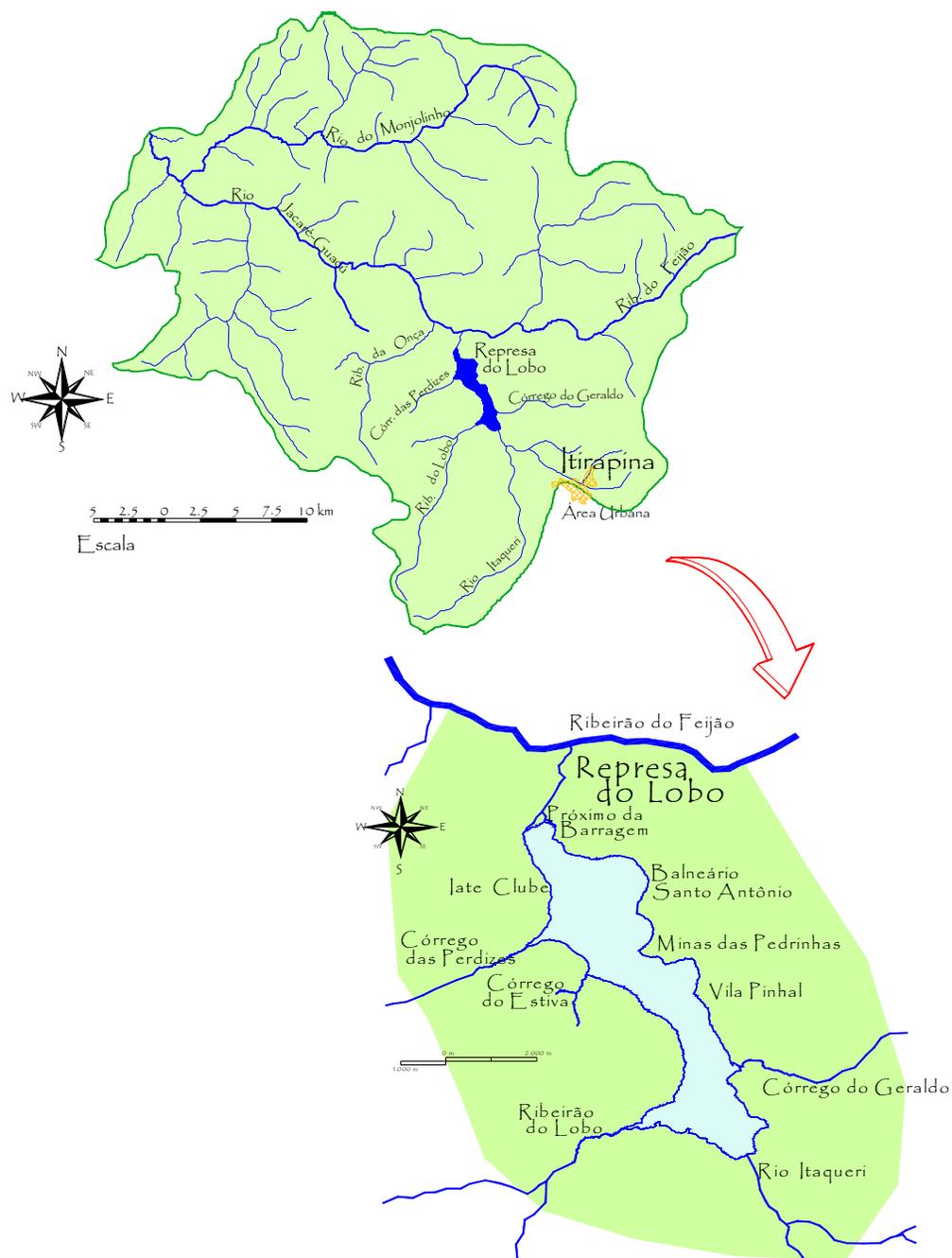


Figura 3 – Mapa parcial da represa do Lobo, mostrando os principais tributários (rio Itaqueri e Ribeirão do Lobo), bem como outros tributários de pequeno porte.

Tabela 2 – Caracterização das estações de coleta e da área de entorno, entre os municípios de Brotas e Itirapina/SP.

Local de coleta	Caracterização geral	Foto
Itaqueri (Ponto 1 – I1)	No primeiro ponto do Rio Itaqueri foram notados alguns remanescentes de vegetação nativa, mas também alterações na paisagem devido ao avanço da cana-de-açúcar na parte direita do rio e pastagens no lado esquerdo.	
Itaqueri (Ponto 2 – I2)	O ponto 2 está localizado à jusante da mineração de areia e à montante do lançamento do esgoto de Itirapina.	
Ribeirão do Lobo – Intermediário (Ponto 1 – RL1)	O primeiro local de coleta do Ribeirão do Lobo foi caracterizado pela presença de áreas de mata preservada nas margens e áreas de Cerrado no entorno. Havia fazendas e pastagens, bem como de plantações de eucalipto.	
Ribeirão do Lobo – Próximo à represa (Ponto 2 – RL2)	O segundo local de coleta do Ribeirão do Lobo foi caracterizado pela presença de vegetação característica de áreas alagadas, estando relativamente preservada. Observou-se a invasão de espécies de <i>Eucalipto</i> .	

CONTINUA

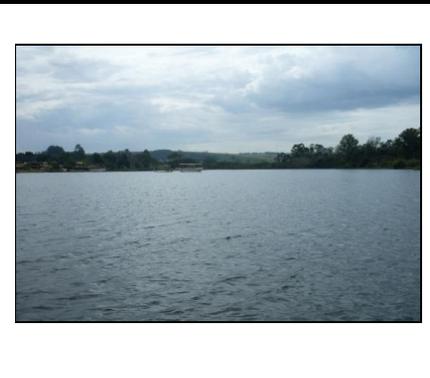
Local de coleta	Caracterização geral	Foto
<p>Córrego Água Branca (AB1)</p>	<p>O local de coleta no córrego Água Branca está à montante do lançamento de esgoto de Itirapina, localizado próximo à estação de tratamento, ainda em construção.</p>	
<p>Córrego do Limoeiro (L1)</p>	<p>Localizado dentro da área do Instituto Florestal (Estação Experimental de Itirapina), com vegetação ripária bastante preservada. Havia plantações de eucalipto na região</p>	
<p>Junção dos Córregos Água Branca e Limoeiro (AB/L2)</p>	<p>Este ponto de amostragem está localizado nas proximidades da rodovia Ayrton Senna, à jusante do lançamento de esgoto de Itirapina. Notou-se grande presença de <i>Eucalipto</i> no entorno.</p>	
<p>Córrego do Geraldo (G1)</p>	<p>Localização mais próxima à nascente, com vegetação ciliar bastante preservada e com a presença de bromélias e orquídeas. Havia plantações de <i>Pinus</i> e <i>Eucalyptus</i> na região.</p>	

CONTINUA

Local de coleta	Caracterização geral	Foto
Córrego do Geraldo (G2)	O local de coleta do córrego do Geraldo também estava localizado no cruzamento com a rodovia Ayrton Senna. Havia presença de <i>Pinus</i> no entorno e de um condomínio a poucos metros da margem direita.	
Córrego das Perdizes (PU)	Este local de coleta foi caracterizado pela presença de gramíneas na região de entorno das margens e por ser uma área de condomínios, pertencente à cidade de Brotas. Havia alguns remanescentes de Cerrado.	
Rio Jacaré-Guaçu (JU)	Este local de amostragem está localizado a jusante da barragem do reservatório do Lobo e a montante de um trecho encachoeirado, com presença de vegetação na margem esquerda.	
Represa do Lobo (R1)	O local de coleta do primeiro ponto da represa localiza-se na foz do rio Itaqueri. Apresenta profundidades variando de 1,0 a 1,5m, e grande quantidade de macrófitas emersas e submersas.	

CONTINUA

---

Represa do Lobo (R2)	O local de amostragem está localizado na foz do Ribeirão do Lobo apresentando baixas profundidades. Também foi observada a presença de macrófitas nesse ponto.	
Represa do Lobo (R3)	Este local de amostragem está localizado próximo a barragem com profundidades de até 11m. É caracterizado pela presença de condomínios residenciais do lado esquerdo e pelo Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA) no lado direito.	

---

## 4.2 Análises do compartimento água

As amostras de água foram coletadas com galões plásticos, na sub-superfície de cada estação de amostragem, sendo acondicionadas e preservadas para posterior análise conforme as metodologias de referência para cada variável, como pode ser observado na Tabela 3. Algumas medidas foram realizadas no próprio local de amostragem, como aquelas determinadas pela sonda multiparâmetro, da marca Horiba. Todas as análises, exceto as de agrotóxicos (determinadas no Instituto de Química da Universidade de São Paulo, em São Carlos), foram realizadas nos laboratórios do Núcleo de Estudos em Ecossistemas Aquáticos, do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Os resíduos líquidos e sólidos gerados nos procedimentos laboratoriais foram armazenados e encaminhados ao Laboratório de Resíduos Químicos da EESC/USP para tratamento e disposição adequada, conforme normas da instituição local.

Tabela 3 – Metodologias e referências utilizadas nas análises das variáveis físicas, químicas e biológicas da água.

N.º	Variáveis	Metodologia/Referência
1	pH	Multi-sensor HORIBA U-10
2	Condutividade ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	Multi-sensor HORIBA U-10
3	Oxigênio dissolvido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Multi-sensor HORIBA U-10
4	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Multi-sensor HORIBA U-10
5	Turbidez (UNT)	Multi-sensor HORIBA U-10
6	Material em suspensão ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Gravimetria / Wetzel & Likens (1991)
7	Nitrito e nitrato ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Espectrofotometria/ MACKERETH et al.(1978)
8	Íon amônio ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Espectrofotometria/ KOROLEFF (1976)
9	Nitrogênio orgânico total ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Espectrofotometria/ APHA (1995)
10	Fosfato total dissolvido e fosfato inorgânico ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Espectrofotometria/ GOLTERMAN (1978)
11	Fósforo Total ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Espectrofotometria/ APHA (1995)
12	$\text{SiO}_2$ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Espectrofotometria/ GOLTERMAN (1978)
13	Coliformes (NMP)	Colorimétrico (Collilert)/ APHA (1995)
14	Metais totais (Fe, Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Cd, Mn, Co, Na e Al) - ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Espectrofotometria / APHA (1995)
15	Pesticidas Organoclorados ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Cromatografia gasosa (extração em fase sólida) / LANÇAS (1997)

### 4.3 Protocolo de avaliação de habitats

Em conjunto com agências de monitoramento de águas superficiais, durante a década de 1980, surgiram os Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PARs), os quais são originados de estudos liderados pela *Environmental Protection Agency* (EPA) e são utilizados para caracterizar qualitativamente os corpos hídricos. De acordo com o protocolo inicialmente é estabelecido um limite considerado normal, baseado em locais minimamente perturbados, sendo estes tomados como referência. (PLAFKIN et al, 1989), partindo da premissa de que os cursos d'água pouco afetados pela ação humana exibem condições biológicas mais favoráveis (MINATTI-FERREIRA e BEAUMORD, 2006).

Por definição, os PARs são ferramentas que agregam indicadores de qualidade ambiental referentes aos aspectos físicos e biológicos do ecossistema fluvial, que podem ser usados como um instrumento de avaliação dos recursos hídricos. Os PARs constituem-se em documentos de referência que reúnem procedimentos metodológicos, aplicáveis à avaliação rápida, qualitativa e semi-quantitativa, de um conjunto de variáveis representativas dos principais componentes e fatores geomórficos e sedimentológicos que condicionam e controlam os processos e funções ecológicas dos sistemas fluviais (RODRIGUES e CASTRO, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2008).

No presente estudo foi utilizado um protocolo de avaliação modificado por Barbosa (2003), que também se destina a descrever e qualificar os habitats. As informações foram obtidas por coleta de dados durante as campanhas e de fotografias obtidas no local, as quais foram analisadas posteriormente. O protocolo é composto por nove parâmetros relacionados com a estrutura do substrato, da vegetação ripária e da morfologia do canal fluvial.

Neste sentido, o protocolo baseia-se na mensuração de variáveis quantitativas para atribuir qualitativamente uma classificação para o habitat, podendo ser classificado em quatro categorias: pobre, mediano, sub-ótimo e ótimo. Para cada variável do protocolo foi escolhido uma categoria por local de coleta. Ao final somou-se a pontuação, sendo possível caracterizar o ecossistema.

O protocolo aplicado encontra-se em anexo.

#### **4.4 IET – Índice de Estado Trófico**

O Índice de Estado Trófico classifica os corpos d'água em diferentes graus de trofia, assim, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou da infestação das macrófitas aquáticas (CETESB, 2008).

No presente trabalho foram utilizadas as equações e variáveis utilizadas pela CETESB (2008) para clorofila e fósforo total. O IET (PT), Índice de estado trófico referente ao fósforo total, reflete uma medida do estado de eutrofização, já que o fósforo é agente causador do processo. A avaliação para o IET (CL), índice de estado trófico referente à clorofila, deve ser feita para medir a resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas nos corpos hídricos. Assim, o IET médio, que é a média

aritmética dos valores de fósforo total e a clorofila (CETESB, 2008), engloba de forma satisfatória a causa e o efeito do processo. Os índices são estabelecidos segundo a CETESB (2008), que se utilizou de equações modificadas por Lamparelli (2004), as quais são apresentadas abaixo:

-Rios:

$$IET(CL) = 10 \cdot \left( 6 - \left( \frac{-0,7 - 0,6 \cdot (\ln CL)}{\ln 2} \right) \right) - 20 \quad (1)$$

$$IET(PT) = 10 \cdot \left( 6 - \left( \frac{0,42 - 0,36 \cdot (\ln PT)}{\ln 2} \right) \right) - 20 \quad (2)$$

-Represas:

$$IET(CL) = 10 \cdot \left( 6 - \left( \frac{0,92 - 0,34 \cdot (\ln CL)}{\ln 2} \right) \right) \quad (3)$$

$$IET(PT) = 10 \cdot \left( 6 - \left( \frac{1,77 - 0,42 \cdot (\ln PT)}{\ln 2} \right) \right) \quad (4)$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água ( $\mu\text{g/L}$ )

CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água ( $\mu\text{g/L}$ )

O IET será então a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila:

$$IET = \frac{IET(PT) + IET(CL)}{2} \quad (5)$$

Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios e reservatórios estão descritos nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Classificação do Estado Trófico (IET) para rios, segundo CETESB (2010).

Classificação do Estado Trófico - Rios (CETESB, 2010)			
Categoria (Estado trófico)	Ponderação	P-total - P ( $\text{mg.m}^{-3}$ )	Clorofila a ( $\text{mg.m}^{-3}$ )
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$P \leq 13$	$CL \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$13 < P \leq 35$	$0,74 < CL \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$35 < P \leq 137$	$1,31 < CL \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$137 < P \leq 296$	$2,96 < CL \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$296 < P \leq 640$	$4,70 < CL \leq 7,46$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$640 < P$	$7,46 < CL$

Tabela 5 – Classificação do Estado Trófico (IET) para reservatórios, segundo CETESB (2010).

Classificação do Estado Trófico – Reservatórios (CETESB, 2010)				
Categoria (Estado trófico)	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m <sup>-3</sup> )	Clorofila a (mg.m <sup>-3</sup> )
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	S ≥ 2,4	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	2,4 > S ≥ 1,7	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	1,7 > S ≥ 1,1	19 < P ≤ 52	3,24 < CL ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	1,1 > S ≥ 0,8	52 < P ≤ 120	11,03 < CL ≤ 30,55
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	0,8 > S ≥ 0,6	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	0,6 > S	233 < P	69,05 < CL

#### 4.5 Variáveis do sedimento

As amostras de sedimento foram coletadas em todas as estações de amostragem, com auxílio de draga de Eckmann-Birge, sendo imediatamente homogêneas e armazenadas em potes plásticos de 1L. Uma parte dessas amostras foi resfriada para a quantificação dos agrotóxicos organoclorados presentes no sedimento (realizada no Instituto de Química da Universidade de São Paulo, em São Carlos); o restante foi deixado em temperatura ambiente (para secagem) para posterior análise de matéria orgânica, granulometria, fósforo total, nitrogênio orgânico total e metais potencialmente biodisponíveis, segundo as metodologias e referências apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Metodologias e referências utilizadas nas análises das variáveis físicas, químicas e biológicas do sedimento.

N.º	Variáveis	Metodologia/ Referência
1	Matéria orgânica (%)	Incineração em mufla/ TRINDADE (1980)
2	Granulometria (%)	Peneiramento e densímetro/ ABNT (1968)
3	Fósforo total (µg.g <sup>-1</sup> )	Espectrofotometria/ ANDERSEN (1976)
4	Nitrogênio orgânico total (%)	KJELDHAL/ APHA (1995)
5	Metais potencialmente biodisponíveis (Cd*, Cr*, Cu*, Fe, Ni, Mn, Zn, Pb, Co, Na e Al) (mg.Kg <sup>-1</sup> )	Espectrofotometria (Absorção Atômica por Chama e Forno de grafite*) / SILVÉRIO (1999)
6	Pesticidas organoclorados (µg.Kg <sup>-1</sup> )	Cromatografia gasosa (LANÇAS (1997)

## 4.6 Análise dos dados

Foi utilizada a Análise de Componentes Principais (PCA) para verificar a existência de diferenças entre as estações de amostragem e os períodos de coleta quanto às variáveis limnológicas. A análise consiste em reescrever as variáveis originais, por meio de combinações lineares, em um sistema de eixos mais conveniente para a análise dos dados, gerando as componentes principais. Assim, o método permite a redução da dimensionalidade dos dados através da informação de natureza multivariada que pode ser explicada em grande parte em apenas duas ou três das primeiras componentes principais, o que facilita a interpretação (NETO; MOITA, 1997). O primeiro eixo irá representar a maior parte da variação dos dados; o segundo eixo, a segunda maior parte, e assim, sucessivamente (NOVELLI, 2005).

Após a realização da PCA, as variáveis com maior potencial de explicação para a variância dos dados foram utilizadas para a análise de agrupamento hierárquico (Cluster Analysis). Esse agrupamento de amostra é feito pela similaridade, ou seja, divisão de um conjunto em um número finito de classes (VALENTIN, 1995). A técnica de agrupamento hierárquico interliga as amostras por suas associações, produzindo um dendrograma que agrupa as amostras semelhantes entre si segundo as variáveis escolhidas. A similaridade entre duas amostras pode ser expressa como uma função da distância entre os dois pontos representativos destas amostras no espaço multidimensional (NETO; MOITA, 1997). Para o presente trabalho, usou-se a Distância Euclidiana Média como coeficiente de similaridade, e o agrupamento UPGMA (Unweighted Pair – Group Method Average), como método de ligação ou formação de grupos.

Utilizou-se o coeficiente de correlação cofenético (CCC) para testar o grau de deformação provocado pela construção do dendrograma. O CCC é tanto maior quanto menor for a distorção entre os índices de similaridade da matriz original e os índices reconstituídos a partir do dendrograma. A literatura considera aceitáveis valores de CCC superiores a 0,8 (VALENTIN, 1995).

## 4.7 Testes de toxicidade

Para a avaliação ecotoxicológica foram realizados bioensaios ecotoxicológicos crônico utilizando a espécie *Pseudokirchneriella subcapitata* como organismo-teste. No presente estudo, foram considerados as alterações na densidade celular, biovolume e conteúdo de carbono em todos os períodos de coleta e os efeitos na concentração de clorofila a foram avaliados somente nos períodos secam e chuvoso.

### a) Cultivo dos organismos-teste

Os exemplares iniciais para o cultivo de *Pseudokirchneriella subcapitata* foram obtidos das culturas-estoque mantidas no Laboratório de Ecotoxicologia e Ecofisiologia de Organismos Aquáticos do CRHEA/SHS/EESC/USP. Os inóculos foram mantidos em meio ágar inclinado com peptona protease, em condições controladas de temperatura e luminosidade. O cultivo foi feito em meio L.C. Oligo, o qual foi autoclavado a 121°C por 15 minutos. Em condições assépticas, com o auxílio de uma alça de platina flambada e esfriada, uma porção do inóculo da cultura sólida de *P. subcapitata* foi transferida para o frasco contendo meio de cultura, quando então foi incubada a 25±2°C, com agitação e luminosidade contínuas (100-175 rpm e 4.500 lux, respectivamente), por um período de 5 a 7 dias, até atingir a fase exponencial de crescimento (ABNT, 2005).



Figura 4 – Imagem obtida a partir do microscópio do CRHEA de uma das réplicas do controle da segunda coleta para exemplificar o organismo-teste, *Pseudokirchneriella subcapitata*.

**b) Testes de sensibilidade**

Como uma prática recomendada para avaliar as condições fisiológicas do organismo-teste, foram realizados mensalmente testes de sensibilidade com culturas de *P. subcapitata* com a substância de referência cloreto de sódio (NaCl), baseando-se nas recomendações da ABNT (2005).

Para tanto, células de *P. subcapitata* na fase exponencial de crescimento foram expostas por um período de 96 horas ao cloreto de sódio nas concentrações de 0 (controle); 0,5; 2,0; 3,5; 5,0 e 6,5 g.L<sup>-1</sup>. Os testes foram realizados em triplicatas usando frascos de policarbonato com 250 mL de capacidade, contendo 100 mL da solução-teste. Os ensaios foram manipulados em condições assépticas, com temperatura controlada em 25°C (± 2°C), sob agitação contínua de 175 rpm em mesa agitadora e iluminação permanente de 4.500 lux. No final da exposição, a contagem das células foi realizada em câmara de Neubauer. As soluções de cloreto de sódio, utilizadas nos ensaios de sensibilidade, foram preparadas no momento da execução dos ensaios e as diluições das concentrações testadas foram feitas utilizando-se o próprio meio de cultivo algáceo.

Com os resultados de sensibilidade obtidos ao longo do período amostral foi elaborada uma carta-controle, ou seja, a faixa de sensibilidade do organismo-teste, constituída pelo valor médio, o desvio padrão e coeficiente de variação.

**c) Testes de toxicidade com amostras ambientais**

Para os testes de toxicidade com amostras ambientais, células de *P. subcapitata*, na fase exponencial de crescimento, foram expostas por um período de 96 horas. Os experimentos foram realizados em triplicatas usando frascos de policarbonato com 250 ml de capacidade, contendo 100mL da solução-teste. Os frascos foram colocados em uma mesa agitadora com velocidade de agitação de 100 a 175 rpm e sob iluminação e temperatura controlados em torno de 25°C (± 2). Os materiais envolvidos na manutenção da alga e nos testes de toxicidade crônica foram previamente lavados com detergente neutro, enxaguados com HCL 1M e autoclavados por 15 minutos a 121°C (ABNT, 2005).

A determinação da densidade celular foi realizada por meio da contagem de células no microscópio óptico, utilizando-se um hemocitômetro Improved Neubauer-Bright Line. Alíquotas de 2mL foram obtidas dos testes de toxicidade depois de 96 horas. Todos os procedimentos de coleta das amostras, do preparo das soluções-teste e da inoculação com a

espécie algal foram feitos em condições assépticas em cabine de fluxo laminar. As amostras destinadas à contagem das células foram fixadas com solução de lugol acético.

No final dos testes de toxicidade com *P. subcapitata*, amostras também foram coletadas para a avaliação da concentração de clorofila a (período seco e chuvoso), do biovolume e do conteúdo de carbono orgânico. A determinação das concentrações de clorofila a foi realizada segundo metodologia descrita em NUSCH (1980). A alíquota para clorofila a foi filtrada em membrana GF/C de 0,45 µm, sendo que a extração foi feita em etanol 80% por choque térmico quente/frio e a determinação em espectrofotometria UV.

As algas foram caracterizadas morfológicamente quanto ao tamanho (µm) através de medidas efetuadas em 30 organismos. As medidas foram feitas com ocular micrométrica, em microscópio binocular. Com as medidas de tamanho foi calculado o volume celular ou biovolume (µm<sup>3</sup>). Para tanto, foram aplicadas as dimensões das células nas formas geométricas mais apropriadas (VOLLENWEIDER, 1974; BOTTREL et al., 1976; WETZEL; LIKENS, 1991). A fórmula geométrica utilizada foi igual à de um duplo cone (*SUN e LIO 2003*). Com as medidas do volume celular foi calculado o conteúdo de carbono orgânico total por célula, utilizando-se a relação entre conteúdo de carbono e volume celular (ROCHA e DUNCAN, 1985).

Para verificar se houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na concentração de clorofila, densidade celular, biovolume e conteúdo de carbono entre o controle laboratorial e as demais amostras, os resultados foram submetidos às análises de normalidade e de homogeneidade e, em seguida, ao teste de Dunnett, utilizando o programa computacional TOXSTAT 3.4.

As amostras que apresentaram diferença estatística significativa foram consideradas tóxicas (ABNT, 2005).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Protocolo de Avaliação de Habitats

Por se tratar de um sistema lântico, os locais de amostragem da represa não foram computados na análise do protocolo ambiental, pois seus aspectos físicos não permitem o uso dos mesmos parâmetros utilizados para os sistemas lóticos. Pelos resultados obtidos, verifica-se que, seguido dos pontos LI e G1 (que apresentaram 148 e 131 pontos respectivamente), RL2 (151) foi o local de amostragem que apresentou maior pontuação na avaliação. Os locais de coleta AB1 e PU apresentaram as menores pontuações (44 e 47, respectivamente), conforme apresentado na Figura 5.

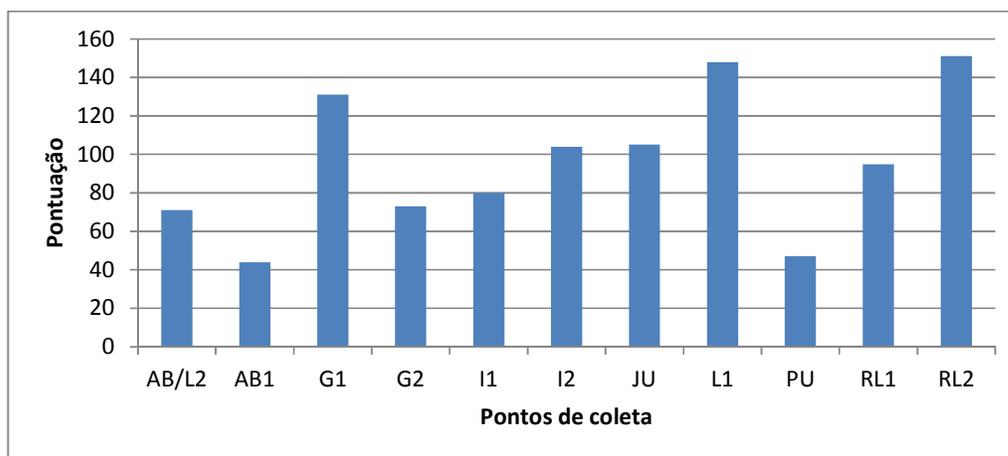


Figura 5 – Resultados obtidos no Protocolo de Avaliação de Habitats, considerando somente os locais de amostragem em córregos e rios.

Também é possível analisar cada variável por local de coleta (Figura 6). Nessa forma de análise verifica-se que as variáveis alteração no canal do rio (AC), desenvolvimento de remansos e corredeiras (DRC), acomodação do substrato (AS) e estabilidade das margens (EM), foram as que apresentaram maiores pontuações na aplicação do Protocolo. A extensão de vegetação ripária (EVR) somou a menor pontuação.

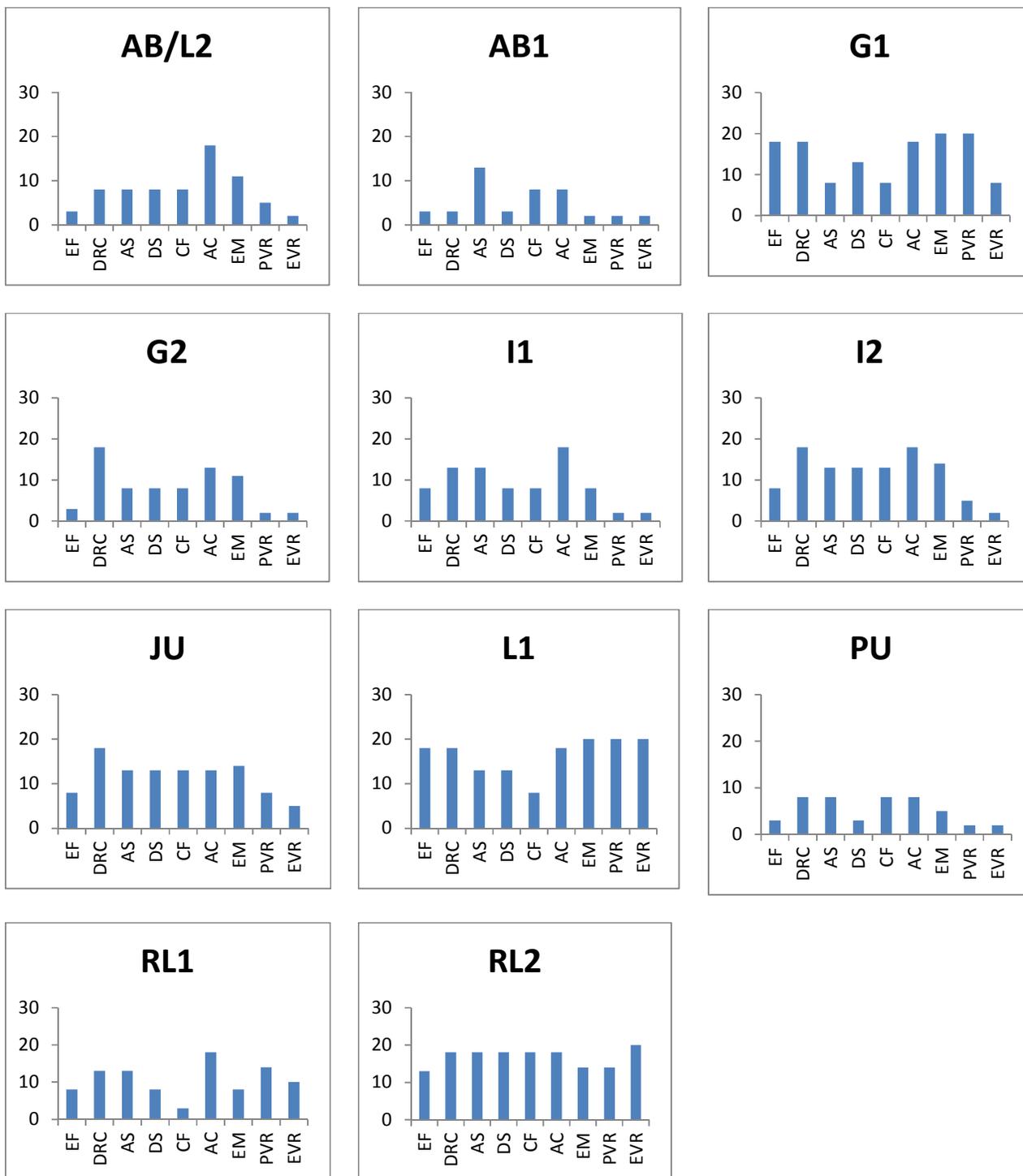


Figura 6 – Pontuação do Protocolo de Avaliação de Habitats para cada estação de coleta, onde EF:Estabilidade e diversidade de fundo; DRC:Desenvolvimento de remansos e corredeiras; AS:Acomodação do substrato; DS:Deposição de sedimentos; CF: Condição de fluxo; AC:Alteração no canal do rio; EM:Estabilidade das margens; PVR:Presença de vegetação ripária; EVR:Extensão da vegetação ripária.

Nos locais de coleta onde se obteve maior valor, as variáveis que apresentaram maiores pontuações em G1 e L1 foram a estabilidade das margens (EM) e presença de vegetação ripária (PVR) e em RL2 foi a extensão da vegetação ripária (EVR). Nesses locais de coleta a estabilidade das margens foi relacionada com a melhor qualidade do sedimento e pela não alteração do canal do rio. Apesar de a região ser afetada pelo cultivo de *Pinus e Eucalyptus*, a mata ciliar ajuda a manter a qualidade destes habitats.

Sabendo que, segundo Teresa & Calatti (2011), a supressão de vegetação de ripária influencia na capacidade do solo de reter as substâncias lixiviadas do solo para os ambientes aquáticos, seria de grande relevância se o local de coleta AB1, que recebeu menor pontuação na aplicação do protocolo, fosse um pouco mais vegetado, uma vez que sua menor pontuação se relaciona com a vegetação. Para que este habitat fosse mais protegido, uma vez que o mesmo se encontra sobre influência do esgoto do município de Itirapina, o ideal seria a adoção de um programa de reflorestamento. Outro local de menor pontuação pelo protocolo foi PU, que está localizado numa região de condomínios pertencentes à cidade de Brotas. Suas menores pontuações também foram verificadas nas variáveis de vegetação (PVR e EVR). Por estar inserido em uma área de crescente urbanização, o aumento deste índice (a partir de reflorestamento) poderia melhorar significativamente a qualidade deste habitat.

## **5.2 Variáveis Limnológicas: compartimento água**

### **5.2.1 Temperatura**

A temperatura da água variou de forma similar entre os locais de amostragem nos diferentes períodos avaliados. As maiores temperaturas registradas ocorreram, em sua maioria, na última coleta, em janeiro de 2011. Somente em dois locais de amostragem da represa (R1 e R2) observou-se maior temperatura em abril de 2010. Em AB1 verificou-se que a temperatura foi de 24°C em outubro de 2010 e janeiro de 2011, sendo a maior entre os períodos analisados neste local de amostragem. As menores temperaturas, conforme esperado, foram registradas no mês de julho.

Notou-se maior variação de temperatura em I1, entre os períodos de outubro de 2010 e janeiro de 2011 e a menor variação ocorreu em G1 e em AB/L2, entre os períodos de julho e

outubro de 2010. A menor variação ocorreu devido à área do G1 ser uma das mais preservadas, com ocorrência de mata mais preservada.

Durante a primeira coleta, a maior temperatura encontrada foi em PU (24,8°C) e a menor em I1 (20,1°C). Na segunda coleta, a maior temperatura registrada foi em JU (19,33°C) e a menor em I1 (12,73°C). Na terceira coleta, em PU registrou-se a maior temperatura (23,67°C) e em I1 a menor (16,5°C). Na quarta coleta, observou-se maior temperatura em PU (26,1°C) e menor em R1 (22,4°C).

As maiores temperaturas observadas ocorreram em PU e I1 (26,1°C) durante a quarta coleta, enquanto que a menor temperatura ocorreu na segunda coleta em I1 (12,73°C).

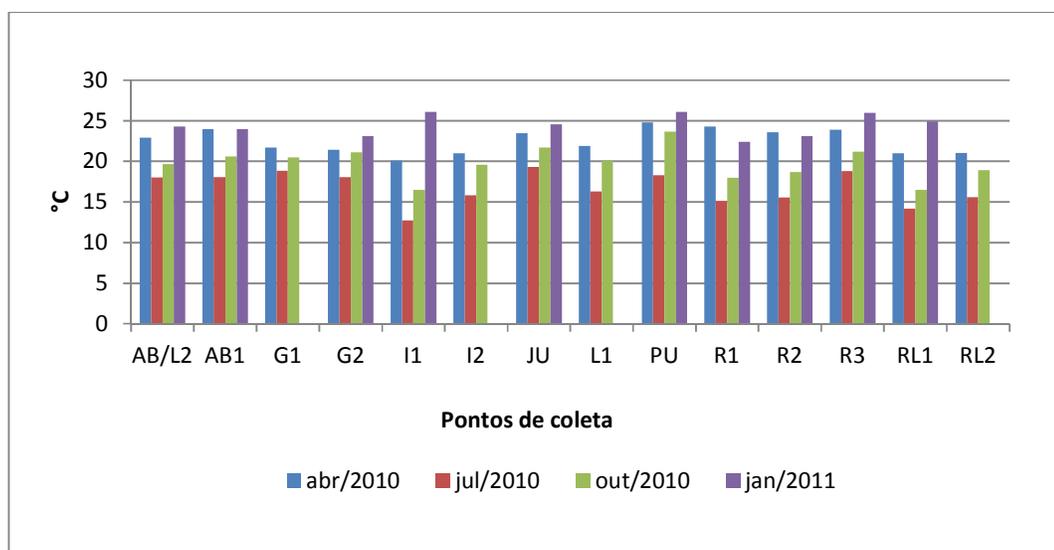


Figura 7 – Valores de temperatura da água obtidas nas diferentes estações de amostragem, nos meses de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

### 5.2.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH de uma amostra de água é o cologaritmo da concentração de íons hidrogênio. O pH da água determina a solubilidade e a disponibilidade biológica (quantidade que pode ser usada pela biota aquática) dos constituintes químicos, tais como os nutrientes (P, N e C) e metais pesados (Pb, Cu, Cd e outros). O pH pode ser uma variável de difícil interpretação, pois é influenciada por muitos fatores. Em águas naturais, geralmente o valor do pH aumenta com a dissociação dos íons  $H^+$  do ácido carbônico e diminui à medida que ocorrem as reações

de carbonato e bicarbonato com as moléculas de água, o que libera  $\text{OH}^-$ , aumentando alcalinidade (ESTEVEZ, 1988).

De acordo com os resultados obtidos (Figura 8) verifica-se que não há acentuada diferença dos valores de pH entre os períodos de coleta, porém, há uma variabilidade espacial. O menor valor encontrado para o pH foi de 3,7 em G1 durante a primeira coleta e o maior de 7,1 em R3 durante a terceira coleta.

Verifica-se que em R1 e em R3 na primeira coleta, em R3 na terceira coleta e em AB/L2, AB1, I1, R3 e RL1 na quarta coleta os valores de pH estão de acordo com a legislação vigente (CONAMA 357). Todos os outros locais de amostragem e, portanto, todos da segunda coleta, estão abaixo dos padrões estabelecidos (pH mínimo de 6 de acordo com o CONAMA 357).

Os reduzidos valores de pH observados podem ser justificados pela acidez do solo da bacia hidrográfica do Lobo/Itaqueri, que são caracterizados como hidromórficos, orgânicos, latossolo (amarelo e vermelho), regossolo, solos litólitos, “terra-roxa” (derivado do basalto), solos podzólicos e solos arenosos (originados do quartzo) e também pela presença de *Pinus*, identificada em alguns locais de amostragem (L1, G1 e G2).

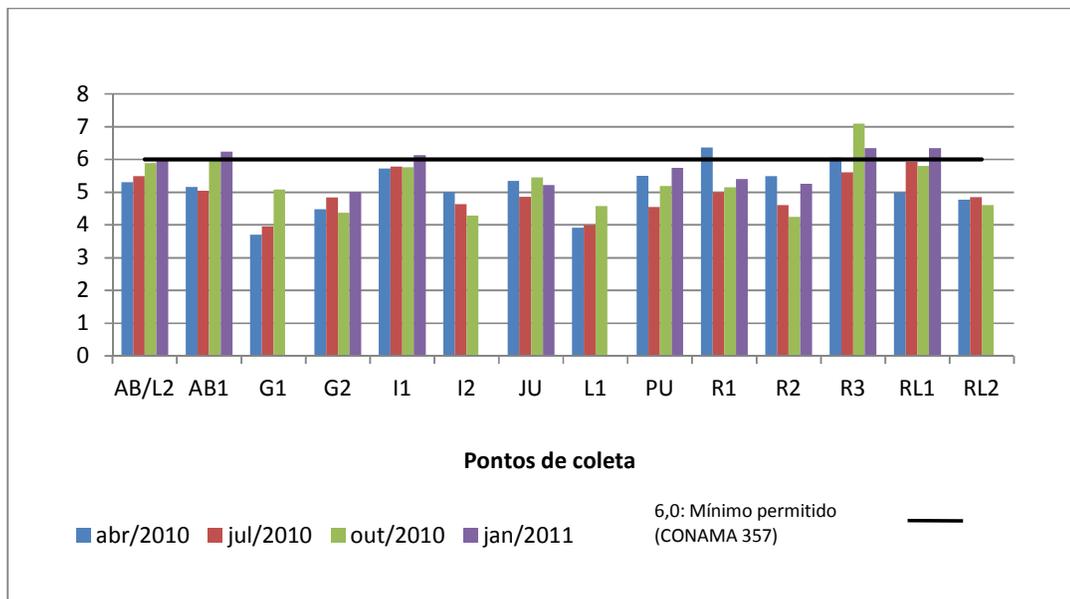


Figura 8 – Valores de pH obtidos nas amostras coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

### 5.2.3 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido depende de dois fatores principais: temperatura e pressão. Mas, também pode ser alterado pelo seu consumo na decomposição da matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração dos organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos (ESTEVES, 1988).

Segundo a resolução CONAMA 357/2005 a concentração de oxigênio dissolvido não deve ser menor que 5mg/L. Com base nesse limite, verifica-se que os valores obtidos no ponto AB/L2 nas três primeiras coletas e no ponto R1 na quarta coleta estão abaixo do recomendado (Figura 9). Somado ao alto valor encontrado de material em suspensão pode-se inferir a influência do esgoto em AB/L2, uma vez que em locais com elevada contribuição de matéria orgânica, em geral verifica-se o aumento da taxa de decomposição, contribuindo para a redução de oxigênio dissolvido devido à atividade microbiana. Nota-se também que o valor de OD em R1 esteve abaixo do permitido por lei somente durante a quarta coleta. Isto pode ser decorrente da variação crescente da porcentagem de matéria orgânica, computado para este ponto desde a primeira até a quarta coleta, sendo a maior porcentagem de matéria orgânica verificada durante a quarta coleta.

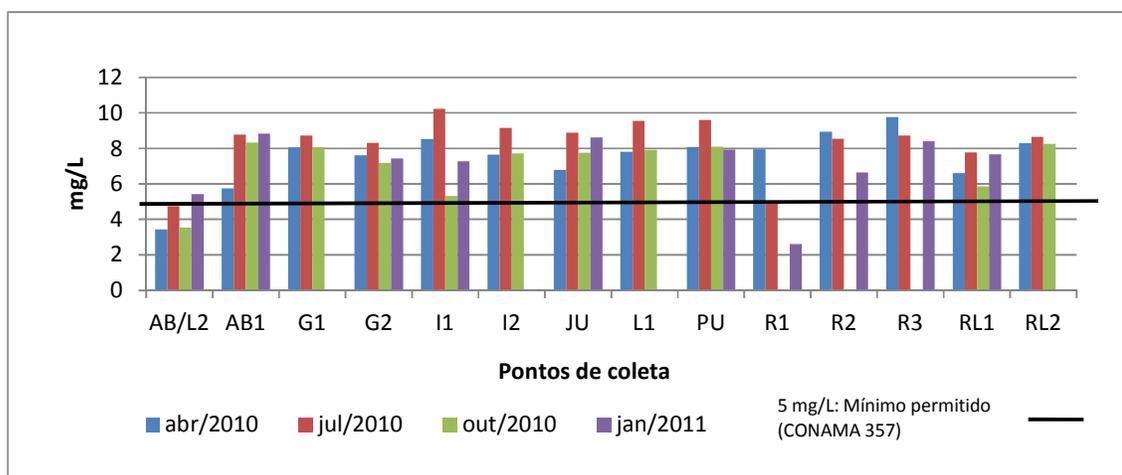


Figura 9 – Valores de oxigênio dissolvido obtidos nas amostras coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

### 5.2.4 Condutividade

A condutividade elétrica de uma solução é a capacidade que ela tem de conduzir corrente elétrica. Sabendo que essa capacidade é função da concentração de íons presentes pode-se afirmar que em soluções de maior concentração iônica maior será sua condutividade elétrica. Porém, em águas muito puras ocorre um fenômeno inverso: maior é a resistência e menor é a condutividade (ESTEVES, 1988). O pH pode ter grande influência nos valores determinados para a condutividade, principalmente em água pobres em sais solúveis e de baixos valores de pH (ESTEVES, 1988).

Os maiores valores de condutividade foram encontrados em RL1 e AB/L2. Estes altos valores de condutividade podem ser indicativos de alguma fonte de poluição que despeja sais. Pode-se inferir a possibilidade do esgoto despejado na junção AB/L2 ser o poluidor neste local de amostragem (Figura 10).

Houve uma diferença significativa decrescente da terceira para a quarta coleta nos pontos AB/L2, AB1, I1, R1 e RL2. Esta diferença pode ter ocorrido devido a mudança do pH que foi verificada nestes pontos, com exceção do ponto R1, atendendo o padrão de pH estabelecido pelo CONAMA 357 durante a quarta coleta. Em geral, considera-se que, quanto mais poluídas estiverem as águas, maior será a condutividade em função do aumento do conteúdo mineral (BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003). Portanto, nestes pontos de coleta, apesar de mostrar uma possível melhora da qualidade da água, houve uma maior diluição da água uma vez que a quarta coleta foi feita no período chuvoso.

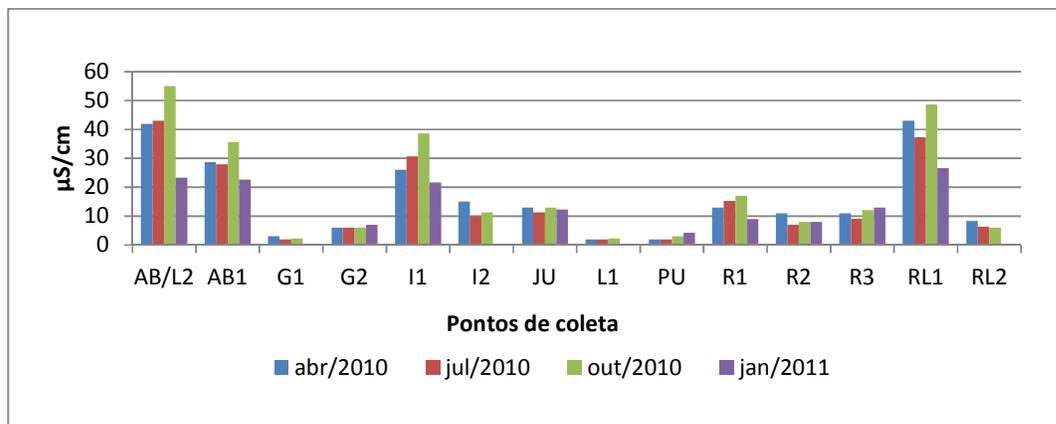


Figura 10 – Valores de condutividade obtidos nas amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

### 5.2.5 Turbidez

A turbidez da água é a medida de sua capacidade em dispersar a radiação. Os principais responsáveis pela turbidez da água são, principalmente, as partículas suspensas e em menor proporção os compostos dissolvidos. Em geral, poderia se considerar que a turbidez é a cor aparente da água (ESTEVEES, 1988). As chuvas tropicais contribuem para o carreamento de partículas de argila, silte, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo para os corpos d'água. Os valores de turbidez podem indicar lançamentos de esgoto doméstico e de efluentes de atividades industriais na bacia de drenagem. Altos valores de turbidez podem afetar o ambiente aquático reduzindo a transparência, diminuindo a capacidade das plantas aquáticas realizarem a fotossíntese, provocando a obstrução das guelras de peixes, danificando ovos e afetando a população de macroinvertebrados (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

De acordo com os resultados obtidos (Figura 11), verifica-se que todos os pontos de coleta apresentam-se dentro dos padrões exigidos pelo CONAMA 357 (até 100 UNT). Na maioria dos pontos de coleta é possível constatar que o valor de turbidez é mais elevado na primeira coleta, quando se comparado com a segunda coleta. Este resultado já seria esperado uma vez que a segunda coleta ocorreu durante um período seco e, portanto, sem muito material em suspensão. Em todos os pontos de amostragem, com exceção do R3 que se manteve constante, houve um aumento da turbidez da terceira para a quarta coleta. Este aumento deve-se ao período chuvoso (característico do mês de janeiro), uma vez que a chuva carrega componente dos solos expostos, erodíveis ou agricultados, para dentro dos ambientes aquáticos.

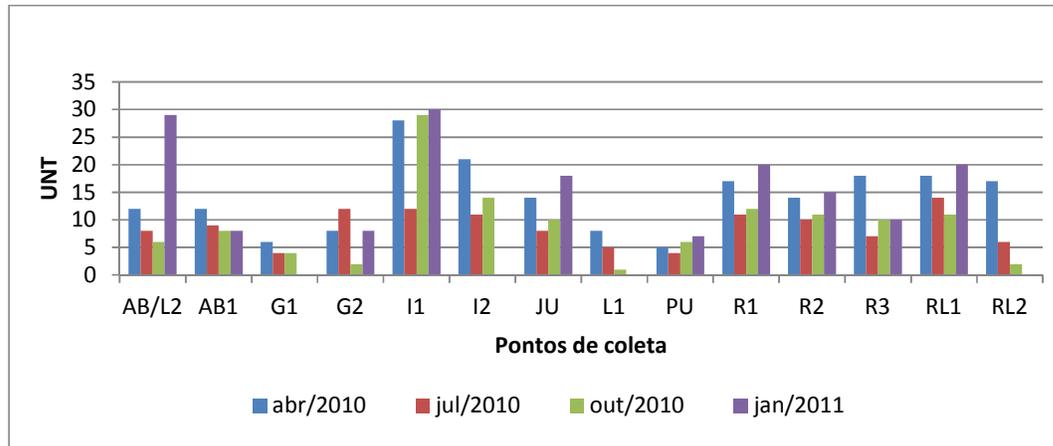


Figura 11 – Valores de turbidez obtidos nas amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

### 5.2.6 Material em suspensão

A quantidade de material em suspensão influencia na atenuação da radiação e na turbidez. Nestas condições, ocorre mais absorção (a partícula dispersa pode alcançar uma partícula por todos os lados) e mais perdas de radiação para a atmosfera. O material em suspensão também é responsável pela cor aparente. O material em suspensão pode ter origem em vários processos, dentre eles, intemperização das rochas, do solo, escoamento superficial de áreas marginais e fontes antrópicas (despejos domésticos e industriais) (ESTEVEZ, 1988).

A maior concentração de material em suspensão total nas amostras, durante a primeira coleta, foi de 40,6mg/L em RL1, de 11,9mg/L em G2 durante a segunda coleta, de 14,3mg/L em I1 durante a terceira coleta e 79,0mg/L em I1 durante a quarta coleta (figura 12). Notou-se que, de maneira geral e excetuando os pontos G2 e JU, houve uma redução na quantidade de material em suspensão na segunda coleta. Ainda pode-se notar o aumento de material em suspensão na maioria dos pontos de amostragem durante a quarta coleta, o que provavelmente ocorreu, de modo similar ao período de abril, pelo carreamento de partículas durante o período chuvoso.

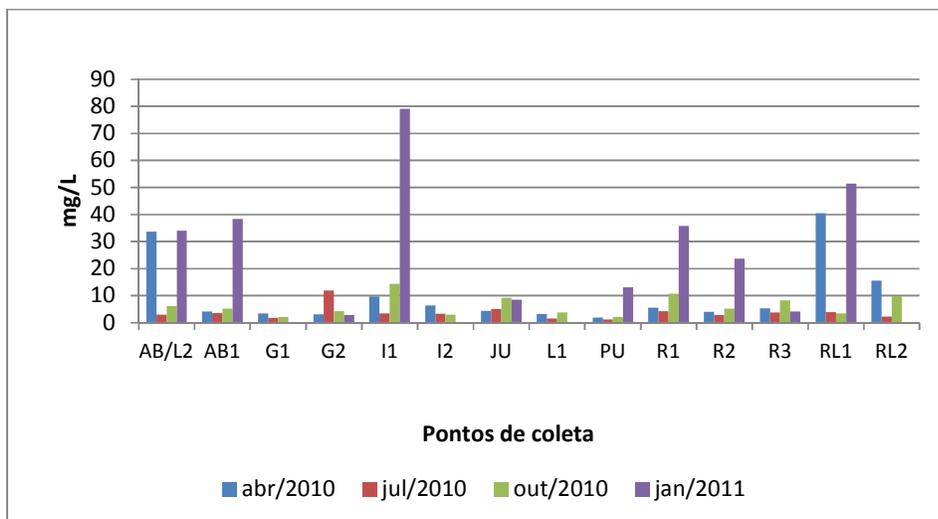


Figura 12 – Valores de material em suspensão total das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

Os resultados obtidos para material em suspensão inorgânico e orgânico estão apresentados nas figuras 13, 14, 15 e 16.

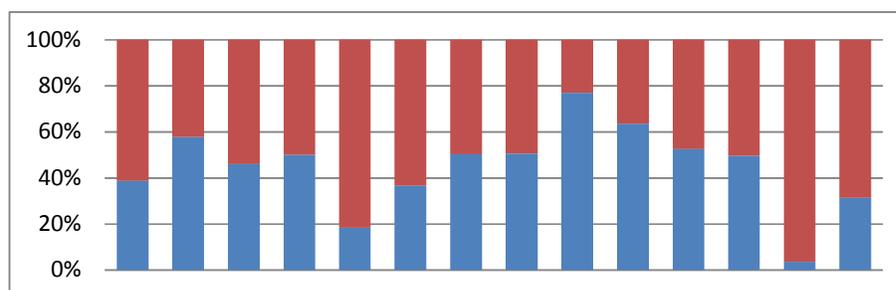


Figura 13 – Contribuição percentual de material orgânico e inorgânico em abril/2010

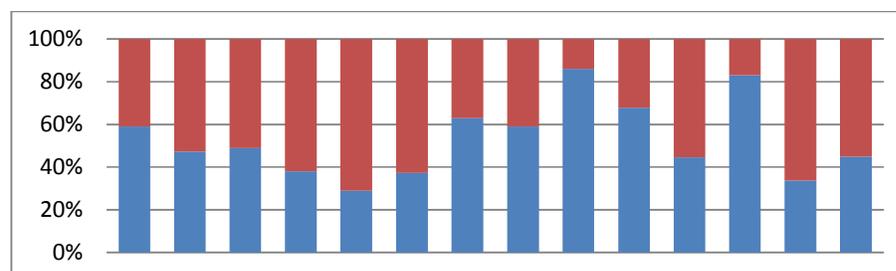


Figura 14 – Contribuição percentual de material orgânico e inorgânico em julho/2010

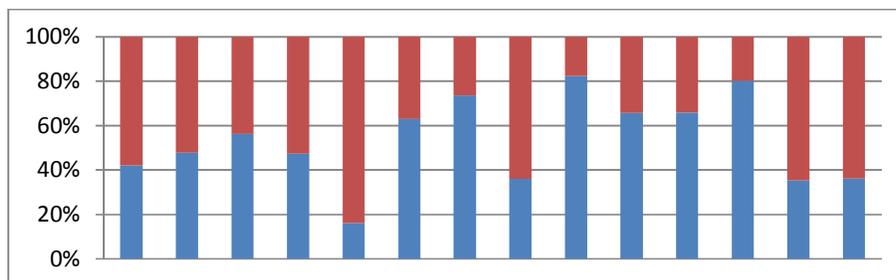


Figura 15 – Contribuição percentual de material orgânico e inorgânico em outubro/2010

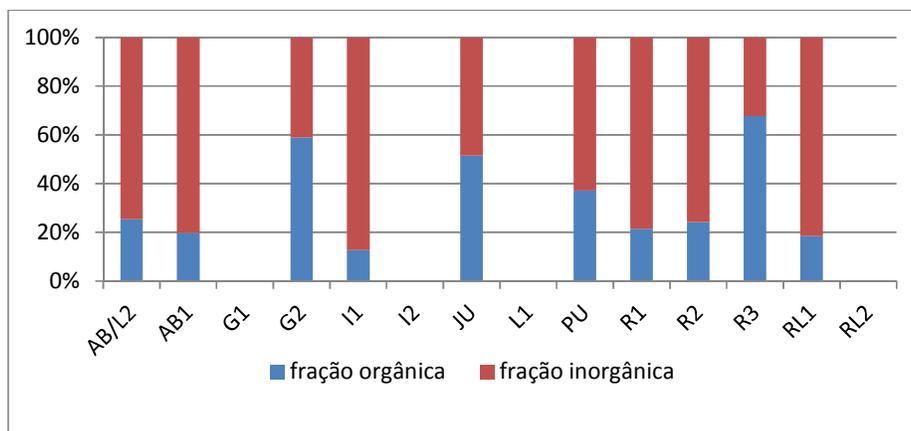


Figura 16 – Contribuição percentual de material orgânico e inorgânico em janeiro/2011

Excetuando os pontos AB1, G2 e R2, todos os outros apresentaram um aumento da fração orgânica na segunda coleta. Notou-se também um grande aumento da fração orgânica em RL1, que passou de 3,6% na primeira coleta para 33,8% na segunda coleta.

Verificando os dois pontos de amostragem que apresentaram as maiores concentrações de material em suspensão durante a primeira coleta foi possível constatar uma significativa contribuição da fração orgânica em AB/L2 e da fração inorgânica em RL1. A fração orgânica em AB/L2 passa de 38,7% na primeira coleta para 59% na segunda coleta, o que mostra uma possível influência do esgoto doméstico do município de Itirapina. O ponto RL1 apresentou fração inorgânica de 96,4% na primeira coleta e 66,2% na segunda coleta. O ponto G2 apresentou maior concentração de material em suspensão (11,9mg/L) durante a segunda coleta, sendo que, em sua maioria (61,9%) apresentou-se como fração inorgânica. Durante a terceira e quarta coleta, o ponto I1 apresentou maior concentração de material em suspensão e na terceira e quarta coleta, o ponto I1 apresentou maior fração inorgânica, 83,8% e 87,2% respectivamente. Estes três últimos pontos de amostragem podem ter sido influenciados pelos sedimentos ressuspensos ou de partículas inertes provenientes do solo da região.

De modo geral, os pontos de coleta PU, R1 e JU foram os que apresentaram maior fração orgânica durante as três primeiras campanhas e I1 e RL1 os que apresentaram maior

fração inorgânica em todas as coletas. Durante a quarta coleta, observou-se maior contribuição da fração inorgânica na maioria dos pontos de amostragem. Já no período seco, na segunda coleta, observou-se maior contribuição da fração orgânica na maioria dos pontos de amostragem.

### 5.2.7 Compostos nitrogenados

A análise dos compostos nitrogenados se faz importante uma vez que este compostos contém o nitrogênio. Este elemento é um dos mais importantes na formação das proteínas, pois é um dos componentes básicos da biomassa (ESTEVEES, 1988). Segundo o autor, o nitrato, juntamente com o íon amônio, são as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários.

#### a) Nitrito

O nitrito é encontrado em baixas concentrações em ambientes oxigenados (ESTEVEES, 1988). Assim, é possível relacionar o nitrito com o oxigênio. O ponto AB/L2 é o único que está com a concentração de oxigênio reduzida e abaixo do limite estabelecido pela legislação já citada acima, apresentando também altos valores de concentração de nitrito. Todos os outros pontos de coleta, durante o estudo, apresentam baixas concentrações de nitrito.

Segundo Esteves (1988) o nitrito é extremamente tóxico em altas concentrações à maioria dos organismos aquáticos. Sendo assim, vale salientar que no ponto AB/L2 há uma descarga de esgoto do município de Itirapina, ou seja, pode ter uma grande descarga de nutrientes que pode conter o nitrito. Este, que é uma fase intermediária do nitrato e da amônia, está diretamente ligado com a poluição orgânica (BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003).

Com exceção do ponto AB/L2, todos os demais apresentaram concentrações inferiores a 10µg/L em todas as coletas. O ponto AB/L2 apresentou seu maior valor durante a terceira coleta, 95,61µg/L. Apesar da concentração de nitrito ainda estar abaixo do máximo permitido pela resolução CONAMA 357 (máximo de 1000µg/L) este alto valor no ponto AB/L2 pode ser significativo para os organismos aquáticos (Figura 17).

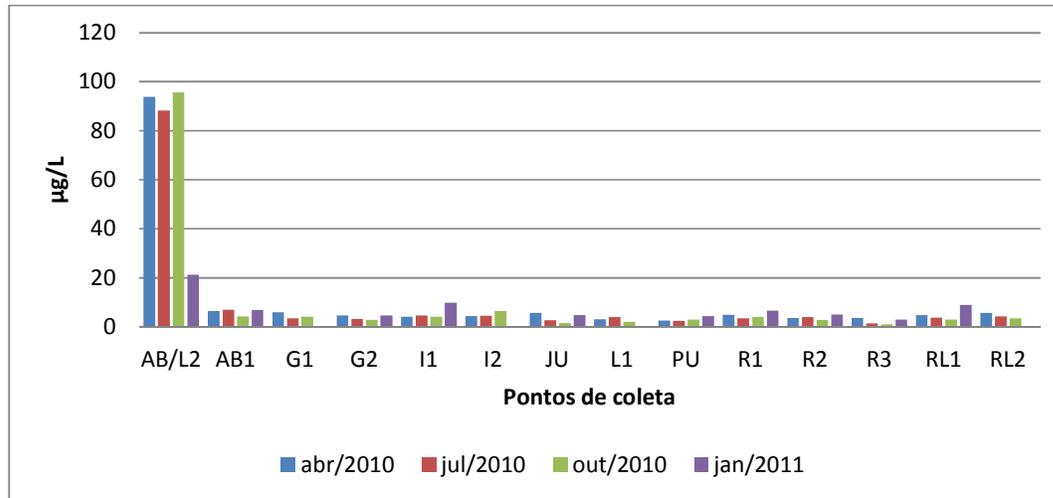


Figura 17 – Valores espaciais e temporais nas concentrações de nitrito das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

#### b) Nitrato

Assim como o íon amônio, o nitrato é uma importante fonte de nitrogênio para os produtores primários (ESTEVES, 1988). Por outro lado, devido a sua característica resiliente, o nitrato é um eficiente indicador de poluição (BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003).

As maiores concentrações de nitrato foram observadas durante a primeira e segunda coleta. Na primeira coleta as maiores concentrações ocorreram em AB/L2 (588,76µg/L) e JU (579,18µg/L) e na segunda coleta em R3 (852,64µg/L) e JU (726,89µg/L). Durante a terceira e quarta coleta (com exceção do ponto AB/L2 que apresentou valor de 313,99µg/L durante a terceira coleta), as concentrações de nitrato não ultrapassaram 120µg/L (Figura 18)

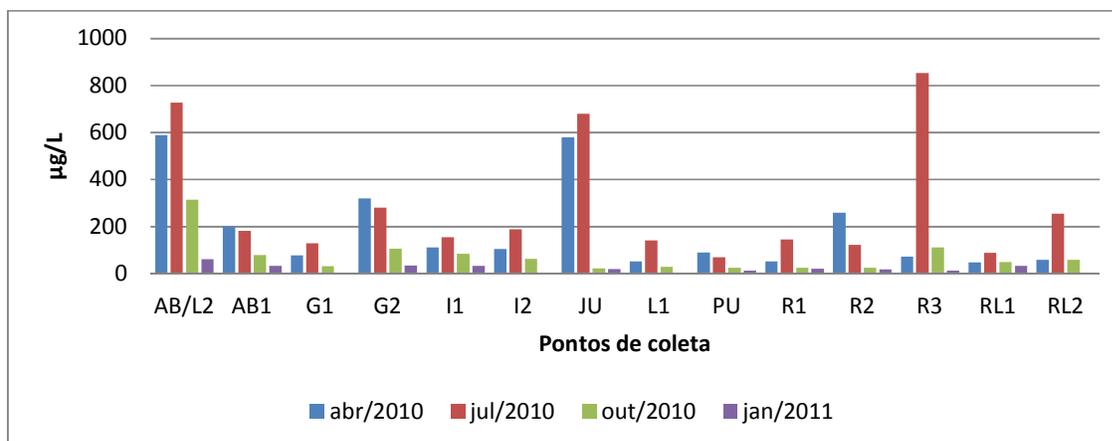


Figura 18 – Valores temporais e espaciais de concentrações de nitrato das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

### c) Íon amônio

A absorção do íon amônio para os organismos produtores é energeticamente mais viável, porém, sua concentração nas camadas onde se encontra o fitoplâncton é geralmente muito baixa. Por outro lado, altas concentrações do íon amônio podem ter grande implicações ecológicas como, por exemplo, na dinâmica do oxigênio dissolvido (ESTEVES, 1988).

As maiores concentrações para o íon amônio foram encontradas em AB/L2, JU e R1 na primeira coleta. Nos pontos AB/L2, G1, G2, I1, I2, JU, L1, PU, R1, R2 e RL1 verificou-se acentuada redução do íon amônio de uma coleta para a outra. A diminuição de concentração de íon amônio pode ter ocorrido devido a mudança de período intermediário para seco ou mudança de temperatura. De forma geral, as concentrações de íon amônio foram bastante baixas na quarta coleta. A maior concentração de íon amônio foi registrada no ponto AB/L2 durante a primeira coleta, 445,63µg/L (Figura 19).

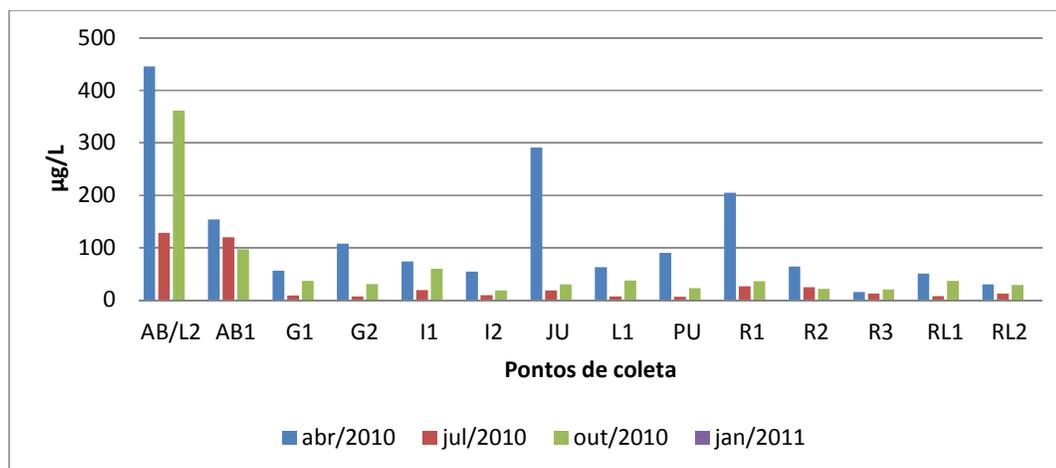


Figura 19 – Valores temporais e espaciais de concentrações de íon amônio das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

### d) Nitrogênio orgânico total

Com exceção da quarta coleta, em todos os períodos amostrados verificou-se que em AB/L2 sempre foram obtidas as maiores concentrações de nitrogênio orgânico total se comparada com os outros pontos de coleta (Figura 20). Em abril de 2010, as concentrações variaram de 0,23mg/L (no ponto R3) à 1,07mg/L (no ponto AB/L2). Na segunda coleta, a variação foi de 0,33mg/L (nos pontos PU e G2) à 1,35mg/L (no ponto AB/L2). Na terceira coleta, as concentrações variaram de 0,33mg/L (no ponto I2) à 1,49mg/L (no ponto AB/L2) e na última coleta as concentrações variaram de 0,37mg/l (no ponto JU) à 0,84 mg/l (no ponto R3).

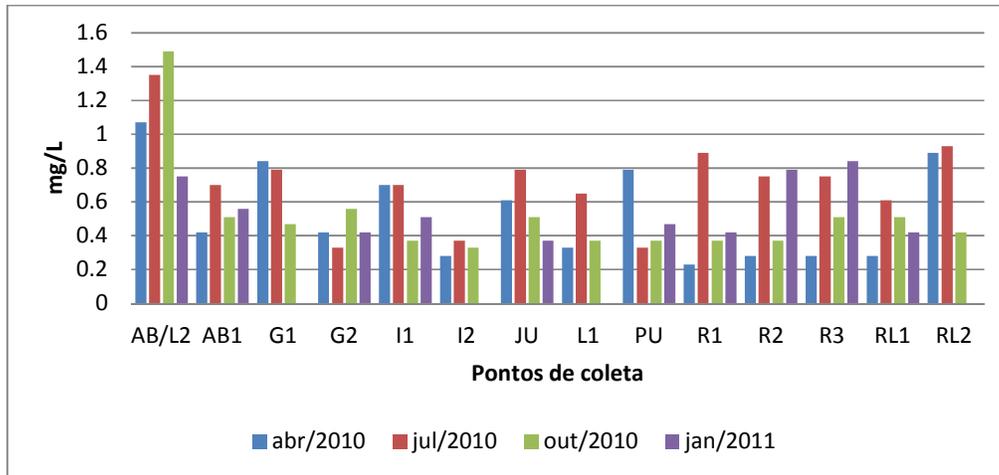


Figura 20 – Variação temporal e espacial de nitrogênio orgânico total das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011 .

### 5.2.8 Compostos fosfatados

O fósforo é um elemento de fundamental importância na participação do metabolismo dos seres vivos e, principalmente, das algas, como no armazenamento de energia (ATP e GTP) e estruturação da membrana celular. Todo fósforo presente em águas naturais encontra-se na forma de fosfato, que pode ser originada de fontes naturais como as rochas da bacia de drenagem, material particulado da atmosfera e decomposição de organismos alóctones, além de fontes artificiais como os esgotos e o deflúvio artificial agrícola, que carrega compostos químicos a partir dos fertilizantes (BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003). O fósforo tem sido considerado como o principal fator limitante de produtividade e, ao mesmo tempo, como o principal responsável pela eutrofização (ESTEVES, 1988).

#### a) Fosfato inorgânico

O fosfato inorgânico dissolvido é quantitativamente insignificante quando comparado com as outras frações, porém é a forma mais relevante pois é a forma de fosfato mais assimilada pelos vegetais aquáticos. A presença de fosfato inorgânico nos corpos hídricos depende da densidade e da atividade de organismos, especialmente fitoplânctônico e macrófitas aquáticas, os quais, durante a fotossíntese, podem assimilar grandes quantidades destes íons (ESTEVES, 1988).

O ponto de coleta na junção do córrego Água Branca e Limoeiro (AB/L2) foi o que apresentou maior valor de fosfato inorgânico em todas as coletas, enquanto os demais apresentaram valores relativamente equivalentes e baixos (Figura 21). As altas concentrações de fosfato inorgânico das amostras do ponto de junção (AB/L2) em todas as coletas podem ter sido influenciadas pelo despejo de esgoto doméstico da cidade de Itirapina.

A maior concentração de fosfato inorgânico ocorreu durante a terceira coleta no ponto AB/L2 (214,54µg/L). Com exceção do ponto R1, as concentrações, de modo geral, aumentaram proporcionalmente até a terceira coleta, com acentuada redução na coleta de janeiro/2011. Essa diminuição pode ter ocorrido devido a diluição dos corpos hídricos causado pelo aumento de volume destes devido a grande quantidade de chuva.

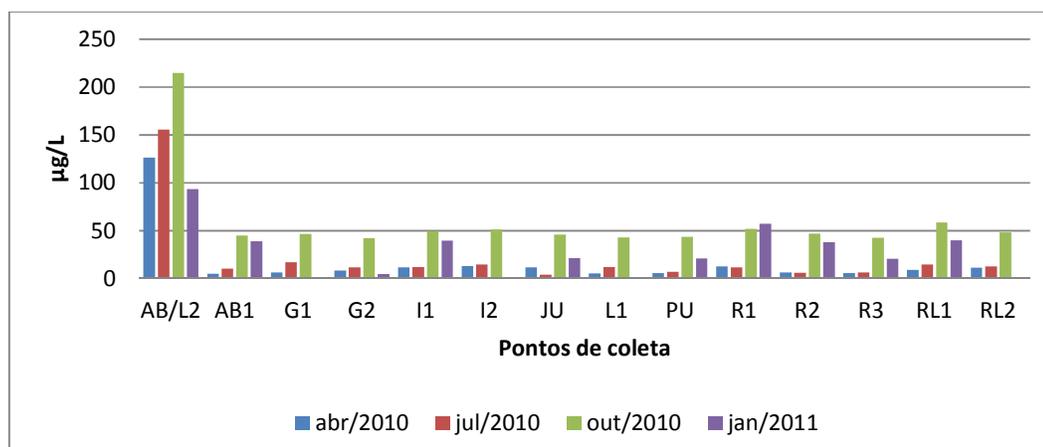


Figura 21 – Variação espacial e temporal de fosfato inorgânico das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

#### b) Fósforo total

De acordo com a resolução CONAMA 357/2005, para as águas doces de classe 2 é permitido uma quantidade de até 50µg/L em ambientes lóticos e em ambientes lênticos de até 30µg/L de fósforo total. Sendo assim, na primeira e na segunda coleta, quatro pontos de amostragem (G1, JU, L1 e PU) apresentaram concentrações de fósforo total em regularidade com o limite estabelecido por esta (Figura 22).

Para a primeira coleta, seis (G1, G2, JU, L1, PU e RL1) dos 14 pontos apresentaram valores em regularidade com a resolução CONAMA 357/05. Na segunda coleta, foram seis pontos (G1, I2, JU, L1, PU RL2) em regularidade com a resolução. Durante a terceira e quarta coleta nenhum ponto de amostragem apresentou concentração de fósforo total dentro dos padrões estabelecidos pela resolução. Verificou-se que as maiores concentrações ocorreram durante a quarta coleta. De modo geral, o ponto AB/L2 foi o que apresentou a maior

concentração de fósforo total. Esta maior concentração ocorreu durante a terceira coleta e atingiu o valor de 365,3µg/L, podendo ser resultante do esgoto doméstico da cidade de Itirapina, que é despejado neste local.

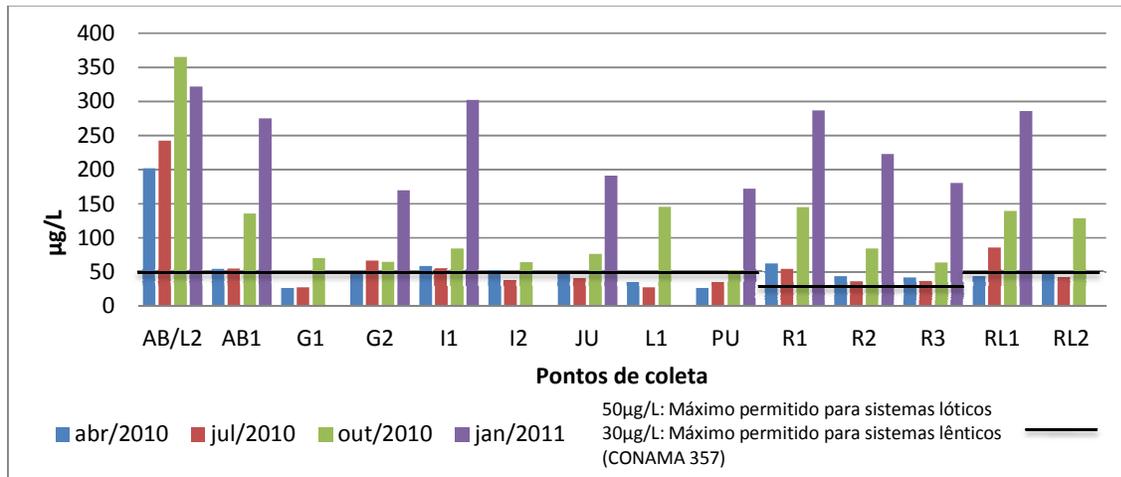


Figura 22 – Variação espacial e temporal de fósforo total das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

### c) Fosfato total dissolvido

As concentrações de fosfato total dissolvido nos pontos de coleta apresentaram valores baixos, não ultrapassando 85µg/L, com exceção do ponto AB/L2, que apresentou uma concentração de 151,25 µg/L na primeira coleta, 184,19 µg/L na segunda coleta, 231,6µg/L na terceira coleta e 119,99µg/L na quarta coleta (Figura 23). As altas concentrações de fosfato total dissolvido das quatro coletas para o ponto de junção (AB/L2) podem ter sido influenciadas pelo despejo de esgoto doméstico da cidade de Itirapina. De modo geral, as concentrações foram praticamente duplicadas da segunda para a terceira coleta e seu valor se manteve relativamente alto durante a quarta coleta.

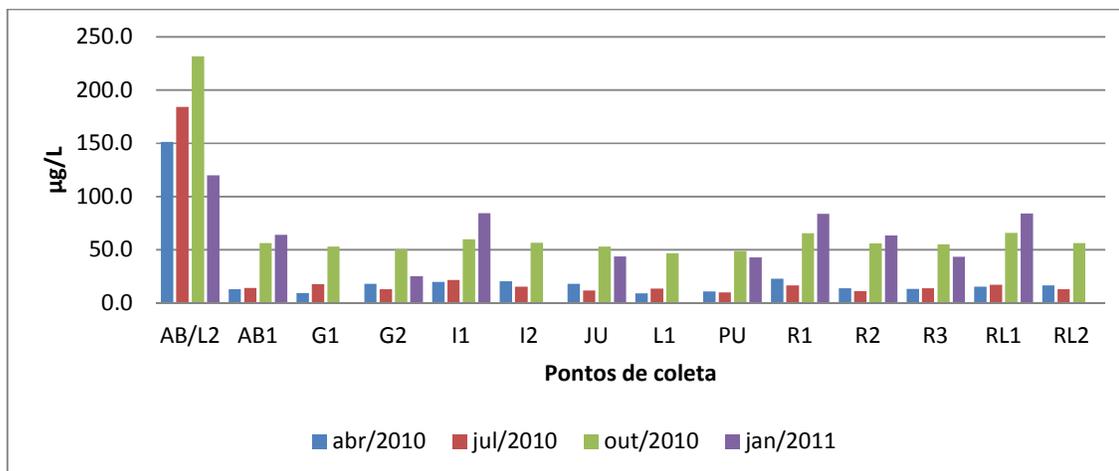


Figura 23 – Variação espacial e temporal das concentrações de fosfato total dissolvido das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

### 5.2.9 Silicato

A sílica presente no ambiente aquático é proveniente, principalmente, da decomposição de minerais de silicato de alumínio, que são mais frequentes em rochas sedimentares do que magmáticas. A liberação da sílica também pode ser feita pela atividade de organismos bentônicos. O silicato é a forma da sílica assimilável pelos organismos (ESTEVES, 1988).

Durante a primeira e segunda coleta, os pontos I1 e RL1 foram os que apresentaram maiores concentrações de silicato, quando comparado aos outros pontos. As maiores concentrações dos pontos I1 e RL1 foram verificadas na segunda coleta, com 9,55 mg/L e 8,83 mg/L, respectivamente. As concentrações de silicato dos outros pontos de amostragem não ultrapassaram 3,15 mg/L (concentração de silicato do ponto AB1 na segunda coleta) durante a primeira e segunda coleta (Figura 24). Durante a terceira coleta, verificou-se uma redução dos valores de silicato, enquanto na quarta coleta ocorreu um aumento em todos os pontos de amostragem. No ponto AB/L2, foi registrado uma concentração de 128,15mg/L de silicato durante a quarta coleta, bem maior em relação à terceira coleta (0,75mg/L). Estes aumentos de silicato da quarta coleta podem ser explicados pelo carreamento de partículas rochosas trazidas pelas chuvas características do período de chuvoso

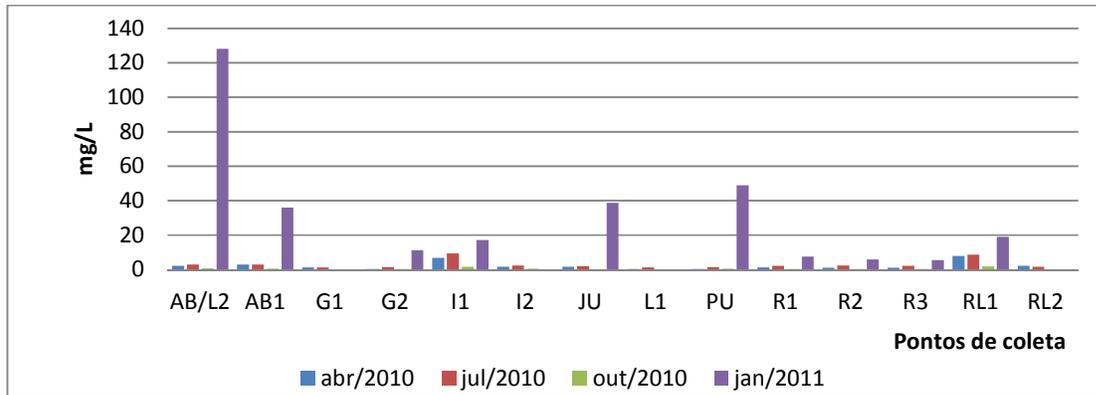


Figura 24 – Variação espacial e temporal das concentrações de silicato das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

### 5.2.10 Clorofila

O CONAMA 357/05 determina, para águas doces, que a clorofila a não deve ultrapassar 30  $\mu\text{g/L}$ . Para a primeira coleta, este limite não foi excedido. Já para a segunda coleta, foi verificado que em dois pontos de amostragem (JU e R3) os valores de clorofila excederam este limite (Figura 25). Durante a terceira coleta, três dos 14 pontos coletados excederam o valor de 30  $\mu\text{g/L}$ . Os pontos JU, R1 e R3 apresentaram concentrações elevadas de clorofila. Durante a quarta coleta, nenhum ponto de coleta apresentou valores de clorofila acima do estabelecido pela resolução. A maior concentração de clorofila registrada (74,87  $\mu\text{g/L}$ ) ocorreu no ponto R3, durante a terceira coleta. Também se observa que os maiores valores de clorofila a ocorreram na represa e a jusante, indicando o efeito da maior vazão dos rios no estabelecimento das comunidade fitoplanctônica.

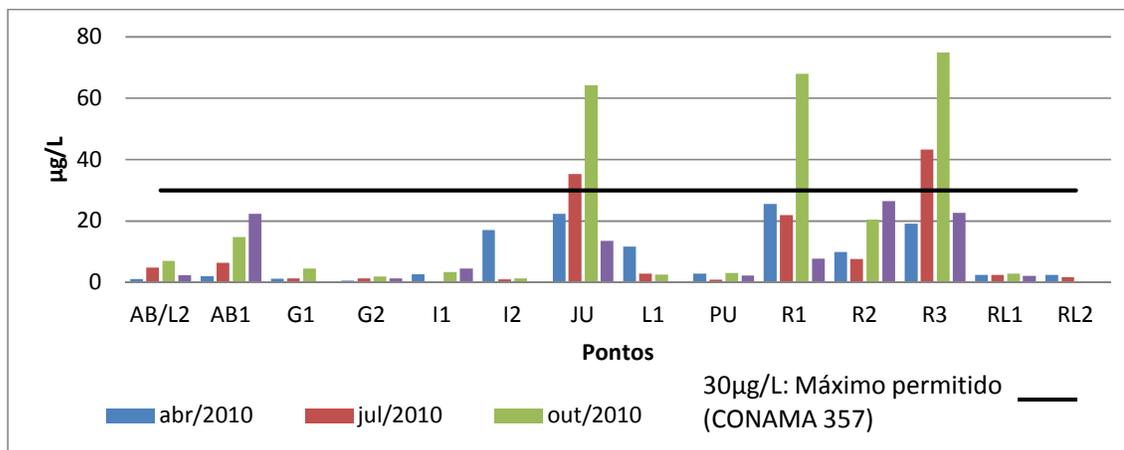


Figura 25 – Variação espacial e temporal das concentrações de clorofila das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

### 5.2.11 Índice de Estado Trófico (IET)

A eutrofização é o aumento da quantidade de nutrientes, principalmente de nitrogênio e fósforo, tendo como consequência o aumento da produtividade nos ecossistemas aquáticos. Como decorrência deste processo, o ecossistema aquático pode passar da condição de oligotrófico e mesotrófico para eutrófico ou mesmo hipereutrófico (ESTEVES, 1988).

A eutrofização pode ser natural ou artificial. Quando natural, é um processo lento e contínuo que resulta do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais que erodem e lavam a superfície terrestre. Quando artificial, é um processo induzido pelo homem, ou seja, os nutrientes podem ter diferentes origens, como efluentes domésticos, efluentes industriais ou atividades agrícolas, entre outras. A eutrofização artificial é um processo dinâmico no qual ocorrem profundas modificações qualitativas e quantitativas nas comunidades aquáticas, nas condições físicas e químicas do meio e no nível de produção do sistema, podendo ser considerada uma forma de poluição (ESTEVES, 1988). No presente trabalho, o grau de trofia foi calculado segundo o IET (Índice de estado trófico) fornecido pela CETESB (2009), conforme já apresentado em materiais e métodos.

Verifica-se, na Figura 26 e Tabela 7, que a maioria dos pontos de coleta da bacia hidrográfica em estudo foi classificada como mesotrófico, ou seja, a produtividade do ecossistema aquático em questão é intermediária. Os pontos G2, L1, PU, RL1 e RL2 apresentaram variações de grau de trofia relativamente baixas, não variando muito no período

de estudo. O ponto I1, apesar de apresentar-se como mesotrófico durante as três primeiras coletas, caracterizou-se como supereutrófico na última coleta. Os pontos AB1, G1 e I2 apresentaram maior variação no seu grau de trofia, caracterizando uma eutrofização artificial. O ponto JU apresentou níveis elevados do índice calculado, com maior estado trófico dos sistemas lóticos estudados. O acúmulo de nutrientes advindos da represa neste ponto (JU), que está localizado à jusante da represa, é preocupante, uma vez que seu grau de trofia chegou a ser classificado como hipereutrófico. Vale salientar que a concentração de clorofila detectada no ponto JU durante a terceira coleta foi uma das maiores e influenciou no cálculo do IET, que aumenta conforme a concentração de clorofila, uma vez que a clorofila é relacionada com a produtividade do ecossistema aquático. O ponto AB/L2 apresentou variação brusca do seu grau de trofia durante os períodos de estudos, tendo ainda níveis altos de trofia. Este ponto de coleta pode ter sofrido uma eutrofização artificial com origem do despejo do efluente doméstico do município de Itirapina, uma vez que os nutrientes estão presentes nos detergentes e associados a matéria orgânica do esgoto doméstico.

Na represa do Lobo foi possível verificar que os pontos R1 e R3 apresentaram pouca variação do grau de trofia e o ponto R2 apresentou variação mais recorrente nas últimas coletas. De modo geral, os índices foram maiores nas represas, o que pode ser explicado pela alta concentração de clorofila encontrada, já que o ambiente é mais favorável ao aumento da comunidade fitoplanctônica.

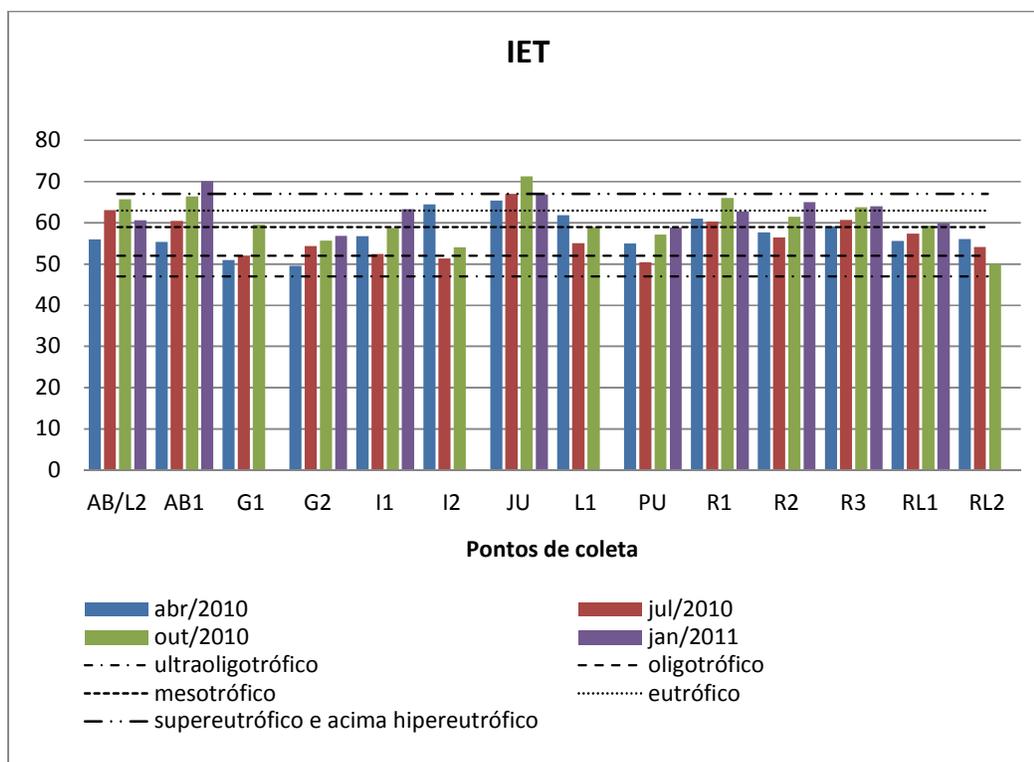


Figura 26 – Variação espacial e temporal do Índice de Estado Trófico (IET) das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

Tabela 7 – Classificação espacial e temporal do grau de trofia das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011. (- : estações não amostradas)

	<b>Grau de trofia</b>			
	<b>abr/2010</b>	<b>jul/2010</b>	<b>out/2010</b>	<b>jan/2011</b>
<b>AB/L2</b>	mesotrófico	supereutrófico	supereutrófico	eutrófico
<b>AB1</b>	mesotrófico	eutrófico	supereutrófico	hipereutrófico
<b>G1</b>	oligotrófico	mesotrófico	eutrófico	-
<b>G2</b>	oligotrófico	mesotrófico	mesotrófico	mesotrófico
<b>I1</b>	mesotrófico	mesotrófico	mesotrófico	supereutrófico
<b>I2</b>	supereutrófico	oligotrófico	mesotrófico	-
<b>JU</b>	supereutrófico	hipereutrófico	hipereutrófico	supereutrófico
<b>L1</b>	eutrófico	mesotrófico	mesotrófico	-
<b>PU</b>	mesotrófico	oligotrófico	mesotrófico	mesotrófico
<b>R1</b>	eutrófico	eutrófico	supereutrófico	eutrófico
<b>R2</b>	mesotrófico	mesotrófico	eutrófico	hipereutrófico
<b>R3</b>	eutrófico	eutrófico	supereutrófico	supereutrófico
<b>RL1</b>	mesotrófico	mesotrófico	eutrófico	eutrófico
<b>RL2</b>	mesotrófico	mesotrófico	oligotrófico	-

### 5.2.12 Metais

Alguns elementos traços, como Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Mo e B, são essenciais aos seres vivos, ainda que em pequenas concentrações, e tem importante papel no metabolismo dos organismos aquáticos, uma vez que participam de um grande número de processos fisiológicos como fotossíntese, cadeia respiratória e fixação de nitrogênio. Entretanto, outros elementos-traços como Hg, Pb, Cd, Ag, Cr, Ni e Sn não tem função biológica conhecida e são, geralmente, tóxicos a uma grande variedade de organismos e mesmo os que tem função biológica, quando em grandes concentrações, apresentam alta toxicidade aos organismos vegetais e animais (ESTEVES, 1988).

#### a) Chumbo

A resolução CONAMA 357/05 determina que para os corpos hídricos de classe 2 a concentração máxima permitida não deve ultrapassar o valor de 0,01mg/L. O ponto I1 foi o único que não ultrapassou a concentração máxima permitida durante todas as coletas. Com exceção deste, todos os pontos de coleta excederam este limite durante a primeira coleta, alcançando 0,91mg/L (R3). Durante a segunda coleta, as concentrações variaram de zero (I1, RL1 e RL2) a 0,36mg/L (R2). Não foram quantificadas concentrações significativas durante a terceira coleta. Durante a quarta coleta, somente foi constatada presença de chumbo no ponto PU (0,01mg/L), conforme apresentado na Figura 27.

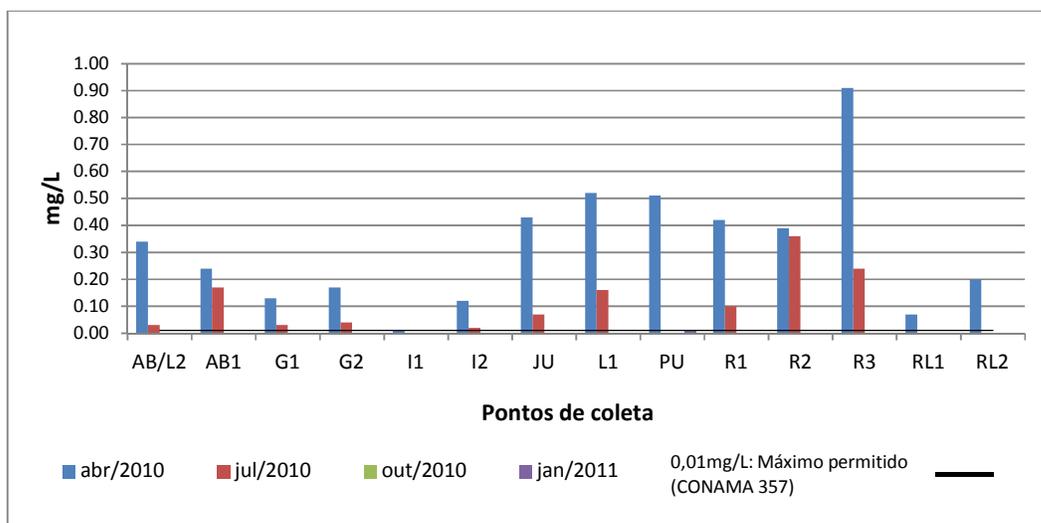


Figura 27 – Variação espacial e temporal da concentração de chumbo das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

## b) Níquel

A Resolução CONAMA 357 determina o valor máximo permitido de 0,025mg/L de Níquel em corpos hídricos de classe 2. Somente durante a segunda coleta foi verificada concentração mais elevada do que o estabelecido pela resolução. A maior concentração, de 0,079mg/L, ocorreu no ponto G2, durante a segunda coleta. Na primeira coleta, as concentrações variaram de 0,01mg/L (L1) a 0,023mg/L (JU), sendo que nos outros pontos amostrados não foi verificada a presença deste metal. Na segunda coleta não foi quantificado este metal nos pontos AB/L2, R1, R3, RL1 e RL2. A concentração variou nos demais dos pontos de coleta de 0,024mg/L (AB1) a 0,079mg/L (G2). Na terceira coleta, somente em R2 verificou-se uma concentração de níquel de 0,002mg/L. Na quarta coleta, verificou-se que quatro pontos de coleta apresentaram concentrações de níquel que variaram de 0,005mg/L (I1 e R3) a 0,019mg/L (RL1), como apresentado na Figura 28.

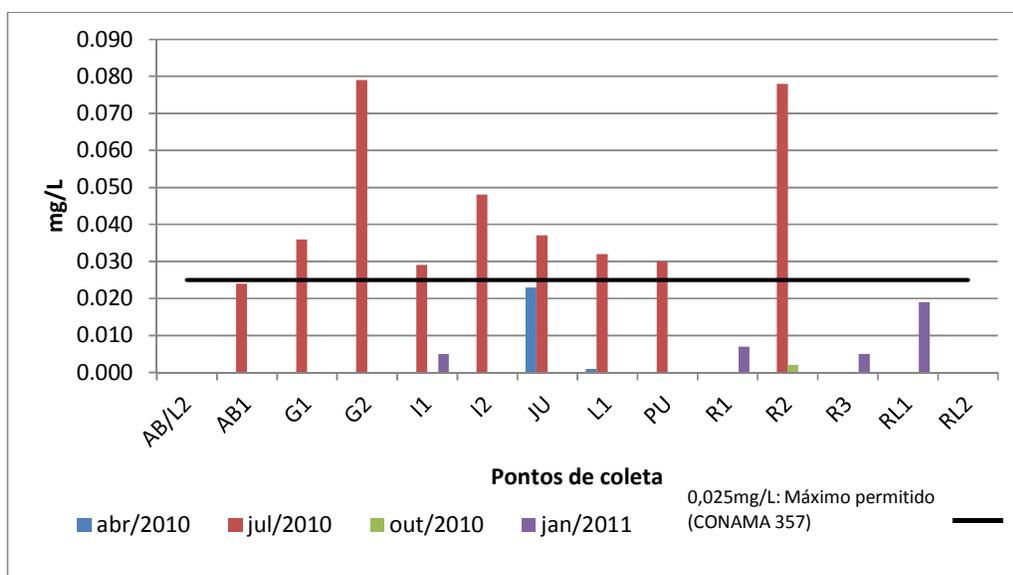


Figura 28 – Variação espacial e temporal da concentração de níquel das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

## c) Cádmio

O cádmio é um metal não essencial em termos biológicos e apresenta alto potencial tóxico, podendo causar envenenamento se for ingerido por meio de alimentos ou bebidas contaminadas segundo GANGLIANONE<sup>5</sup> (1974 apud BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003, p. 87). Segundo a USEPA (1976), o cádmio é cancerígeno e sua inserção no ambiente pode ser dada por praguicidas e fertilizantes, além de outras fontes industriais e de tecnologias, como

<sup>5</sup> GANGLIANONE, S. Aspectos físicos e químicos da poluição. São Paulo: CETESB, 1974.

pilhas descartadas inadequadamente em lixões (BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003). Na bacia hidrográfica em estudo não foi detectada a presença de cádmio em nenhuma das amostras de água coletada em todo o período de estudo.

#### d) Cobre

O cobre é de relevante importância para as plantas, pois atua em reações enzimáticas para realizar funções vitais. Para o metabolismo animal é importante na síntese da hemoglobina. Porém, concentrações elevadas de cobre podem ser prejudiciais aos organismos de modo geral (BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003). De forma similar ao cádmio, não foi detectada a presença de cobre em nenhuma amostra de água da bacia hidrográfica em estudo.

#### e) Ferro

O ferro é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, assim, seus compostos são encontrados facilmente em todos os corpos d'água, mesmo que em quantidades reduzidas (BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003). A Resolução CONAMA 357/05 determina o valor máximo permitido de 0,3mg/L de ferro em corpos hídricos de classe 2. Na primeira coleta (Figura 29), somente três pontos (G1, L1 e PU) foram enquadrados dentro dos padrões da legislação vigente. Na segunda coleta, os pontos AB/L2, AB1, G2, I1, I2 e RL1 apresentaram concentrações maiores que a permitida. Na terceira coleta, somente dois pontos (I1 e RL1) não estavam de acordo com a legislação vigente (CONAMA 357) enquanto na última coleta, somente três (G2, JU e R3) dos 11 pontos de coleta estavam de acordo com a resolução vigente

As concentrações de ferro variaram de 0,212mg/L (G1) a 4,125mg/L (AB/L2) durante a primeira coleta, período no qual não foi constatada concentração de ferro no ponto PU. Durante a segunda coleta, não foi apresentada concentração de ferro nos pontos PU e R3 e nos outros pontos de coleta a concentração variou de 0,085mg/L (R1) a 3,472mg/L (G2). Em outubro, as concentrações variaram de 0,185mg/L (AB1) a 1,544mg/L (I1), sendo que nos pontos AB/L2, G1, G2, JU, L1, PU, R1, R2, R3 e RL2 não foi verificada a presença de ferro. Durante a última coleta, os pontos G2, JU e R3 não apresentaram concentração de ferro e os demais apresentaram concentrações que variaram de 0,622mg/L (PU) a 4,869mg/L (RL1).

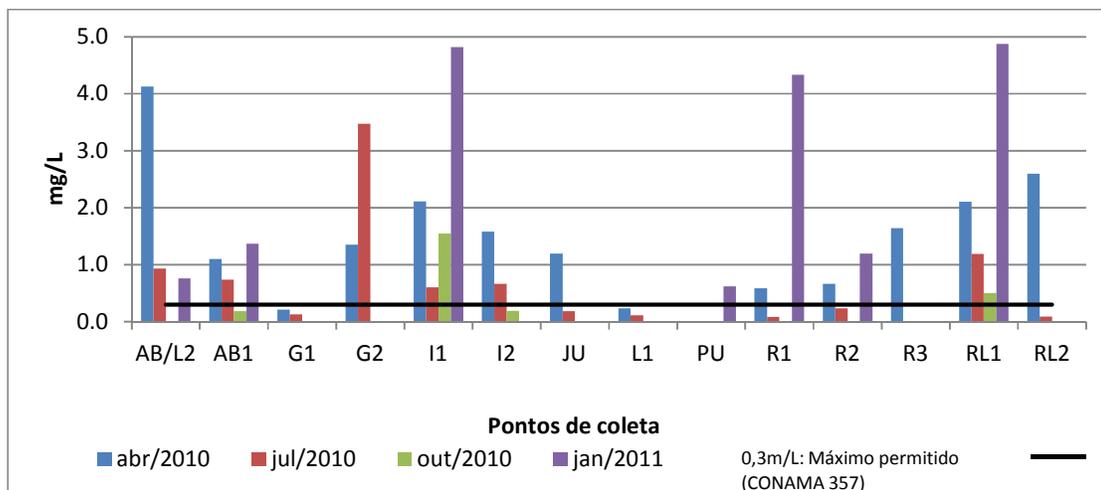


Figura 29 – Variação espacial e temporal da concentração de ferro das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

#### f) Magnésio

A concentração de magnésio presente nos pontos estudados não variou muito temporalmente (Figura 30). As maiores variações ocorreram da terceira para a quarta coleta no ponto I1 (de 1,874mg/L para 1,069mg/L) e RL1 (de 2,307mg/L para 1,521mg/L).

Durante a primeira coleta, as concentrações variaram de 0,05mg/L (LI) a 2,135mg/L (RL1). No período seco, as concentrações variaram de 0,05mg/L (LI) a 1,947mg/L (RL1). Na terceira coleta foi verificada uma concentração máxima de 2,307mg/L no ponto RL1 e mínima de 0,066mg/L no ponto G1 e durante a última coleta as concentrações variaram de 0,159mg/L (PU) a 1,521mg/L (RL1).

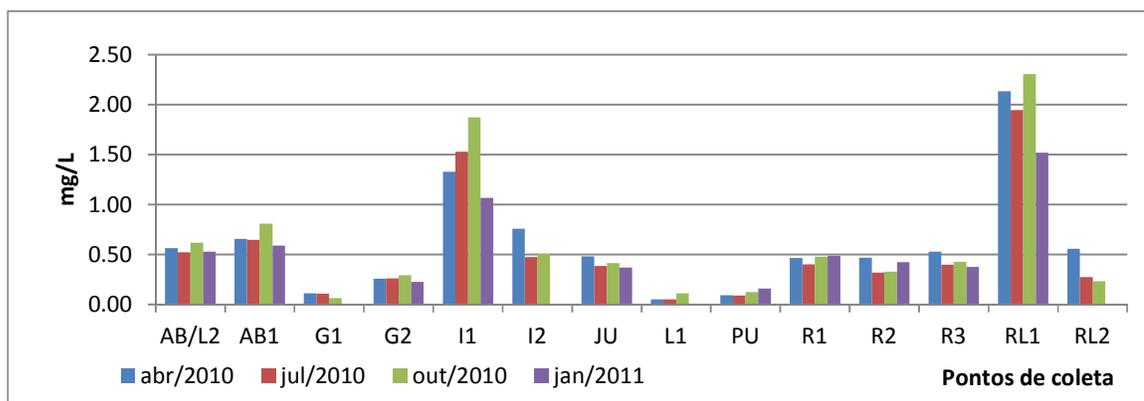


Figura 30 – Variação espacial e temporal da concentração de magnésio das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro e 2011.

## g) Manganês

O íon manganês raramente é encontrado em águas doces em concentrações superiores a 1mg/L. É um micronutriente vital às plantas e aos animais e normalmente são ingeridos traços de manganês pela alimentação, chegando a média de 0,01mg/dia. Porém, em grandes doses, o manganês pode causar doenças hepáticas. O manganês, assim como o ferro, quando presente em águas de abastecimento não tem efeitos fisiológicos prejudiciais. Contudo, a partir de uma determinada concentração produz manchas em louças e roupas e favorece o florecimentos de certas algas, o que pode causar certo odor e rejeição da água para consumo (BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003). Segundo a resolução CONAMA 357/05 a concentração de manganês não deve ultrapassar 0,1mg/L.

Durante a primeira coleta (Figura 31), as concentrações deste metal variaram de 0,01mg/L (G2) a 0,028mg/L (RL2), sendo que somente os pontos AB/L2, AB1, G2, RL1 e RL2 apresentaram concentrações significativas de manganês. Durante a segunda coleta, somente o ponto G2 apresentou concentração significativa de manganês (0,026mg/L). Já na terceira e quarta coleta, não foi verificada a presença de manganês na amostra de água. Portanto, nenhum dos pontos analisados esteve fora dos padrões determinados pela legislação vigente (CONAMA 357/05) para este metal.

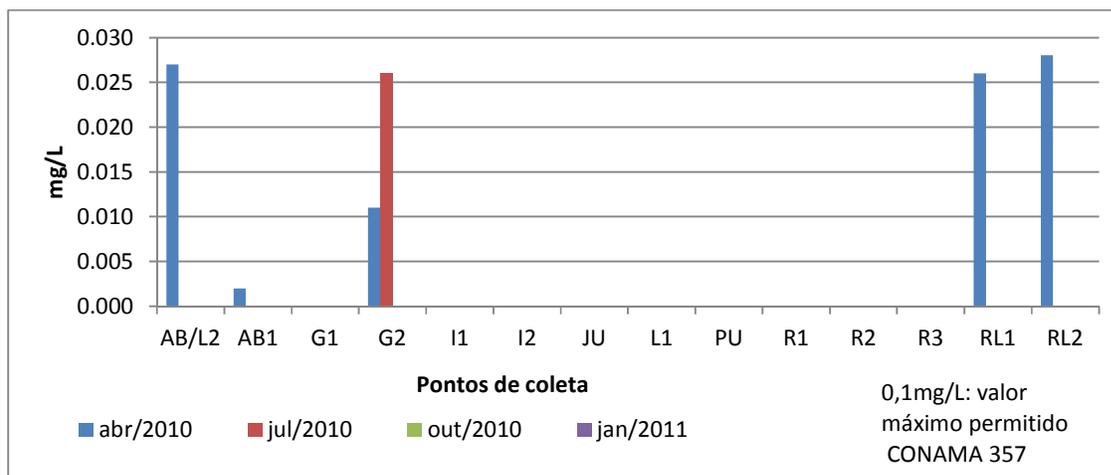


Figura 31 – Variação espacial e temporal da concentração de manganês das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

## h) Zinco

O Zinco é um elemento mineral que é essencial ao metabolismo humano, e tal como o ferro e outros minerais, faz parte de vários processos enzimáticos, como a insulina

(BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003). A resolução CONAMA 357/05 determina que para os corpos hídricos de classe 2 a concentração máxima permitida de zinco não deve ultrapassar o valor de 0,18mg/L.

É possível notar que a presença de zinco foi mais recorrente na segunda coleta, estando presente em um maior número de pontos de coleta (AB/L2, JU, LI, R2, R3 e RL1) em concentrações que não atendem o limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05. Além destes pontos, durante a terceira coleta também foram verificados dois pontos de coleta (G2 e R3) que não atendem o limite estabelecido. Na primeira coleta, quatro pontos (AB/L2, G1, I2 e RL2) não apresentaram zinco no compartimento de água analisado e as concentrações variaram de 0,143mg/L (R1) a 0,013mg/L (RL1). Em julho, foi verificada uma concentração mínima de 0,084mg/L no ponto G2 e uma concentração máxima de 0,347mg/L no ponto JU. Não foi constatada a presença de zinco em nenhum dos pontos coletados durante a terceira coleta. Já na última coleta, somente os pontos AB/L2, AB1, G2 e R3 apresentaram concentração significativa de zinco no compartimento de água analisado, com uma concentração mínima de 0,054mg/L no ponto AB1 e uma concentração máxima de 2,622mg/L no ponto G2 (Figura 32).

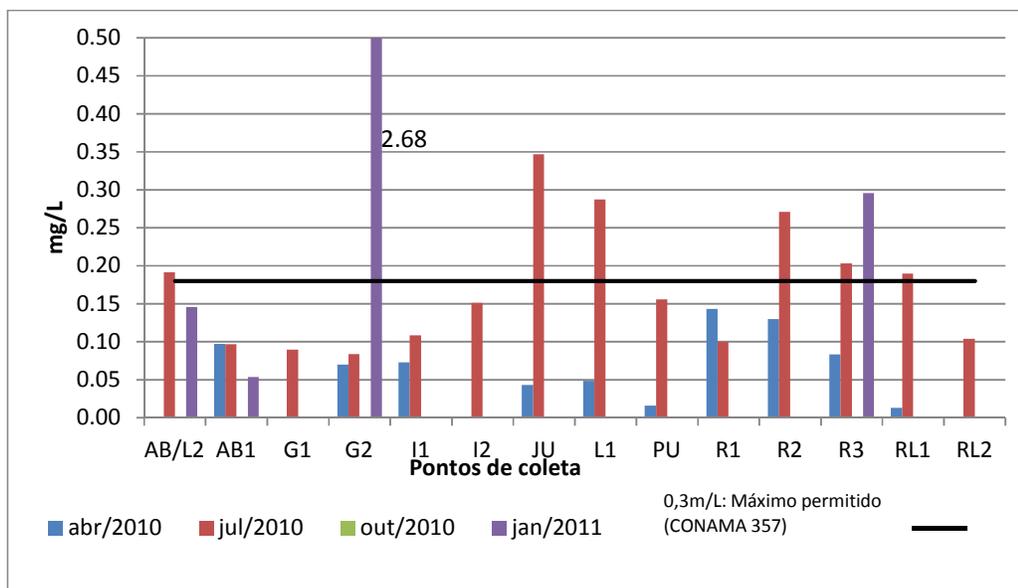


Figura 32 – Variação espacial e temporal da concentração de zinco das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

#### i) Cromo

O cromo, metal considerado cancerígeno, está presente na água sob a forma trivalente, que é mais inerte, e na sua forma hexavalente, que é mais solúvel e cerca de 100 vezes mais

tóxica. Para o homem, a exposição aguda da forma trivalente raramente causa efeitos tóxicos, enquanto que a exposição da forma mais solúvel produz náuseas, diarreias, danos ao fígado e ao rim, hemorragias internas, dermatites e problemas respiratórios (BRIGANTE e ESPÍNDOLA, 2003).

Nos rios e represa avaliados no presente estudo não foi detectada a presença de cromo no compartimento água analisado.

#### j) Cobalto

Os efeitos negativos do cobalto a saúde humana ocorrem normalmente pela inalação. A exposição crônica pode causar completa perda de olfato, problemas gastrointestinais, dilatação do coração, trombose secundária, aumento dos eritrócitos no sangue e diminuição do iodo pela tireóide. Já a exposição aguda provoca redução na absorção de iodo, anorexia, náuseas, vômitos e diarreias, além dos sintomas neurotóxicos como dor de cabeça e alterações do reflexo.

O cobalto só foi detectado em dois pontos de coletas em períodos distintos. Durante a primeira coleta foi detectado uma concentração de 0,004mg/L no ponto G2 e durante a segunda coleta uma concentração de 0,023mg/L no ponto R1. Uma vez que a resolução CONAMA 357/05 determina valor máximo de 0,05mg/L deste metal para águas de classe 2, verifica-se que todos os pontos apresentaram-se dentro do limite permissível Figura 33).

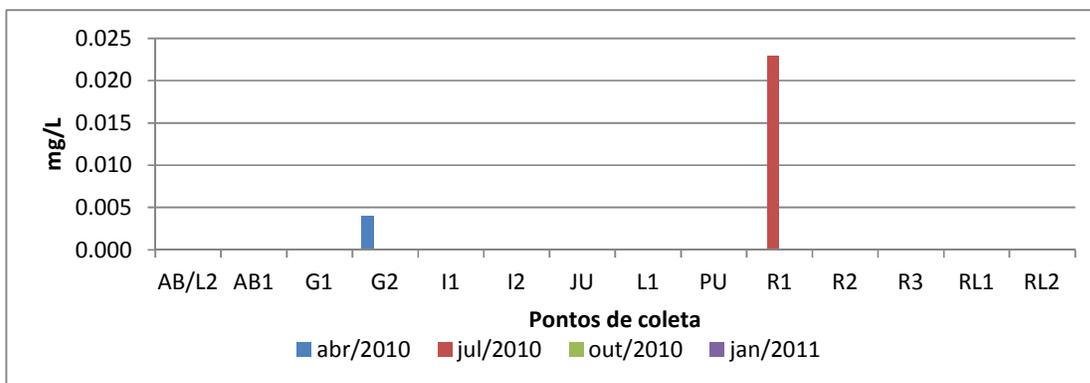


Figura 33 – Variação espacial e temporal da concentração de cobalto das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

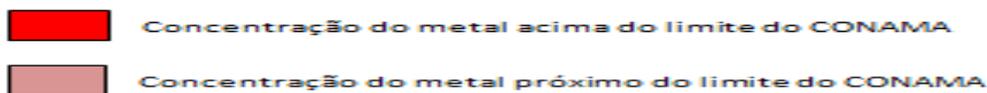
### 5.2.13 Avaliação dos metais na água

Considerando-se o limite da Resolução CONAMA 357/05 para rios de classe 2 e os resultados de metais obtidos nas águas da bacia do rio Itaqueri/Lobo, observou-se que julho de 2010 foi o mês de coleta em que os valores de metais estiveram mais em desacordo com a referida resolução.

Conforme apresentado na Figura 34, pode-se verificar que para a maioria dos pontos de coleta o limite estabelecido pelo CONAMA 357/2005 foi excedido ou que a concentração verificada encontra-se muito perto da permitida para as concentrações constatadas de chumbo e de ferro durante o período de abril de 2010.

Parâmetro	Abril/2010													
	AB/L2	AB1	G1	G2	I1	I2	JU	L1	PU	R1	R2	R3	RL1	RL2
Pb														
Ni														
Cd														
Cu														
Fe														
Mn														
Zn														
Cr														
Co														

Figura 34 – Avaliação dos metais nas amostras de água coletadas no período de abril de 2010.

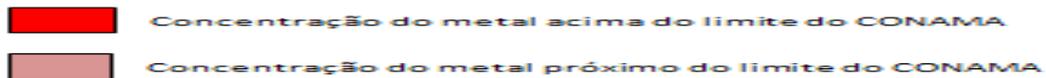


Para o período de julho Figura 35, constatou-se que muitos pontos apresentaram concentrações que extrapolam o limite estabelecido pelo CONAMA para o chumbo, ferro, níquel e zinco. Segundo Canpagna (2005), o motivo dos excessos de zinco na região pode ser relacionado às queimadas de cana-de-açúcar, que é uma cultura predominante na região. Na coleta de outubro em 2010 (Figura 36), somente dois pontos (I1 e RL1) excederam o limite que a legislação vigente permite para o ferro. Em janeiro de 2011 (Figura 37), a qualidade da água da bacia voltou a ficar comprometida devido ao número de pontos, que

creceu da terceira para quarta coleta, que tiveram sua concentração de ferro, zinco e chumbo excedida ou perto do limite do CONAMA.

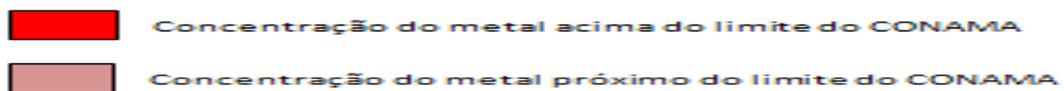
Parâmetro	Julho/2010													
	AB/L2	AB1	G1	G2	I1	I2	JU	L1	PU	R1	R2	R3	RL1	RL2
Pb	■	■	■	■		■	■	■		■	■	■		
Ni		■	■	■	■	■	■	■	■		■			
Cd														
Cu														
Fe	■	■		■	■	■							■	
Mn														
Zn	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Cr														
Co														

Figura 35 – Avaliação dos metais nas amostras de água coletadas no período de julho de 2010.



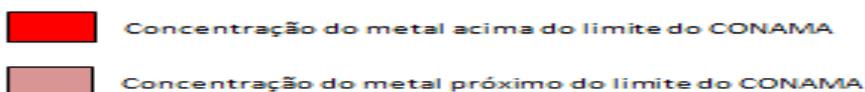
Parâmetro	Outubro/2010													
	AB/L2	AB1	G1	G2	I1	I2	JU	L1	PU	R1	R2	R3	RL1	RL2
Pb														
Ni														
Cd														
Cu														
Fe					■								■	
Mn														
Zn														
Cr														
Co														

Figura 36 – Avaliação dos metais nas amostras de água coletadas no período de outubro de 2010.



Parâmetro	Janeiro/2011													
	AB/L2	AB1	G1	G2	I1	I2	JU	L1	PU	R1	R2	R3	RL1	RL2
Pb														
Ni														
Cd														
Cu														
Fe														
Mn														
Zn														
Cr														
Co														

Figura 37 – Avaliação dos metais nas amostras de água coletadas no período de janeiro de 2011.



Como já citado anteriormente e segundo Esteves (1988), alguns metais são essenciais ao metabolismo dos seres vivos (como o ferro, o zinco, o manganês e o cobre), enquanto outros, como o cromo e o cádmio, não tem função biológica conhecida. De maneira geral, os metais que apresentaram suas concentrações acima do limite do CONAMA 357/05 foram o ferro, zinco, níquel e chumbo, sendo que durante a coleta do período seco (julho/2010) estes valores foram mais acentuados. Segundo Sanchez (2012), os resultados obtidos para os metais representam riscos (pressão tóxica em linha de evidências químicas no compartimento água) para as comunidades biológicas. O autor, ao realizar a análise de risco ecológico no mesmo período e local de coleta, demonstrou que os maiores valores de risco ocorreram na primeira e segunda coleta, correspondendo aos meses em que muitos dos valores obtidos estavam acima do recomendado pela Resolução CONAMA 357/05. O autor ainda associou o aumento do risco dos metais aos reduzidos valores de precipitação, o que representaria uma menor diluição dos mesmos na água.

Nota-se que durante todas as coletas houve pontos de amostragem com valores de ferro em desacordo com a legislação (CONAMA 357/05). Segundo Campagna (2005), os elevados teores de ferros podem estar relacionados à composição dos solos da bacia de drenagem e a atividade industrial intensa na cidade de São Carlos devido aos efluentes das atividades metalúrgicas.

Contudo, a bacia hidrográfica em estudo é caracterizada pela atividade agrícola, exercendo basicamente o cultivo de cana-de-açúcar e o plantio de *Eucalyptus* e *Pinus*, além

de outras em menor escala, como milho, laranja e café. Essas lavouras utilizam agroquímicos diferenciados, os quais, de forma direta e indireta poderiam exercer influência sobre os metais avaliados. Apesar de não ter sido verificada a presença de pesticida nas amostras de água coletadas em julho/2012 (conforme item 5.2.14), os mesmos são rotineiramente empregados como defensivos agrícolas, não sendo quantificados em função de seu elevado decaimento na coluna da água (meia vida do ingrediente ativo).

#### **5.2.14 Pesticidas organoclorados**

De acordo com o laudo técnico emitido pelo Instituto de Química da Universidade de São Paulo, em São Carlos, não foi detectado nenhum pesticida organoclorado em nenhuma das amostras analisadas (R1, R2, G1, G2, I2, L1, AB1, RL1, AB/L2, JU, PU) para a coleta de julho de 2011 (período seco). Devido aos custos envolvidos nas análises, não foi possível determinar os pesticidas nas demais amostras.

### **5.3 Análise dos dados da água**

Para verificar o efeito da sazonalidade nos resultados obtidos, realizou-se uma PCA (Análise de Componentes Principais) com todas as informações decorrentes das quatro coletas. Os três primeiros componentes explicaram juntos 66,68% da variância total dos dados. O dendrograma mostrado na figura abaixo é resultado de uma análise de agrupamento com as variáveis limnológicas de todos os períodos de coleta. Essa análise de agrupamento consistiu em distinguir grupos. Para tanto, foi separado a um nível de corte de 0,5 na distância euclidiana. Com exceção do ponto AB/L2, o primeiro grupo formou-se a partir dos pontos de amostragem das primeira e segunda coleta. O segundo grupo formou-se a partir dos pontos de amostragem da terceira e quarta coleta, excetuando-se AB/L2 da terceira coleta. O grupo III formou-se apenas por AB/L2 da terceira coleta e o quarto pelo mesmo ponto de amostragem da primeira e segunda coleta.

O apêndice F compõe os resultados obtidos a partir da Análise de Componentes Principais (PCA), assim como as variáveis limnológicas utilizadas para avaliar cada período de coleta.

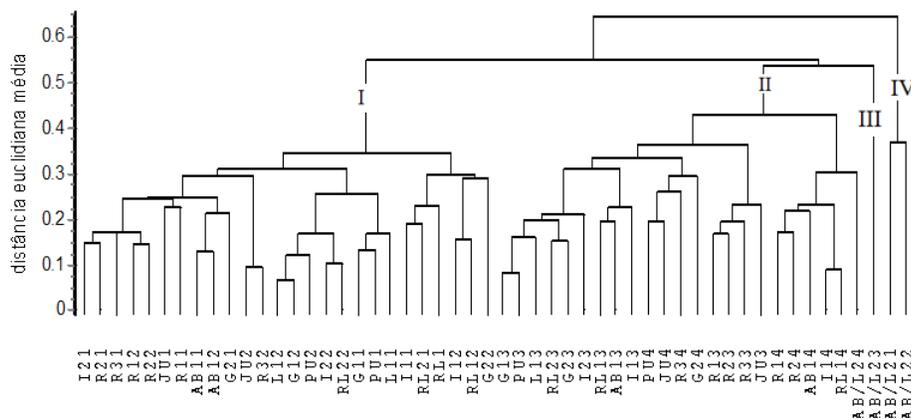


Figura 38 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para todos os períodos de coleta com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,8316).

Optou-se ainda por trabalhar separadamente os quatro períodos de amostragem, sendo feita uma PCA para cada coleta. Foram verificadas, então, quais as variáveis limnológicas mais importantes para o sistema analisado, que são aquelas que possuem fatores de explicação próximos de 1, em cada PCA. Foi feita uma análise de agrupamento (Cluster) para cada período através das variáveis mais importantes. A partir disso, verificou-se certo grau de similaridade suficiente entre os pontos de coleta para reuni-los. A análise de agrupamento apresentou Coeficiente de Correlação Cofenético (CCC) aceitável, estando acima do valor de referência 0,8 (Figuras 38, 39, 40 e 41).

Na PCA feita para a primeira coleta (Figura 39), os três primeiros componentes explicaram juntos 69,03% da variância total dos dados. A análise de agrupamento também apresentou CCC satisfatório (0,9192). A partir do dendrograma obtido, a um nível de corte de quase 0,3 na distância euclidiana média, foi possível distinguir três grupos. O primeiro grupo foi constituído pelos pontos AB1, JU, G2, R2, R1, I1, I2, RL2, R3, L1, G1 e PU; o segundo grupo foi formado pelo ponto RL1 e o grupo III foi formado pelo ponto AB/L2.

Para essa primeira coleta, nota-se que o grupo I mostrou-se com características mais amenas, porém, com alta turbidez em I1 e I2 e com alguns resultados em desconformidade para o fósforo total em relação ao CONAMA 357/2005. O segundo grupo apresentou valores de condutividade e concentrações de material em suspensão elevados. O grupo III apresentou

nível de OD, concentrações de chumbo e ferro e compostos fosfatados insatisfatórios. Além disso, o mesmo grupo apresentou material em suspensão, condutividade e compostos nitrogenados elevados, caracterizando assim uma área com alto potencial para poluição devido, provavelmente, ao esgoto ali despejado.

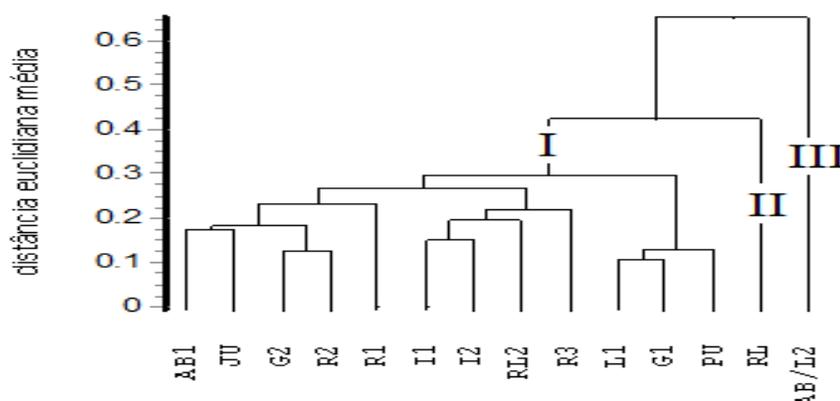


Figura 39 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de abril de 2010 com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,9192).

Os três primeiros componentes explicaram juntos 65,06% da variância total dos dados na PCA feita para a segunda coleta (Figura 40). A análise de agrupamento também apresentou CCC satisfatório (0,9307). A partir do dendrograma obtido, a um nível de corte de quase 0,3 na distância euclidiana média, foi possível distinguir quatro grupos. O primeiro grupo foi constituído pelos pontos I2, RL2, R1, R2, JU, R3, L1, G1 e PU. O segundo grupo foi formado pelo ponto G2. O grupo III foi formado pelos pontos I1, RL1 e AB1. O quarto grupo foi formado pelo ponto AB/L2.

Para a segunda coleta, o primeiro grupo apresentou resultados satisfatórios em quase todos os parâmetros. Assim, JU e R3, que estão sub-agrupados, apresentaram altas concentrações de nitrato e resultados insatisfatórios para clorofila. Além disso, e ainda para esse grupo, nota-se que todos os pontos de coleta, com exceção dos pontos RL2 e PU para chumbo e do G1 para o zinco, não estão regulares ou estão próximos de serem considerados irregulares pelo CONAMA quanto as concentrações de chumbo e zinco. Para o grupo II, nota-se concentrações insatisfatórias de fósforo total, chumbo, níquel e ferro. O terceiro grupo caracteriza-se pela alta condutividade para os pontos mais próximos, RL1 e AB1. Além disso o grupo apresentou resultados insatisfatórios para as concentrações de fósforo total e ferro. O quarto grupo, representado somente pelo ponto AB/L2, refletiu novamente parâmetros preocupantes de uma situação de poluição. Esse ponto de coleta apresentou-se perto do limite

satisfatório de oxigênio dissolvido, altas concentrações de nitrito, nitrato, nitrogênio orgânico total e fósforo total dissolvido, estando ainda com resultados insatisfatórios em relação ao fósforo total, chumbo, ferro e zinco. Devido a maior diferença dos parâmetros, esse ponto ficou no extremo e isolado nesse último grupo.

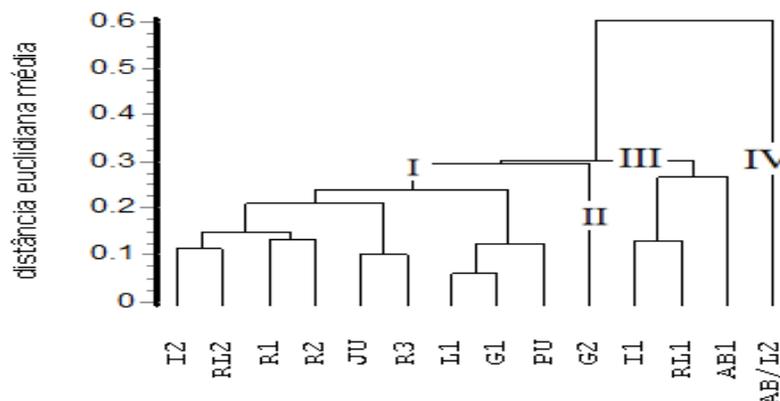


Figura 40 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de julho de 2010 com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,9307).

Na terceira coleta, os três primeiros componentes explicaram juntos 62,33% da variância total dos dados (Figura 41). A análise de agrupamento também apresentou CCC satisfatório (0,9243). A partir do dendrograma obtido, a um nível de corte de quase 0,34 na distância euclidiana média, foi possível distinguir quatro grupos. O primeiro grupo foi constituído pelos pontos G1, PU, L1, RL2, G2, I2 e JU, segundo grupo foi formado pelos pontos da represa (R1, R2 e R3), o terceiro pelos pontos RL1, AB1 e I1 e o quarto grupo foi formado somente pelo ponto AB/L2, similar ao período anterior.

Todos os grupos apresentaram resultados insatisfatórios para o fósforo total para a terceira coleta. Essa característica, além de outras, agregou um pouco mais de homogeneidade na distribuição do dendrograma. O primeiro grupo apresentou características mais amenas. Porém, os dois mais extremos, I2 e JU, apresentaram condutividade e turbidez um pouco mais elevadas em relação aos demais. O ponto JU, do mesmo grupo, ainda apresentou concentração insatisfatória de clorofila. O grupo II apresentou valores insatisfatórios de pH para o ponto R3 e concentrações insatisfatórias de clorofila para os pontos R1 e R2. O terceiro grupo apresentou concentrações insatisfatórias de ferro para os pontos RL1 e I1. Além disso, observou-se um alto valor de turbidez para o pontos I1 em relação aos demais. O grupo IV, formado novamente e somente pelo ponto AB/L2, teve suas características bem diferentes dos demais grupos. Esse grupo apresentou concentração de oxigênio dissolvido insatisfatório e altas concentrações de nitrito, íon amônio, nitrogênio orgânico total, fósforo inorgânico,

fosfato total dissolvido e silicato. Temporalmente, esse ponto de coleta ainda se caracterizou como o mais poluído em decorrência da contribuição do esgoto do município de Itirapina.

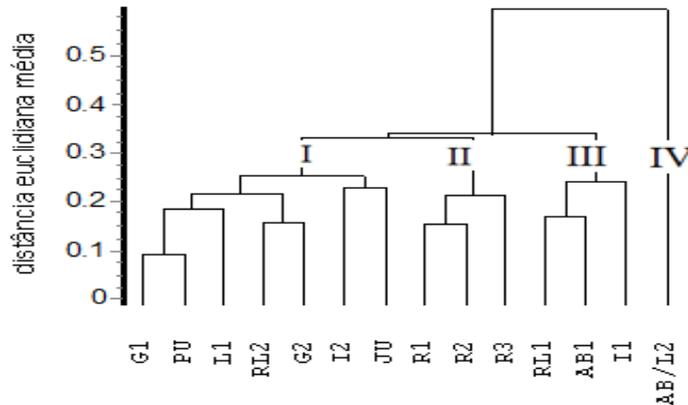


Figura 41 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de outubro de 2010 com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,9243).

Para a última coleta, os três primeiros componentes explicaram juntos 69,08% da variância total dos dados na PCA feita (Figura 42). Apesar da análise não apresentar um CCC de pelo menos 0,8, a análise foi utilizada por apresentar CCC próximo da referência (0,7786). A partir do dendrograma obtido, a um nível de corte de quase 0,3 na distância euclidiana média, foi possível distinguir quatro grupos. O primeiro grupo foi constituído pelos pontos I1, RL1, AB1, R1 e R2. O segundo grupo foi formado pelo ponto AB/L2,. O grupo III foi formado pelos pontos G2 e R3. O quarto e último grupo foram formados pelos pontos PU e JU.

Todos os grupos apresentaram resultados insatisfatórios para fósforo total. Todos os pontos do grupo I apresentaram valores altos de pH, estando acima do limite estabelecido pelo CONAMA 357/05. Além disso, o ponto R1 apresentou concentração insatisfatória de oxigênio dissolvido e em todos os pontos de coleta a concentração de ferro esteve acima do estabelecido. O grupo I apresentou alto valor de turbidez e concentração insatisfatória de ferro. O terceiro grupo apresentou concentrações insatisfatórias de zinco e o quarto grupo, de ferro. Nota-se que para essa última coleta não se verificou muitos valores em desconformidade com a resolução CONAMA 357/05, o que pode estar associado a diluição decorrente da elevada precipitação que ocorreu durante o período, impedindo, inclusive, a realização das coletas em diversos pontos amostrais.

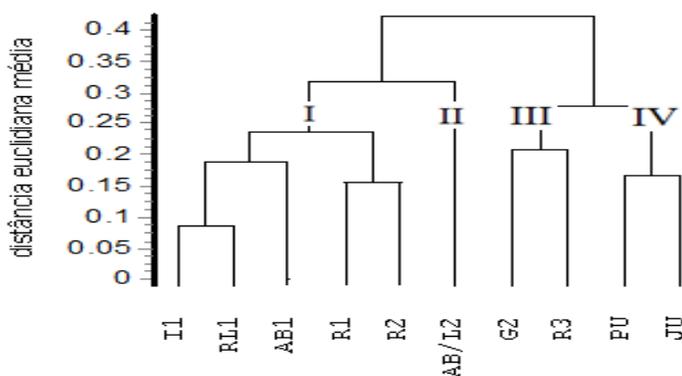


Figura 42 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de janeiro de 2011 com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,7786).

## 5.4 Variáveis limnológicas: compartimento sedimento

Os contaminantes são transpostados para o ambiente aquático em solução ou ligados ao material em suspensão. Durante o transporte, ocorre um armazenamento dos mesmos no sedimento de rios, lagos, estuários, águas costeiras e finalmente oceanos, o que pode acarretar um grande problema, visto que o sedimento pode constituir uma fonte de poluentes por muito tempo após a descarga dos mesmos (SOARES, 1999<sup>6</sup> apud CAMPAGNA, 2005, p. 152). Sendo assim, o sedimento pode ser visto como um potencial reservatório de poluentes adsorvidos, de influência natural e antrópica.

### 5.4.1 Matéria orgânica

Para o sedimento ser caracterizado como sedimento orgânico ele deve apresentar contribuição de matéria orgânica maior que 10% do peso seco e abaixo de 10% de inorgânicos ou minerais (ESTEVES, 1988). No presente estudo, as duas maiores porcentagens de matéria orgânica foram obtidas na segunda coleta e são de pontos localizados na represa. Os pontos R1 e R3 foram os que apresentaram maiores porcentagens de matéria orgânica, com 29,30% e 35,34% respectivamente.

<sup>6</sup> SOARES, H.M.V.M. et al. **Sediments as monitors of heavy metal contamination in the Ave River Basin (Portugal): Multivariate analysis of data.** *Environ. Pollut.*, v.105, p. 311-323, 1999.

Na primeira coleta, somente o ponto R3 foi classificado como sedimento orgânico. Durante a segunda coleta, quatro dos 14 foram classificados como sedimento orgânico. Os pontos com porcentagens superiores a 10% de matéria orgânica da segunda coleta foram o AB1, R1, R2 e R3. Durante a terceira coleta, os pontos R1, R2 e R3 foram classificados como orgânicos. Já durante a quarta coleta, somente os pontos R1 e R3 foram classificados como sedimento orgânico. Em abril de 2010, a menor porcentagem de matéria orgânica ocorreu no ponto I2 (0,23%) e a maior no ponto R3 (23,93%). Em julho, os valores variaram de 0,29% (no ponto G2) à 35,34% (no ponto R3). Em outubro, os valores variaram de 0,29% (no ponto G2) à 31,16% (no ponto R1) e a mínima de 0,19% (no ponto RL2). Em janeiro de 2011, os valores variaram de 0,13% (no ponto G2) à 33,85% (no ponto R1). Os resultados obtidos para matéria orgânica encontram-se na Figura 43, verificando-se diferenças entre os locais amostrados nos tributários e na represa.

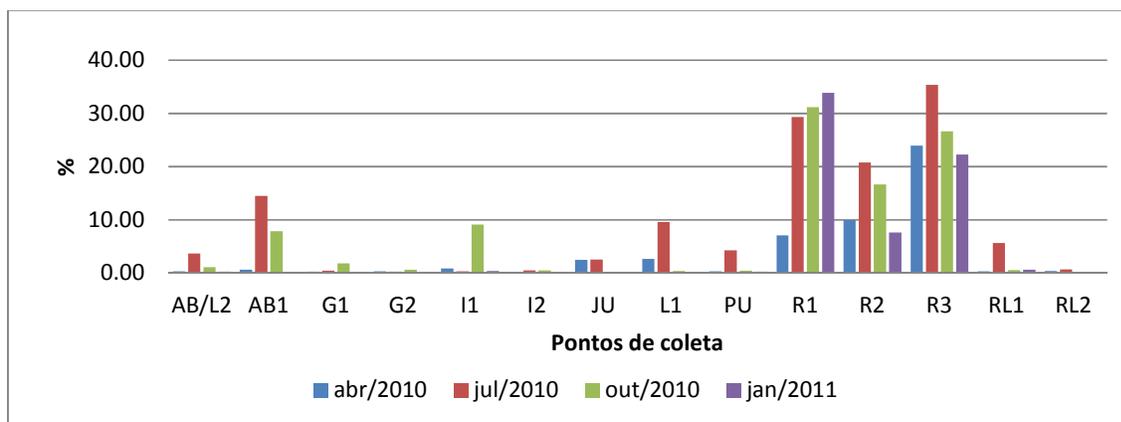


Figura 43 – Variação percentual de matéria orgânica das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

#### 5.4.2 Granulometria

De modo geral, a fração arenosa foi predominante em todas as estações de amostragem, refletindo bem a característica do solo da região (Figura 44 a 47). No primeiro período de estudo, as maiores frações foram majoritariamente de areia média e areia fina. Os pontos RL1 e G2 apresentaram maiores frações de areia média (79% e 70% respectivamente). As maiores porcentagens de areia fina foram encontradas nos pontos R3 (87%) e I2 (71%). Com exceção do sedimento do ponto R2, que apresentou-se como silto-argiloso com 48% de silte e 12% de argila, todos os outros pontos de amostragem tiveram seu sedimento classificado como arenoso.

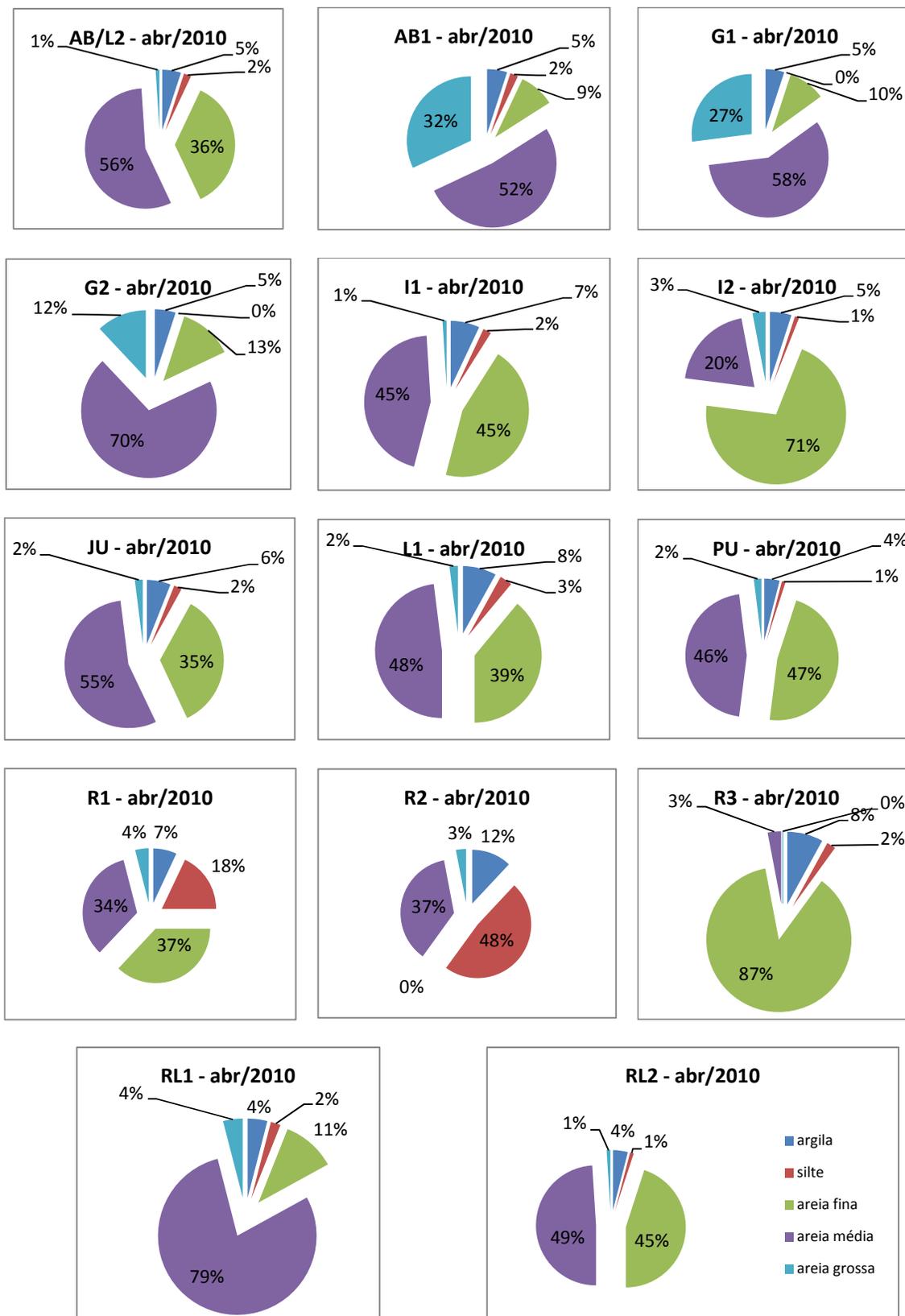


Figura 44 – Granulometria nas amostras de sedimento coletadas no período de abril de 2010.

Durante a segunda coleta, as maiores frações foram de areia média e areia fina de modo geral. Os pontos L1 e AB/L2 apresentaram maiores frações de areia média (71% e 70% respectivamente). As maiores porcentagens de areia fina foram encontradas nos pontos RL2 (56%) e R1 (53%). Neste período ainda, com exceção do sedimento do ponto R3 que apresentou-se como silto-argiloso com 45% de silte e 23% de argila, todos os outros pontos tiveram seu sedimento classificado como arenoso. Na Figura 45 é possível verificar a análise de granulometria feita no sedimento coleta do durante o período de julho de 2010.

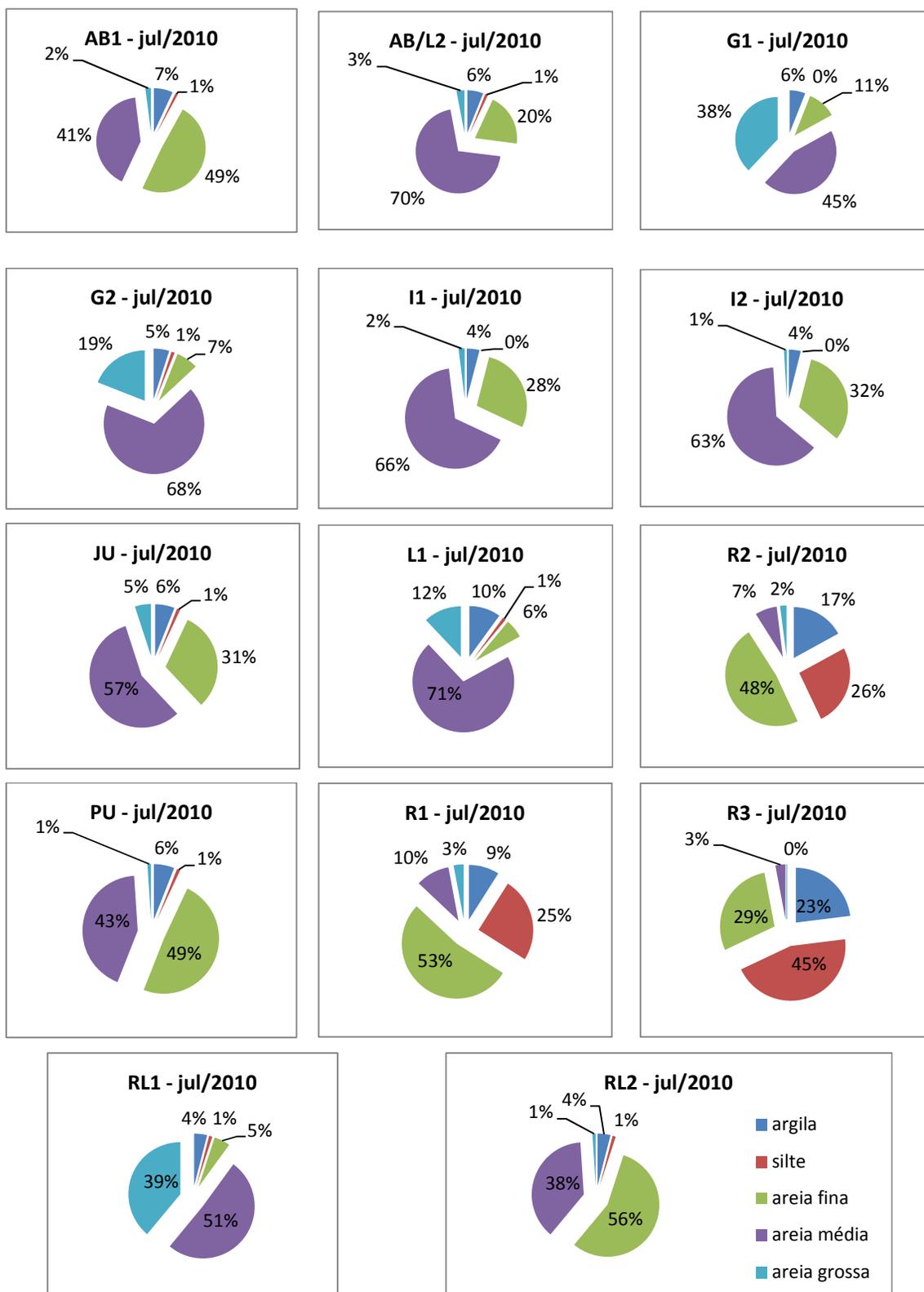


Figura 45 – Granulometria nas amostras de sedimento coletadas no período de julho de 2010.

Em outubro de 2010, as maiores frações se mativeram em arenosa fina e média de modo geral. Os maiores valores de areia média foram encontradas nos pontos G2 (52%) e PU e G1 (41%). Os maiores valores de areia fina foram obtidos no ponto AB/L2 (69%) e RL2 (62%). Notou-se que neste período a fração majoritária foi areia fina, sendo que nas coletas anteriores a fração majoritária era a de areia média. Portanto, neste mesmo período, com exceção do ponto R3 novamente que apresentou-se como sedimento silto-argiloso com 47% de silte e 23% de argila, todos os outros pontos de amostragem tiveram seu sedimento classificado como arenoso. O ponto JU não teve seu sedimento coletado (Figura 46)

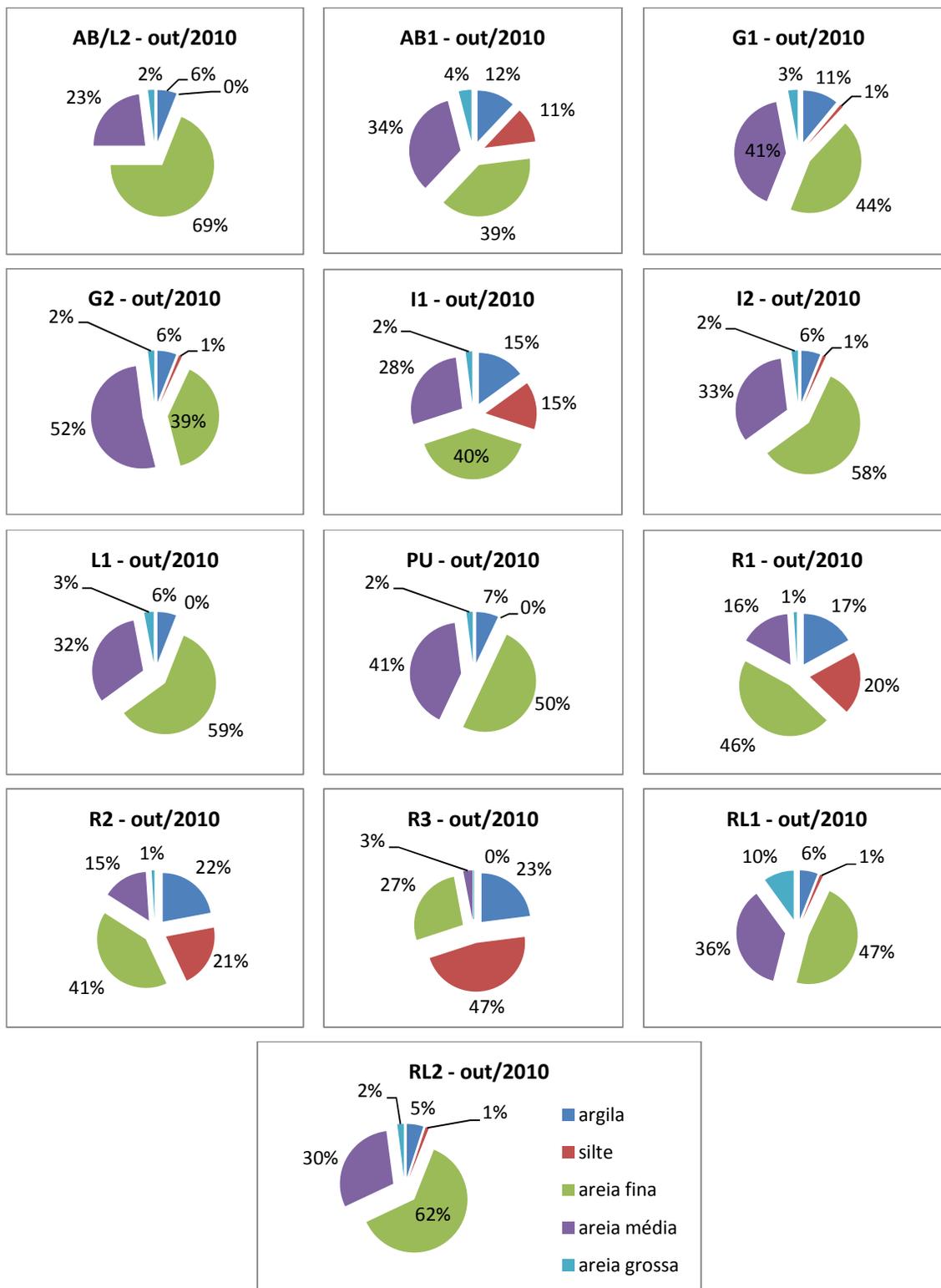


Figura 46 – Granulometria nas amostras de sedimento coletadas no período de outubro de 2010.

Durante a última coleta (Figura 47), de modo geral, as maiores frações registradas foram de areia fina e média. Os maiores valores de areia média obtidas foram nos pontos

AB/L2 (73%) e RL1 (62%). Os maiores valores de areia fina foram encontrados no ponto R2 (43%) e R1 (41%). Notou-se que, neste período, a fração majoritária foi areia média. Assim, neste mesmo período, com exceção do ponto R3, que novamente apresentou-se como sedimento silto-argiloso com 50% de silte e 21% de argila, todos os outros pontos de amostragem tiveram seu sedimento classificado como arenoso. Com o carreamento rápido de partículas rochosas, que portanto não foram muito lapidadas e deformadas, durante este período que foi chuvoso notou-se que houve um aumento das frações de areia grossa de modo geral.

A inacessibilidade dos pontos de coleta AB1, G1, I2, JU, L1 e RL2, devido à ocorrência de fortes chuvas, dificultou e impediu a coleta neste último período.

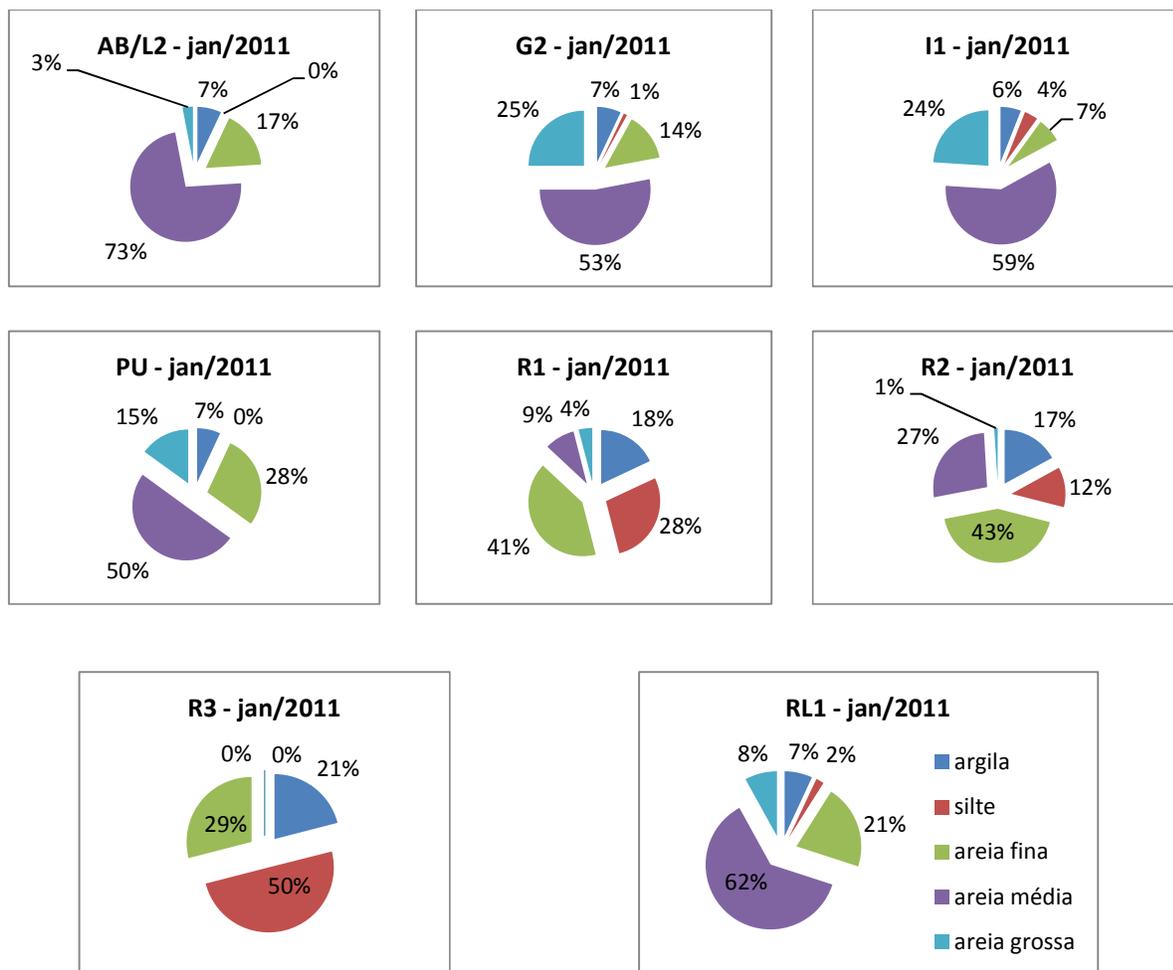


Figura 47 – Granulometria nas amostras de sedimento coletadas no período de janeiro de 2011.

Nos próximos gráficos, é possível verificar temporalmente, em cada ponto, a variação das frações do sedimento. Nota-se que os sistemas lóticos apresentaram frações mais homogêneas e fundamentalmente composta por areia média e fina. Já nos sistemas léticos a divisão dessas frações foi mais favorecida, com maior presença variada de todas as frações. O ponto R3, por exemplo, em algumas coletas, teve seu sedimento classificado como silto-argiloso.

Os pontos AB/L2 e RL1 apresentou predominância da fração de areia média em três períodos de coleta (abril e julho de 2010 e janeiro de 2011) e predominância da fração de areia fina na terceira coleta. Nos sedimentos dos pontos AB1 e RL2 a maior contribuição foi da fração de areia média durante a primeira coleta e de areia fina durante a segunda e terceira coleta. No ponto G1 verificou-se maior percentagem de areia média (45%) durante a primeira coleta, e grossa (38%) durante a segunda coleta e de areia fina (44%) e média (41%) na terceira coleta. O ponto G2 teve predominância da fração de areia média em todas as coletas. O ponto I1 caracterizou-se pela maior percentagem de areia fina e média (45%) durante a primeira coleta, fração de areia média predominante durante o período de julho de 2010 e janeiro de 2011 e de areia fina na terceira coleta. No ponto I2 a maior contribuição foi de areia fina durante a primeira e terceira coleta e de areia média durante a segunda coleta. A fração de areia média foi predominante no ponto JU nos períodos de abril e julho de 2010, enquanto que em L1 a maior contribuição foi de areia média durante a primeira e segunda coleta e de areia fina durante a terceira coleta. Com exceção da última coleta, quando a fração predominante é a de areia média, em todas as outras as frações foram de areia fina e média foram mais representativas no ponto PU. O ponto R1 apresentou maior contribuição de areia fina durante a segunda, terceira e quarta coleta e de areia fina e média durante a primeira coleta. O ponto R2 teve predominância de silte no período de abril e de areia fina nos outros períodos de coleta. Em R3 a maior percentagem foi da fração de areia fina durante primeira coleta e de silte durante as outras coletas.

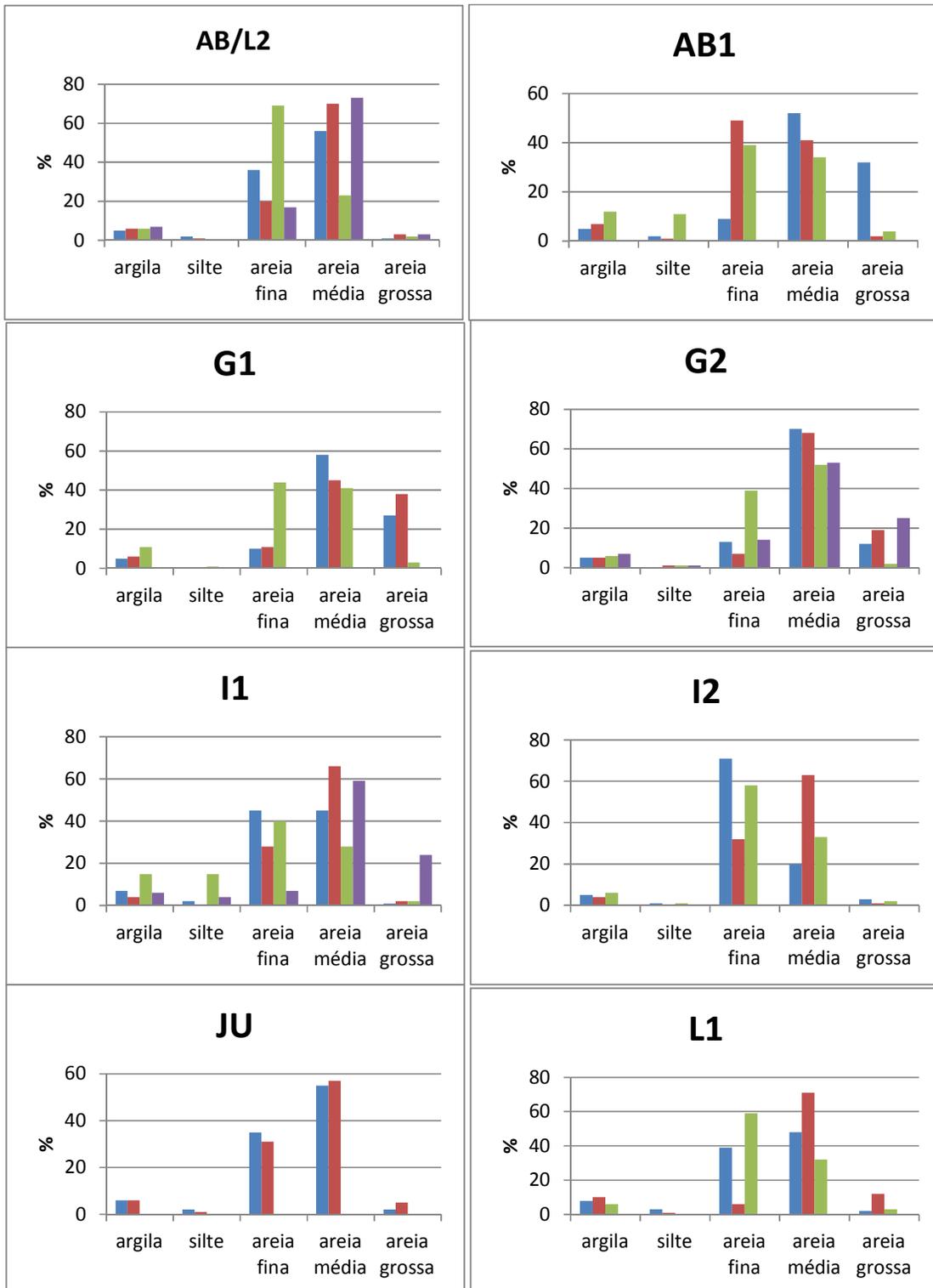


Figura 48 – Variação temporal da granulometria das amostras de sedimento durante o período de estudo. (continua)

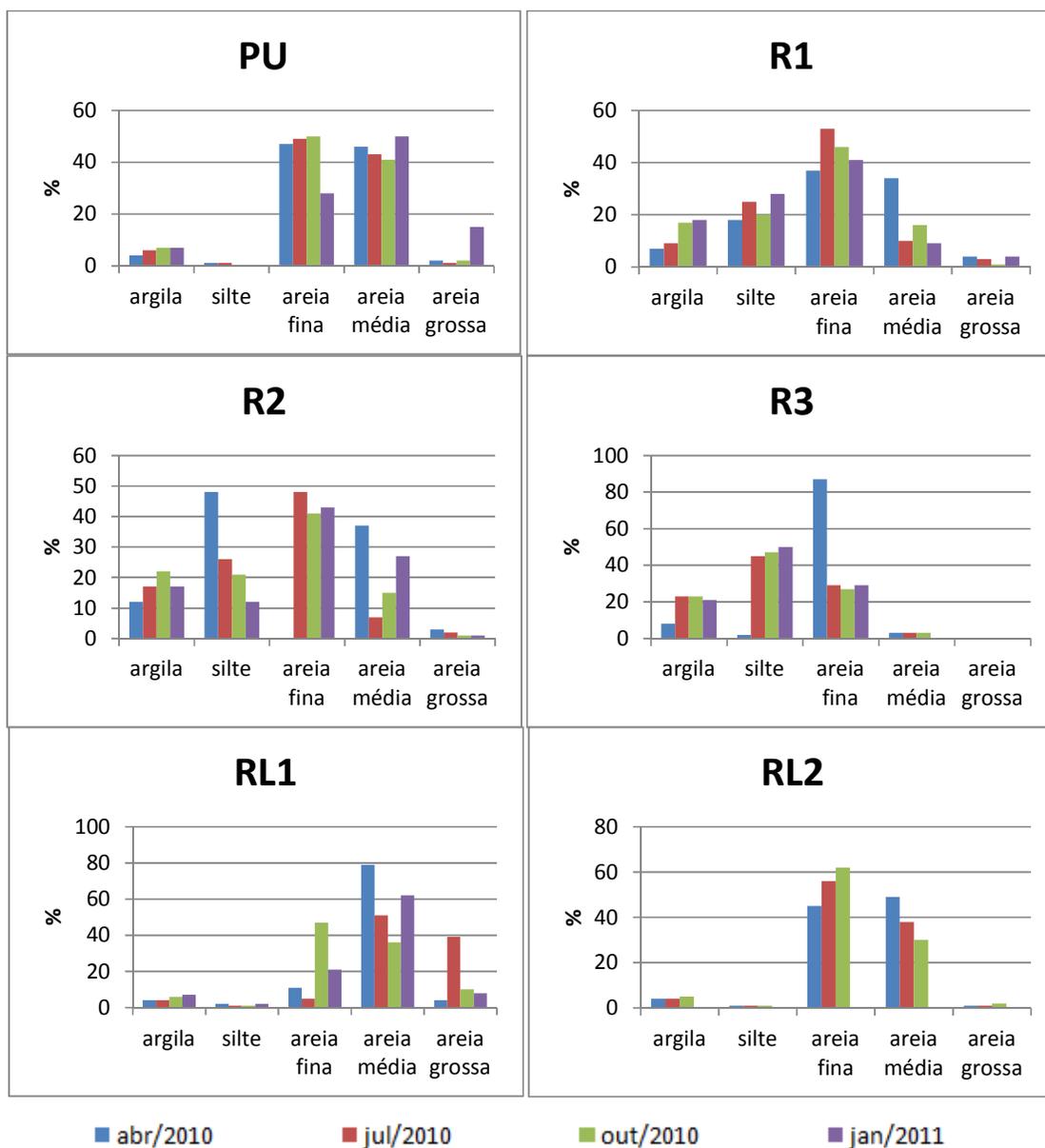


Figura 49 – Variação temporal da granulometria das amostras de sedimento durante o período de estudo. (continuação)

### 5.4.3 Fósforo total

As maiores concentrações de fósforo total foram encontradas no mês de outubro de 2010, com valores variando de 0,41 $\mu\text{g/g}$  (RL2) a 7,98 $\mu\text{g/g}$  (R1). Os menores valores foram verificados durante a primeira coleta e variaram de 0,08 $\mu\text{g/g}$  (G1, G2, I2 e PU) a 4,16 $\mu\text{g/g}$  (R3). Durante o mês de julho, o valor mínimo foi de 0,09 $\mu\text{g/g}$  (RL2) e o valor máximo de

5,46 $\mu\text{g/g}$  (R1). Na última coleta, as concentrações variaram de 0,18 $\mu\text{g/g}$  (G2) a 6,17 $\mu\text{g/g}$  (R1). Os valores obtidos encontram-se na Figura 50.

Com exceção da primeira coleta, durante todas as demais o ponto R1 apresentou maior concentração de fósforo total, atingindo o valor de 7,98 $\mu\text{g/g}$  durante a terceira coleta. Estes maiores valores podem ter sido influenciados pelo rio Itaqueri, que recebe efluentes da cidade de Itirapina, aumentando a carga fosfatada.

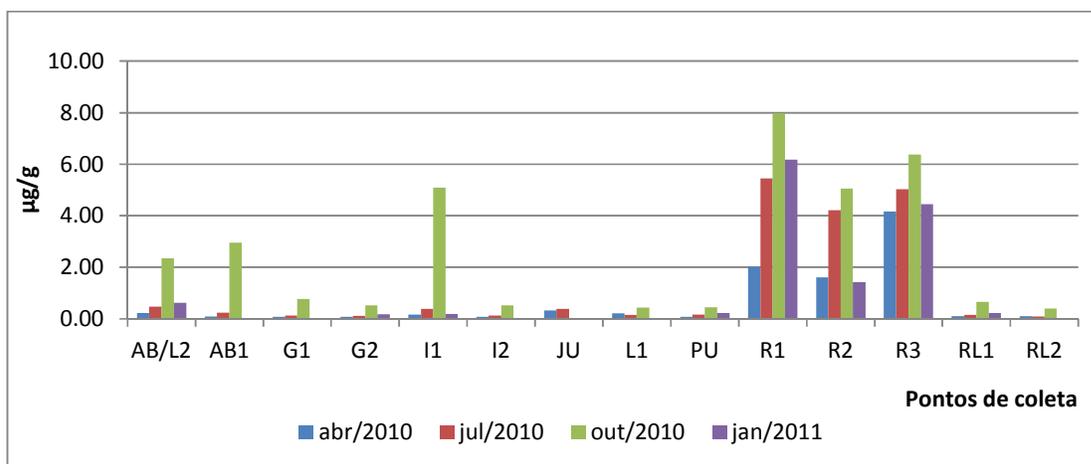


Figura 50 – Variação espacial e temporal de fósforo total das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

#### 5.4.4 Nitrogênio orgânico total

O nitrogênio orgânico total acompanhou o mesmo padrão do fósforo total e da matéria orgânica, com os maiores valores sendo observados na represa do Lobo (Figura 51). O valor máximo registrado durante a primeira coleta foi de 5,65% no ponto R3 e a mínima de 0,05% no ponto PU e R1. Em julho de 2010, os valores variaram de 0,02% (RL2) a 9,4% (R1). Durante a terceira coleta, detectou-se um valor máximo no ponto R3 (6,81%) e um valor mínimo de 0,07% (RL2). Na última coleta, os valores variaram de 0,02% (G2 e PU) a 4,43% (R3). Nota-se que os maiores valores foram observados nos pontos de amostragem localizados na represa, onde a percentagem de matéria orgânica é maior e, portanto, a retenção de nutrientes também.

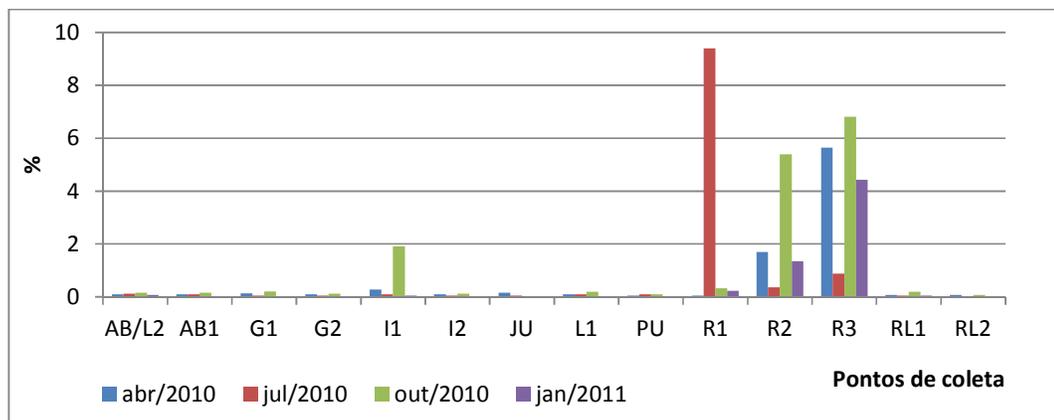


Figura 51 – Variação espacial e temporal das porcentagens de nitrogênio orgânico total das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

#### 5.4.5 Metais biodisponíveis no sedimento

Os metais presentes na camada sedimentar estão adsorvidos às partículas mais finas (argilas) e à fração orgânica do sedimento, podendo ser ressuspensos e liberados para a coluna d'água quando ocorre um distúrbio físico, químico ou biológico (bioturbação) neste compartimento (COSTA, 2001). Sendo assim, é muito importante o estudo da camada sedimentar uma vez que ela pode ser ressuspensa para água e influenciar o ecossistema aquático.

Os resultados demonstraram que os pontos de coleta que apresentaram maiores concentrações de metais foram aqueles com maiores porcentagens de matéria orgânica e argila no sedimento, isto é, os pontos de coleta localizados na represa. Os pontos de coleta que apresentaram, de modo geral, as menores concentrações de metais foram encontrados nos rios (G1, G2, PU e RL2), os quais também apresentaram maiores porcentagens de matéria inorgânica e cujos sedimentos eram compostos principalmente por areia. De modo geral, ainda se pode constatar que, durante a última coleta, houve uma diminuição significativa ou às vezes ausência de metais no sedimento, o que pode ser explicado pela maior remobilização do sedimento, não permitindo o acúmulo de metais no compartimento já que este é um período chuvoso.

## a) Chumbo

As concentrações de chumbo (Figura 52) no sedimento variaram de 2mg/Kg (G1) a 24,75mg/Kg (R3) durante a primeira coleta. No período de julho, foi registrada uma concentração máxima (20,25mg/Kg) no ponto R3 e uma concentração mínima (2mg/Kg) no ponto RL2. Durante a terceira coleta, as concentrações variaram de 1mg/Kg (G1 e L1) a 13,75mg/Kg (R1) e nos pontos AB/L2, G2, I2 e RL1 não foram constatadas concentrações de chumbo no compartimento do sedimento. Durante a última coleta, somente o ponto R3, com 5mg/Kg, apresentou chumbo em seu sedimento.

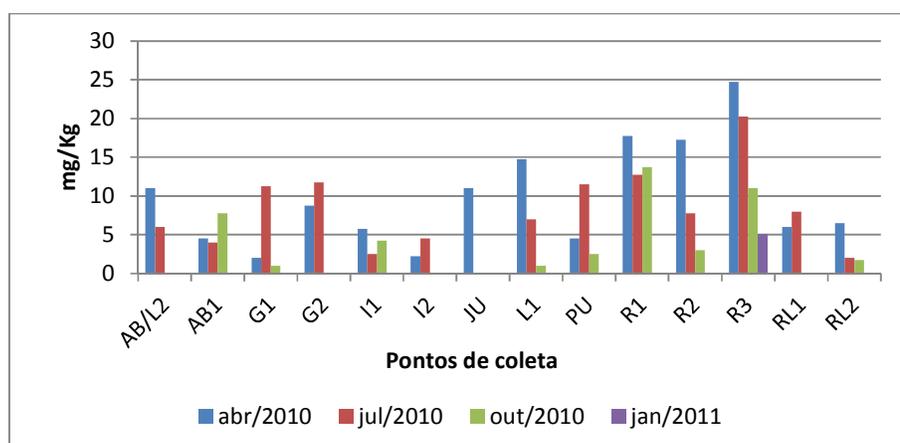


Figura 52 – Variação espacial e temporal da concentração de chumbo das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

## b) Níquel

Em abril de 2010, os valores de níquel (Figura 53) variaram de 0,025mg/Kg (G1 e L1) a 4,5mg/Kg (R3), sendo que nos pontos AB/L2 e RL2 a concentração foi igual a zero. Durante a segunda coleta, esta variação foi de 0,325mg/Kg (G2 e L1) a 4,575mg/Kg (R2) com os pontos G1, I1, I2, PU, RL1 e RL2 apresentando concentrações nulas. Em outubro, a maior concentração (4,55mg/Kg) foi encontrada no ponto R1 e as menores (0,2mg/Kg) nos pontos L1 e PU, com valores iguais a zero em G1 G1. Durante a última coleta as concentrações variaram de 0,175mg/Kg (PU) a 3,775mg/Kg (R1).

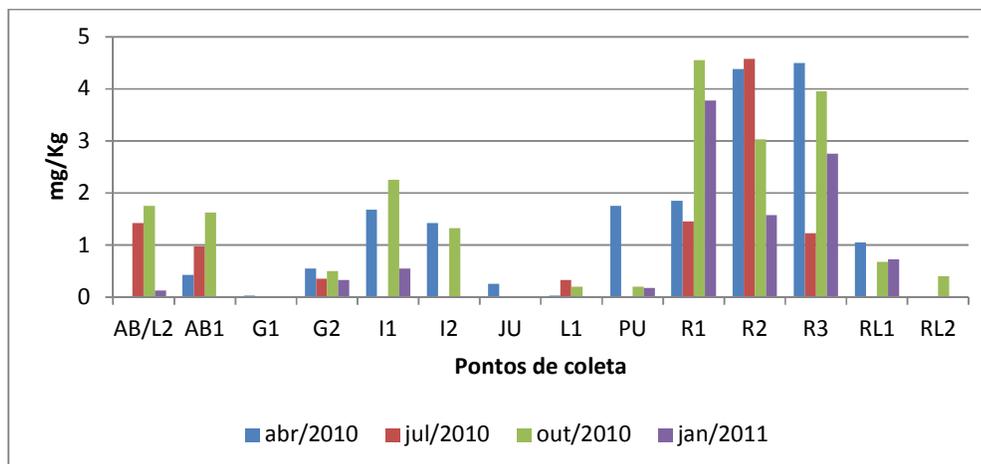


Figura 53 – Variação espacial e temporal de níquel das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

### c) Cádmio

As concentrações de cádmio (figura 54) foram nulas em todos os pontos durante a terceira e quarta coleta, que são períodos mais úmidos, o que reflete a maior remobilização do sedimento. Durante a primeira coleta, os valores de cádmio variaram de 0,025mg/Kg (L1) a 1,025mg/Kg (R3). Durante a segunda coleta, estes valores variaram de 0,05mg/Kg (L1) a 0,725mg/Kg (PU). Os pontos AB1, G1, G2, I2, JU, PU, R2, RL1 e RL2 apresentaram concentrações nulas durante a primeira coleta e os pontos AB1, G1, G2, I2, RL1 e RL2 durante a segunda coleta.

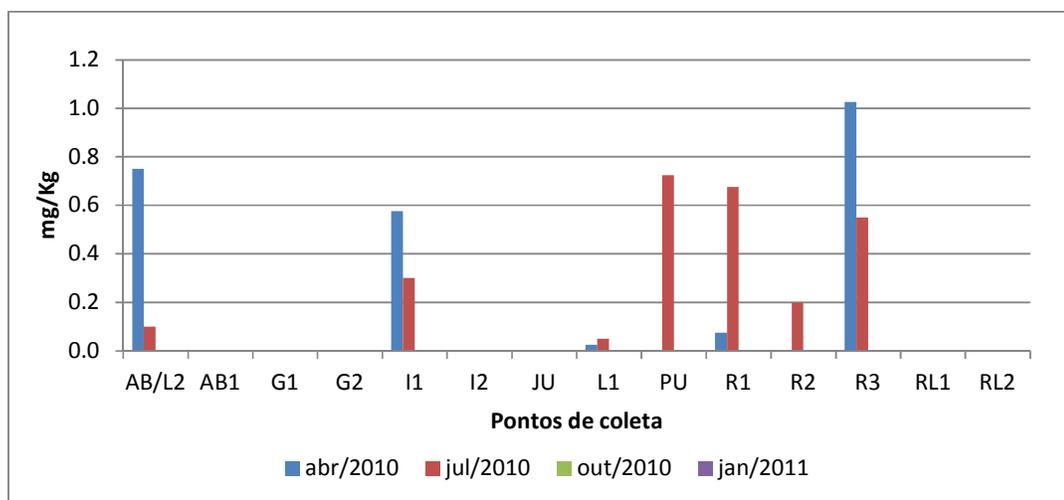


Figura 54 – Variação espacial e temporal da concentração de cádmio das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

## d) Cobre

As maiores concentrações de cobre (Figura 55) foram obtidas nos pontos de coleta localizados na represa. No sedimento classificado como orgânico, os valores de cobre variaram de 4,825mg/Kg (R1) a 16,4mg/Kg (R3), de 2,325mg/Kg (AB1) a 17,825mg/Kg (R2), de 10,525mg/Kg (R2) a 14,35mg/Kg (R1) e de 4,525mg/Kg (R2) a 14,3mg/Kg (R3), durante a primeira, segunda, terceira e quarta coleta, respectivamente. No restante dos sedimentos, classificados como inorgânicos, as concentrações de cobre variaram de 0,05mg/Kg (RL2) a 2,525mg/Kg (JU), com os pontos G1 e I2 apresentando ausência deste metal neste compartimento durante a primeira coleta; de 0,35mg/Kg (I2) a 1,175mg/Kg (L1) durante a segunda coleta; de 0,35mg/Kg (G1) a 10,775mg/Kg (I1), com os pontos AB/L2, G2, I2, L1, PU e RL2 apresentando ausência deste metal em outubro de 2010; e durante a última coleta não foram verificados cobre nas análises dos sedimentos.

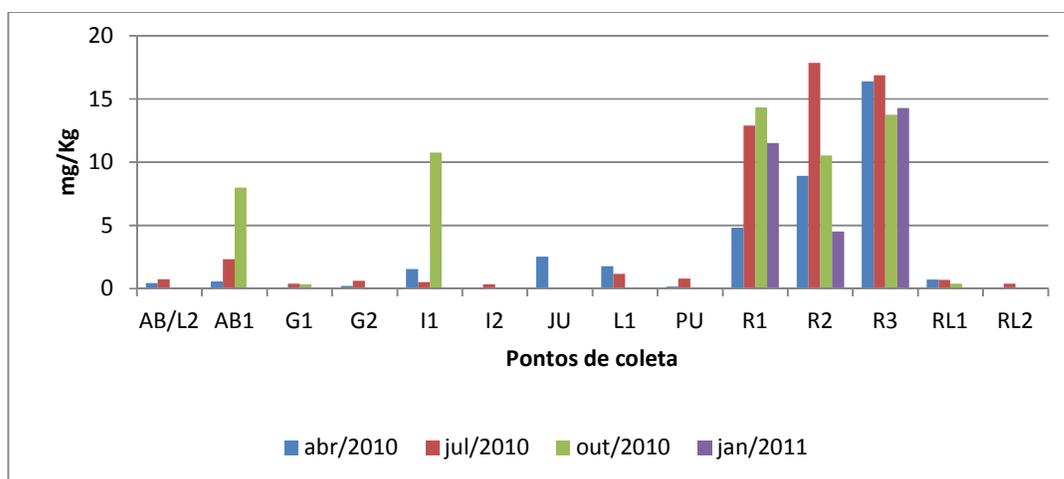


Figura 55 – Variação espacial e temporal da concentração de cobre das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

## e) Ferro

Verificou-se uma pequena variação temporal da concentração de ferro (Figura 56) no sedimento dos pontos de coleta da represa, enquanto que, em alguns dos outros pontos de amostragem (AB1, G1, G2 e I1), verificou-se um grande aumento de ferro na terceira coleta. Durante a primeira coleta, as concentrações de ferro no sedimento variaram de 65,95mg/Kg (G1) a 2494,82mg/Kg (R3). Em julho de 2010, estas concentrações variaram de 49,52mg/Kg (G1) a 2511,25mg/Kg (R3). Em outubro do mesmo ano, foi registrada uma máxima concentração de 2065,22mg/Kg (I1) e uma mínima de 99,3mg/Kg (RL2). As maiores

concentrações, durante a última coleta, foram encontradas nos pontos de coleta da represa, sendo que o ponto R3 apresentou a maior concentração (2078,49mg/Kg) e a menor concentração (101,67mg/Kg) foi registrada no ponto G2.

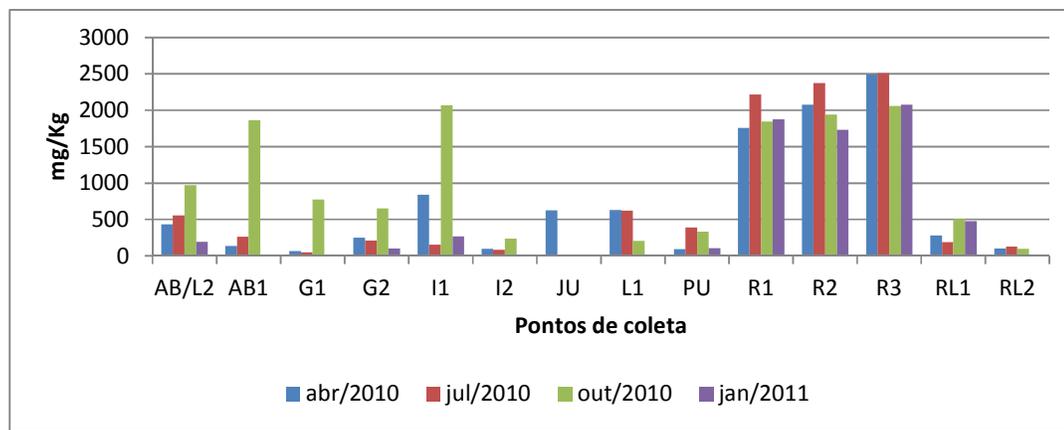


Figura 56 – Variação espacial e temporal da concentração de ferro das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

#### f) Magnésio

Os valores de concentração de magnésio (Figura 57) no sedimento variaram de 7,983mg/Kg (G1) a 78,155mg/Kg (R3) durante a primeira coleta. Em julho, estes valores variaram de 15,888mg/Kg (G1) a 140,703mg/Kg (R1). Em outubro, foi registrado uma concentração máxima de 104,608mg/Kg (I1) e uma concentração mínima de 0,723mg/Kg (RL2) e no ponto de coleta I1 não foi constatado magnésio no sedimento. Durante a última coleta, as concentrações variaram de 2,008mg/Kg (AB/L2) a 106,278mg/Kg (R1).

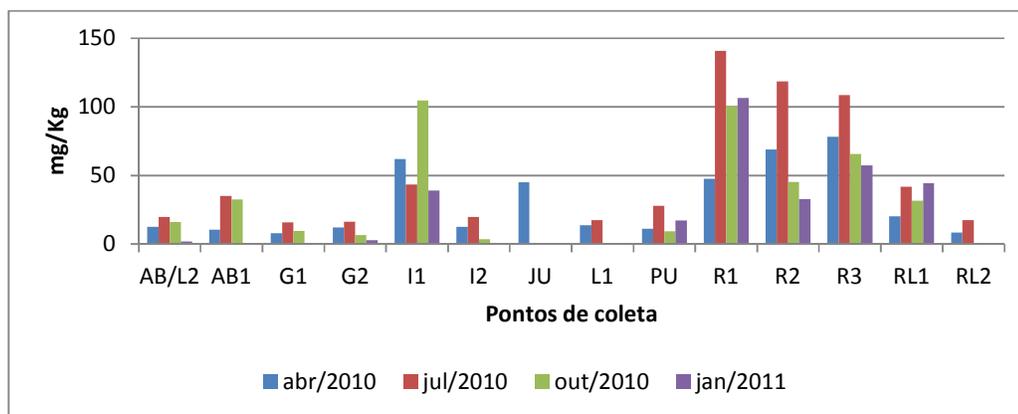


Figura 57 – Variação espacial e temporal da concentração de magnésio das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

## g) Manganês

Notou-se que em alguns pontos (G1, G2, L1 e PU) as concentrações de manganês foram bem menores em relação as maiores concentrações que foram obtidas na represa. As menores concentrações obtidas durante as coletas foram, respectivamente, de 0,025mg/Kg (G1), 0,05mg/Kg (G1), 3,025mg/Kg (I2) e 13,925mg/Kg (I1). Nos pontos de coleta G1, L1, PU e RL2 não foram detectados o referido metal, o que também ocorreu em AB/L2, G2 e PU na última coleta. As maiores concentrações deste metal foram de 224,3mg/Kg (R3), 280,25mg/Kg (R3), 631,07mg/Kg (I1) e de 166,7mg/Kg (R1), como apresentado na Figura 58.

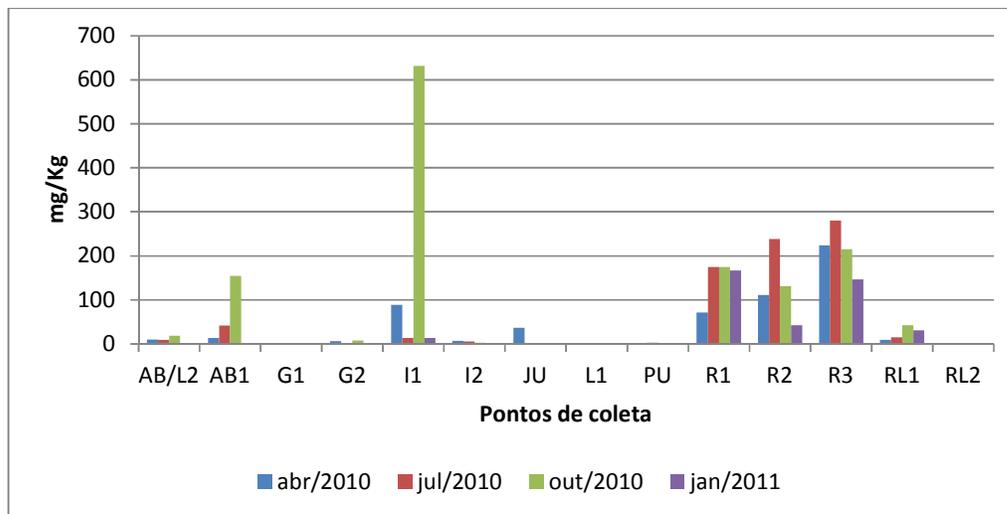


Figura 58 – Variação espacial e temporal da concentração de manganês das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

## h) Zinco

As concentrações de zinco (Figura 59) no sedimento foram, em muitos pontos de coleta dos rios, consideradas nulas. Durante a primeira e última coleta, todos os pontos de amostragem localizados nos tributários apresentaram concentrações nulas. Em julho de 2010 os pontos de coleta G1, G2, I1, I2, L1, PU, RL1 e RL2 apresentaram também concentrações nulas. Durante a terceira coleta, os pontos que apresentaram concentrações nulas foram os G1, G2, I2, L1, PU, RL1 e RL2.

As concentrações deste metal variaram de 19,715mg/Kg (R1) a 38,643mg/Kg (R2) durante a primeira coleta. Em julho de 2010 variaram de 0,393mg/Kg (AB1) a 59,27mg/Kg (R2). Durante a terceira coleta estas concentrações variaram de 1,035mg/Kg (AB/L2) a

64,26mg/Kg (R1) na última coleta foi obtida uma concentração mínima de 13,093mg/Kg (R2) e uma máxima de 44,015mg/Kg (R1).

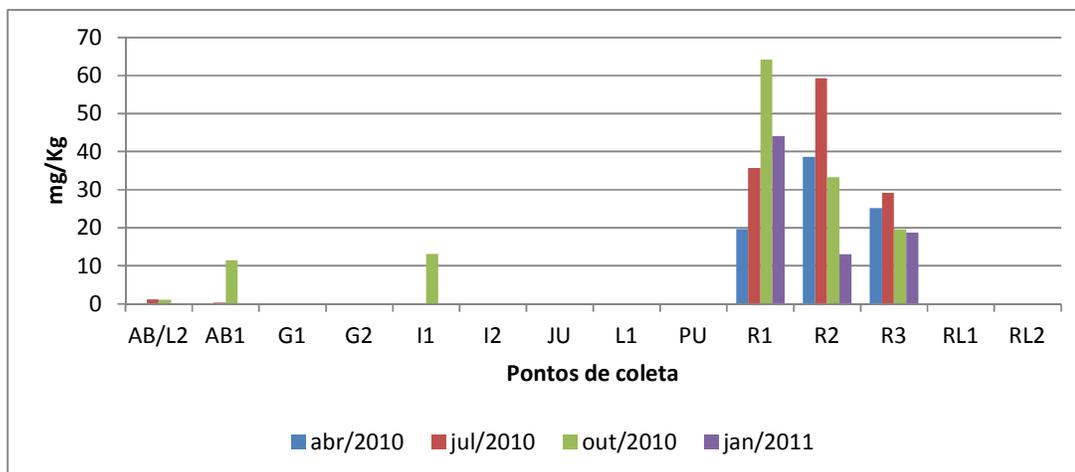


Figura 59 – Variação espacial e temporal da concentração de zinco das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

#### i) Cromo

O cromo somente esteve presente no sedimento nos pontos de coleta amostrados durante a primeira e segunda coleta. Na primeira coleta nos pontos I1 e RL1 as concentrações foram iguais a zero. Durante a primeira coleta, a menor concentração de cromo obtida no sedimento foi de 0,15mg/Kg (G2) e a maior (5,35mg/Kg) no ponto R2. Em julho, as concentrações deste metal variaram de 1,45mg/Kg (AB/L2) a 5,175mg/Kg (AB1), como apresentado na Figura 60.

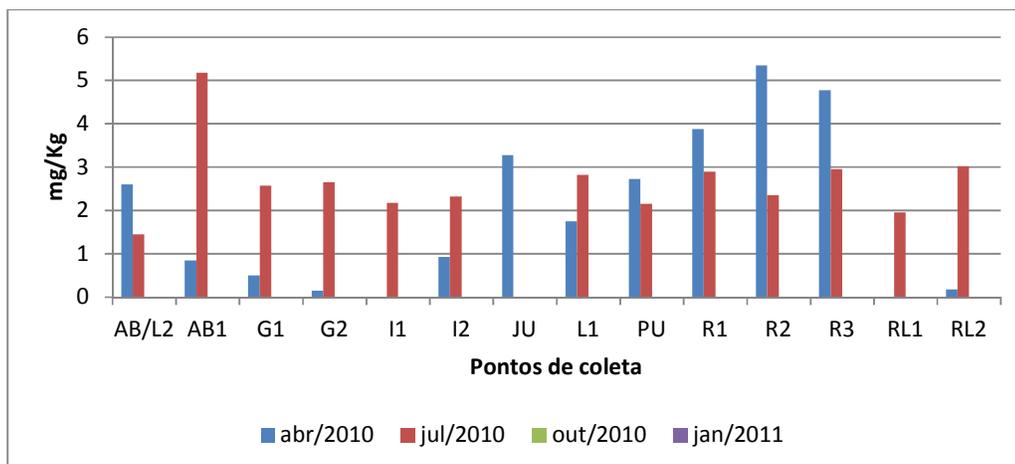


Figura 60 – Variação espacial e temporal da concentração de cromo das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

## j) Cobalto

Durante a primeira coleta (Figura 61), somente os pontos R2, R3 e RL1 apresentaram concentrações de cobalto no sedimento. Estas concentrações variaram de 0,125mg/Kg (RL1) a 2,225mg/Kg (R2). Em julho de 2010, somente os pontos da represa apresentaram concentrações de cobalto neste compartimento, sendo obtido valor máximo de 7,85mg/Kg (R3) e mínimo de 1,475mg/Kg (R1). Durante a terceira coleta, os pontos AB/L1, G1, G2, I2, L1, PU, RL1 e RL2 apresentaram concentrações iguais a zero neste compartimento e os valores significativos variaram de 0,425mg/Kg (R3) a 7,675mg/Kg (I1). Já na última coleta, somente o ponto R1 apresentou concentração de cobalto no compartimento de sedimento (1,025mg/Kg)

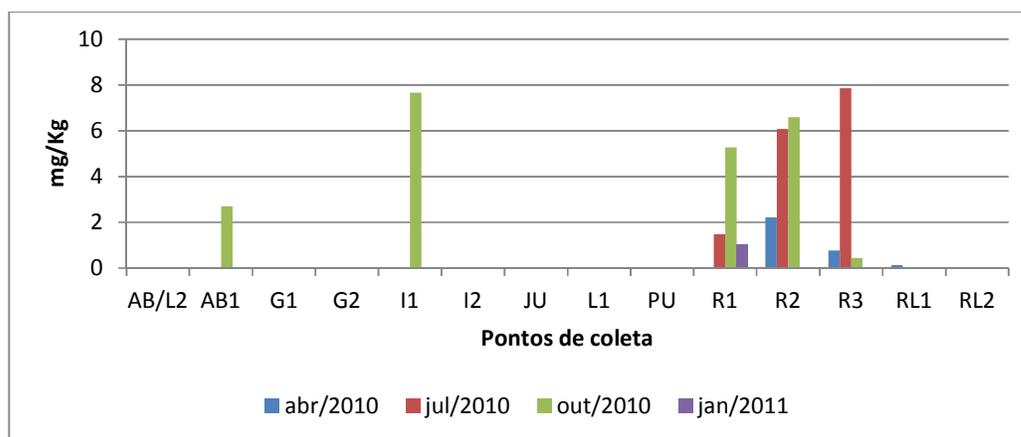


Figura 61 – Variação espacial e temporal da concentração de cobalto das amostras de sedimento coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

#### 5.4.6 Avaliação dos metais biodisponíveis

A fração biodisponível de um metal é responsável pela contaminação dos organismos bentônicos e da coluna d'água, sendo a cadeia trófica a rota responsável pela bioacumulação ou biomagnificação (TONISSI, 1999). Portanto, é de extrema importância a análise feita neste presente trabalho.

A resolução CONAMA 357 não estabelece limite de concentração de metais biodisponíveis em sedimento. Sendo assim, os valores foram comparados com o “*Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of the Aquatic Life* (2002)”, que estabelece as

concentrações de metais que podem ou não causar efeitos adversos nos organismos aquáticos. Os limites estabelecidos para alguns metais estão descritos na Tabela 8, segundo o *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of the Aquatic Life* (2002), onde PEL é *Probable effect level*, ou seja, concentração acima da qual é frequentemente esperado efeitos adversos para os organismos. Nota-se, portanto, que as concentrações de chumbo, cádmio, cobre, zinco ou cromo não excederam o limite estabelecido em nenhum dos pontos de amostragem e em nenhuma coleta. Como observado pela análise de risco ecológico da área feita por Sanchez (2012), o sedimento se encontra adequado para manutenção ecológica em relação à linha de evidência química. Verifica-se, ainda, que como os metais ficam adsorvidos nas menores frações dos sedimentos, as maiores concentrações de metais foram observadas nos pontos de coleta localizados na represa, os quais se verificou a predominância de frações mais finas (como a argila e silte).

Tabela 8 – Limites de concentração de alguns metais em sedimento estabelecidos pelo *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of the Aquatic Life* (2002) e concentrações máximas obtidas.

Substância	Chumbo	Cádmio	Cobre	Zinco	Cromo
PEL	91,3mg/Kg	3,5 mg/Kg	197mg/Kg	315mg/Kg	90mg/Kg
concentrações máximas obtidas	24,75mg/Kg	1,025mg/Kg	17,825mg/Kg	64,26mg/Kg	5,35mg/Kg

## 5.5 Análise dos dados de sedimento

Para todos os períodos, foi feita uma PCA para verificar a sazonalidade. Os três primeiros componentes explicaram juntos 72,66% da variância total dos dados. A partir disso, foi feito um dendrograma resultante da análise de agrupamento com as variáveis físicas e químicas dos sedimentos de todos os períodos. Foram identificados três grupos a um nível de corte de 0,65 na distância euclidiana. Não foi constatada sazonalidade bem definida para o sedimento. Mesmo assim, optou-se por trabalhar separadamente os quatro períodos de amostragem, sendo feita uma PCA para cada coleta. Em cada PCA, foram verificados quais os parâmetros físicos e químicos mais importantes para a avaliação do sedimento, que foram aqueles com fatores de explicação próximos de 1. Posteriormente, utilizando as variáveis mais importantes,



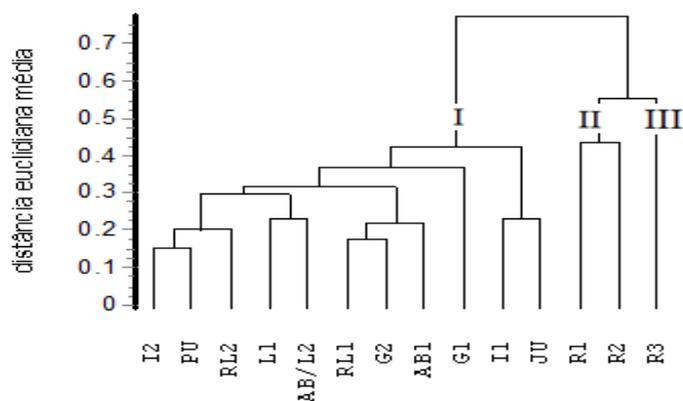


Figura 63 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de abril de 2010 com os dados das variáveis limnológicas do sedimento (CCC = 0,8904).

Na PCA feita para a segunda coleta (Figura 64), os três primeiros componentes explicaram juntos 74,76% da variância total dos dados. A análise de agrupamento também apresentou CCC satisfatório (0,09260). A partir do dendrograma obtido, a um nível de corte de 0,6 na distância euclidiana média, foi possível distinguir três grupos. O primeiro grupo foi constituído pelos pontos I1, I2, RL2, AB/L2, PU, AB1, RL1, L1, G1 e G2. O segundo grupo foi formado pelo ponto JU. O grupo III foi formado pelos pontos R2, R3 e R1.

Todos os grupos, quando comparados com os valores do *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of the Aquatic Life* (2002), não apresentaram valores insatisfatórios para os metais.

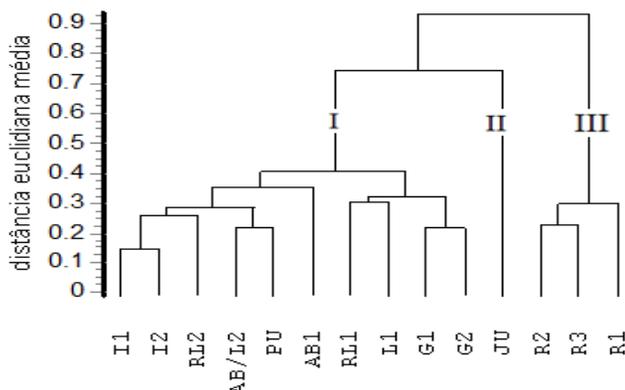


Figura 64 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de julho de 2010 com os dados das variáveis limnológicas do sedimento (CCC = 0,9260).

Para a terceira coleta (Figura 65), a PCA mostrou que os três primeiros componentes explicaram juntos 85,58% da variância total dos dados. A análise de agrupamento também

apresentou CCC satisfatório (0,9228). A partir do dendrograma obtido, a um nível de corte de 0,5 na distância euclidiana média, foi possível distinguir dois grupos, sendo o primeiro constituído pelos pontos I2, G2, AB/L2, RL1, RL2, L1, G1 e PU e o segundo pelos pontos I1, R2, AB1, R1 e R3.

Todos os grupos, quando comparados com os valores do *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of the Aquatic Life* (2002), não apresentaram valores insatisfatórios para os metais. Porém, os pontos AB1 e I1 do grupo II, apresentaram maiores teores de argila e silte no sedimento excepcionalmente nessa coleta e também apresentaram valores mais elevados dos metais ferro, manganês, cobre, cobalto e zinco.

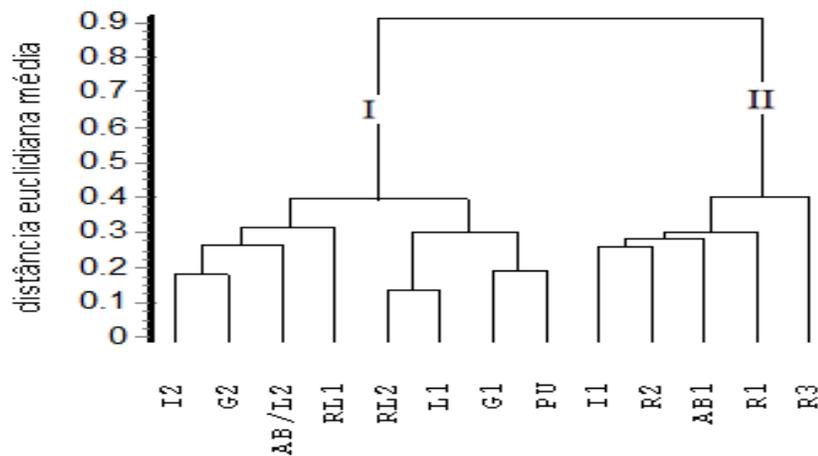


Figura 65 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de outubro de 2010 com os dados das variáveis limnológicas do sedimento (CCC = 0,9228).

Para a última coleta (Figura 66), a PCA mostrou que os três primeiros componentes explicaram juntos 85,46% da variância total dos dados. A análise de agrupamento também apresentou CCC satisfatório (0,8583). A partir do dendrograma obtido, a um nível de corte de 0,65 na distância euclidiana média, foi possível distinguir dois grupos. O primeiro grupo foi constituído pelos pontos G2, PU, AB/L2, I1 e RL1 e o segundo pelos pontos R1, R2 e R3.

Todos os grupos, quando comparados com os valores do *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of the Aquatic Life* (2002), não apresentaram valores insatisfatórios para os metais.

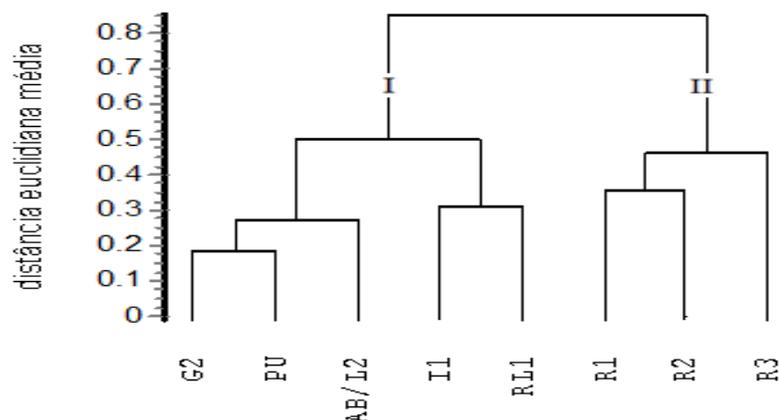


Figura 66 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de janeiro de 2011 com os dados das variáveis limnológicas do sedimento (CCC = 0,8583).

Pode-se concluir que os sedimentos da bacia hidrográfica em estudo estão separados em função das características dos sistemas lóticos e lânticos. O primeiro é caracterizado por apresentar baixos teores de matéria orgânica, nutrientes e metais adsorvidos ao sedimento, além de altas porcentagens da fração areia na composição granulométrica. Os pontos de coleta localizados na represa são caracterizados pela presença de altos teores de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, e metais, devido à granulometria do sedimento, que apresenta maior contribuição das frações mais finas (argila, silte e areia fina).

## 5.6 Teste de toxicidade crônica com amostras de água

### 5.6.1 Avaliação do crescimento algáceo

Os resultados obtidos nos testes de toxicidade com as amostras de água estão apresentados nas Tabelas 9 a 12 e Figura 67. Pelos resultados obtidos verifica-se que algumas amostras inibiram o crescimento das algas quando comparado ao controle, o que pode ter ocorrido em função de diversos fatores, desde pH, que potencializa os efeitos da toxicidade de metais, até turbidez e presença de contaminantes. Na coleta de abril de 2010, por exemplo, verifica-se que somente os pontos de coleta G2, I2 e RL2 apresentaram densidade celular acima do controle, enquanto a menor densidade celular foi obtida em R1. No entanto, na

coleta de julho/2010, todas as amostras (exceto G2, I1 e R2) apresentaram densidade celular inferior à obtida no controle, o que também foi verificado em outubro/2010 e janeiro de 2011 (Tabelas 10 e 11).

Tabela 9 – Resultados da densidade celular de *P. subcapitata* referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em abril de 2010.

Pontos de coleta	Densidade (células x10 <sup>6</sup> /mL)				Toxicidade
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Média	
controle	5,49	4,94	5,31	5,25	-
AB/L2	4,43	4,63	4,49	4,52	-
AB1	2,99	3,47	3,65	3,37	*
G1	5,47	4,75	5,12	5,11	-
G2	7,07	6,08	4,15	5,77	-
I1	5,48	4,05	4,7	4,74	-
I2	7,01	4,62	8,24	6,62	-
JU	4,51	5,65	3,56	4,57	-
L1	5,42	4,82	4,77	5,00	-
PU	4,04	4,19	4,64	4,29	-
R1	3,83	3,44	2,69	3,32	*
R2	3,29	4,52	4,18	4,00	-
R3	4,25	5,57	5,84	5,22	-
RL1	4,11	3,04	4,71	3,95	-
RL2	5,13	7,66	6,4	6,40	-

Tabela 10 – Resultados da densidade celular de *P. subcapitata* referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em julho de 2010.

<b>Densidade (células x10<sup>6</sup>/mL)</b>					
<b>Pontos de coleta</b>	<b>Réplica 1</b>	<b>Réplica 2</b>	<b>Réplica 3</b>	<b>Média</b>	<b>Toxicidade</b>
<b>controle</b>	5,93	4,52	5,49	5,31	-
<b>AB/L2</b>	2,96	3,64	2,48	3,03	*
<b>AB1</b>	4,35	3,18	2,95	3,49	*
<b>G1</b>	5,32	4,27	4,93	4,84	-
<b>G2</b>	4,4	4,57	4,15	4,37	-
<b>I1</b>	3,65	3,58	3,87	3,70	*
<b>I2</b>	3,8	2,33	3,43	3,19	*
<b>JU</b>	4,45	5,63	3,79	4,62	-
<b>L1</b>	5,05	5,06	5,03	5,05	-
<b>PU</b>	3,56	4,39	3,53	3,83	*
<b>R1</b>	4,22	1,31	2,78	2,77	*
<b>R2</b>	5,2	4,76	2,41	4,12	*
<b>R3</b>	3,27	3,19	3,23	3,23	*
<b>RL1</b>	4,37	5,09	5,14	4,87	-
<b>RL2</b>	4,93	4,81	4,88	4,87	-

Tabela 11 – Resultados da densidade celular de *P. subcapitata* referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em outubro de 2010.

<b>Densidade (células x10<sup>6</sup>/mL)</b>					
<b>Pontos de coleta</b>	<b>Réplica 1</b>	<b>Réplica 2</b>	<b>Réplica 3</b>	<b>Média</b>	<b>Toxicidade</b>
<b>controle</b>	5,39	4,89	5,38	5,22	-
<b>AB/L2</b>	3,86	3,67	2,61	3,38	*
<b>AB1</b>	2,54	2,01	1,73	2,09	*
<b>G1</b>	4,71	4,59	4,53	4,61	-
<b>G2</b>	4,35	4,89	4,18	4,47	-
<b>I1</b>	2,44	2,45	1,96	2,28	*
<b>I2</b>	4,59	3,86	4,53	4,33	*
<b>JU</b>	3,63	2,82	2,61	3,02	*
<b>L1</b>	4,79	4,67	0	4,73	-
<b>PU</b>	5,11	3,81	5,75	4,89	-
<b>R1</b>	3,86	1,8	2,18	2,61	*
<b>R2</b>	3,94	4,18	4,59	4,24	-
<b>R3</b>	2,74	5,21	3,09	3,68	-
<b>RL1</b>	4,36	2	3,82	3,39	-
<b>RL2</b>	4,86	4,42	3	4,09	-

Tabela 12 – Resultados da densidade celular de *P. subcapitata* referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em janeiro de 2011.

Densidade (células x10 <sup>6</sup> /mL)					
Pontos de coleta	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	Média	Toxicidade
controle	4,17	4,56	3,76	4,16	-
AB/L2	3,38	2,81	3,43	3,21	-
AB1	3,77	3,62	1,83	3,07	-
G1	Amostra não coletada no período				
G2	3,87	4,43	4,47	4,26	-
I1	5,72	2,97	4,2	4,30	-
I2	Amostra não coletada no período				
JU	3,24	3,01	3,55	3,27	-
L1	Amostra não coletada no período				
PU	3,27	1,83	3,55	2,88	-
R1	3,51	3,01	3,86	3,46	-
R2	4,87	4,33	3,73	4,31	-
R6	3,19	2,9	3,32	3,14	-
RL1	3,55	3,99	3,44	3,66	-
RL2	Amostra não coletada no período				

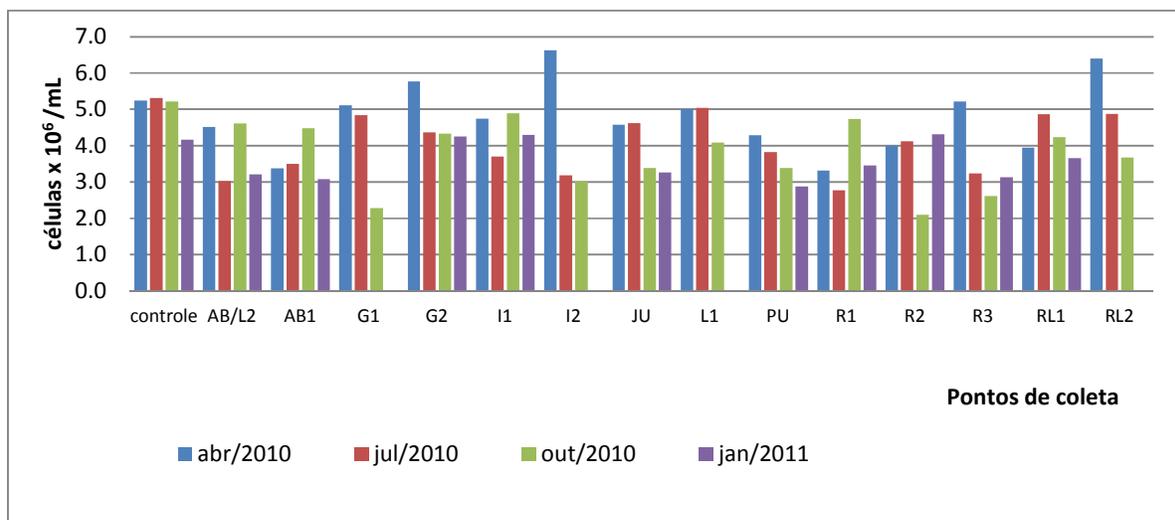


Figura 67 – Valores de densidade celular obtidos nos testes de toxicidade crônica das amostras de água coletadas nos períodos de abril, julho e outubro de 2010 e janeiro de 2011.

Para saber se essa diferença de crescimento foi significativa e assim constatar a toxicidade usou-se o programa TOXTAT. Através dele constatou-se diferença estatística significativa apenas em dois pontos (AB1 e R1) para a primeira coleta (abril/2010). Por

apresentar diferença estatística significativa, estas amostras foram consideradas tóxicas, uma vez que houve inibição do crescimento algáceo em relação ao controle. Para a segunda coleta, oito dos 14 pontos (I1, I2, PU, AB/L2, AB1, R1, R2 e R3) foram considerados tóxicos pelo mesmo motivo. Durante a terceira coleta, os pontos AB/L2, AB1, I1, I2, JU e R1 também foram considerados tóxicos. Na última coleta, apesar da diferença entre as amostras e o controle, a análise estatística não indicou toxicidade para nenhuma das amostras de água. Contudo, Sanchez (2012), observou maior risco ecológico na terceira coleta, quando analisou a linha de evidência ecotoxicológica

### **5.6.2 Avaliação da concentração de clorofila a**

Além da densidade celular, também se realizou a avaliação da concentração de clorofila a (Tabela 13). Através das concentrações de clorofila a obtidas verifica-se que as concentrações foram maiores durante a segunda coleta. O período de julho é caracterizado como seco e foram obtidos baixos valores de turbidez. Esses baixos valores de turbidez podem ter contribuído para uma maior produção de clorofila. Já na quarta coleta, período chuvoso, foi detectado altos valores de turbidez dando pouco aporte à produção de clorofila. Porém, durante as duas coletas analisadas, as concentrações de clorofila das amostras analisadas apresentaram valores bem maiores que o controle, o que reflete a grande quantidade de nutrientes disponíveis e suficientes para a produção de clorofila. Os resultados obtidos através do TOXTAT, apresentados em anexo, demonstram que não houve diferença significativa em relação ao controle. A seguinte tabela também expressa a concentração de clorofila por réplica nas duas coletas (segunda e terceira) analisadas.

Tabela 13 – Resultados da concentração de clorofila de *P. subcapitata* referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em abril de 2010 e janeiro de 2011.

Pontos de coleta	jul/2010				jan/2011			
	Concentração de clorofila (µg/L)			Toxicidade	Concentração de clorofila (µg/L)			Toxicidade
	Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3		Réplica 1	Réplica 2	Réplica 3	
Controle	1341,99	717,03	1618,20	-	181,35	274,54	238,20	-
AB/L2	2237,58	2098,08	2259,90	-	312,13	318,76	385,58	-
AB1	2000,43	1899,99	1975,32	-	406,22	396,18	504,99	-
G1	2011,59	1601,46	1841,40	-				
G2	1534,50	1821,87	2148,30	-	298,88	311,09	299,58	-
I1	1869,30	1983,69	1793,97	-	288,42	245,52	83,70	-
I2	1713,06	1520,55	2248,74	-				
JU	2226,42	1933,47	1791,180	-	349,10	362,00	329,57	-
L1	412,92	2131,56	2463,57	-				
PU	1785,60	1838,61	2354,76	-	288,49	229,83	393,95	-
R1	1286,19	1107,63	1612,62	-	333,13	316,94	382,79	-
R2	2008,80	1966,95	1177,38	-	366,05	392,83	343,17	-
R6	1623,78	1863,72	1701,90	-	377,21	387,81	433,57	-
RL1	1994,85	2050,65	1693,53	-	303,76	299,58	316,67	-
RL2	2156,67	1925,10	2084,13	-				

### 5.6.3 Avaliação do biovolume e do conteúdo de carbono

Também foi realizada a avaliação do biovolume e do conteúdo de carbono (Tabela 14 e 15). Através do biovolume e do conteúdo de carbono obtidos verifica-se que as concentrações foram maiores durante a quarta coleta. O período de janeiro é chuvoso e, portanto, há maior diluição e mistura. Esses fatores característicos do período podem ter contribuído para um maior valor de biovolume e de conteúdo de carbono. Porém, durante todas as coletas, os valores de biovolume e de conteúdo de carbono das amostras analisadas foram bem maiores que o controle em sua grande maioria, o que reflete a grande quantidade de nutrientes disponíveis. Não foi detectada nenhuma diferença estatística significativa em relação ao biovolume e, conseqüentemente, em relação ao conteúdo de carbono, como apresentado no Apêndice B e C. A seguinte tabela também expressa o conteúdo de carbono e o biovolume das amostras analisadas.

Tabela 14 – Resultados do biovolume e do conteúdo de carbono de *P. subcapitata* referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em abril e julho de 2010.

Pontos	abr/2010			jul/2010		
	Biovolume (µm <sup>3</sup> )	Teor de carbono	Toxicidade	Biovolume (µm <sup>3</sup> )	Teor de carbono	Toxicidade
Controle	1,29	0,16	-	1,12	0,14	-
AB/L2	1,34	0,16	-	1,43	0,18	-
AB1	1,30	0,16	-	1,66	0,21	-
G1	1,44	0,18	-	1,41	0,17	-
G2	1,52	0,19	-	1,35	0,17	-
I1	1,38	0,17	-	1,55	0,19	-
I2	1,52	0,19	-	1,48	0,18	-
JU	1,49	0,18	-	1,44	0,18	-
L1	1,61	0,20	-	1,75	0,22	-
PU	1,49	0,18	-	1,35	0,17	-
R1	1,40	0,17	-	1,79	0,22	-
R2	1,33	0,16	-	1,75	0,22	-
R3	1,99	0,25	-	1,79	0,22	-
RL1	1,51	0,19	-	1,81	0,22	-
RL2	1,38	0,17	-	1,75	0,22	-

Tabela 15 – Resultados do biovolume e do conteúdo de carbono de *P. subcapitata* referente aos testes de toxicidade das amostras de água coletadas em outubro de 2010 e janeiro de 2011.

Pontos	out/2010			jan/2011		
	Biovolume (µm <sup>3</sup> )	Teor de carbono	Toxicidade	Biovolume (µm <sup>3</sup> )	Teor de carbono	Toxicidade
Controle	1,31	0,16	-	0,73	0,09	-
AB/L2	1,48	0,18	-	1,41	0,17	-
AB1	1,25	0,15	-	1,44	0,18	-
G1	1,60	0,20	-			
G2	1,40	0,17	-	1,40	0,17	-
I1	1,37	0,17	-	1,41	0,17	-
I2	1,26	0,15	-			
JU	1,36	0,17	-	1,60	0,20	-
L1	1,32	0,16	-			
PU	1,34	0,16	-	1,29	0,16	-
R1	1,32	0,16	-	1,22	0,15	-
R2	1,62	0,20	-	1,46	0,18	-
R3	1,28	0,16	-	1,64	0,20	-
RL1	1,83	0,23	-	1,38	0,17	-
RL2	1,42	0,17	-			

### 5.7 Teste de sensibilidade

Os testes de sensibilidade foram realizados rotineiramente, totalizando seis testes durante o período de estudo. Os resultados obtidos estão apresentados na Figura 68, verificando que a faixa de sensibilidade de *P. subcapitata* estava dentro dos limites estabelecidos, com valor médio de 3,14 g/L de NaCl.

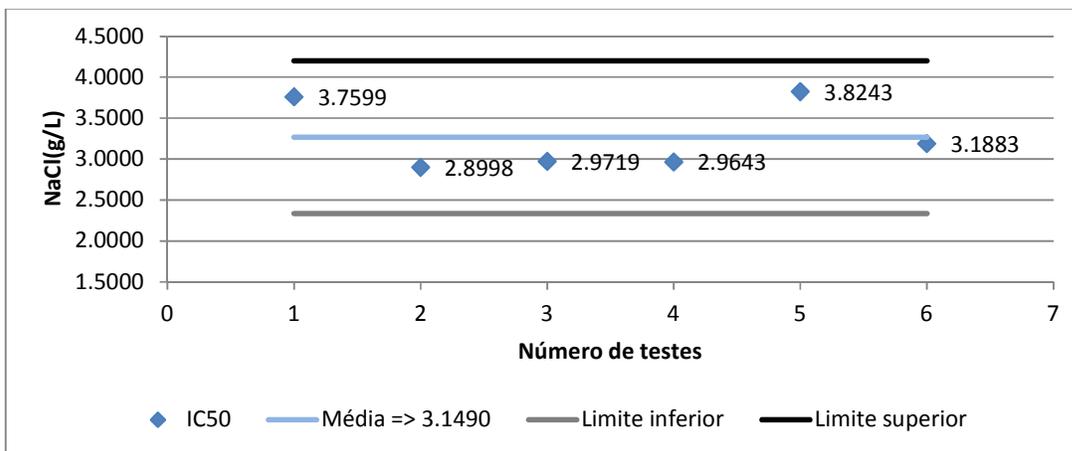


Figura 68 – Sensibilidade de *P. subcapitata* ao cloreto de sódio após 96 horas de exposição. CV (Coeficiente de Variação) de 12,79.

## 6. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento da pesquisa e após análise dos dados gerais obtidos para as amostras de água, sedimento e testes de toxicidade, conclui-se que:

- a) De acordo com o protocolo de avaliação de habitats, a presença e/ou extensão de vegetação ripária são as duas variáveis que receberam menor pontuação na avaliação, o que representa que na maioria dos corpos hídricos a vegetação está parcial ou totalmente suprimida. Como consequência, em muitos dos locais amostrados os resultados da qualidade da água ou sedimento refletiram esta condição. Os locais com vegetação ciliar mais preservada, como G1 e L1, são aqueles em que as variáveis ambientais apresentaram menores variações no período de estudo, refletindo a função de retenção exercida pelo sistema florestal. O contrário foi observado para AB1 e PU.
- b) Além dos efeitos ocasionados pela ausência da mata ciliar, verificou-se que o efluente da Estação de Tratamento de Esgoto do município de Itirapina ainda exerce influência sobre a qualidade da água, principalmente na estação de coleta AB/L2. Nesta estação de coleta a maioria das variáveis analisadas se mostrou em desconformidade com a resolução CONAMA 357/2005.
- c) Na análise dos dados limnológicos verificou-se a formação de quatro grupos principais. De modo geral, o primeiro grupo foi formado pelos pontos de amostragem da primeira e segunda coleta e o segundo envolveu a terceira e quarta coleta. O ponto de coleta AB/L2 ficou mais distante dos dois grupos, refletindo as condições diferenciadas em relação aos compostos nitrogenados e fosfatados, com alguns estando em desconformidade com a resolução CONAMA 357/2005. Situação semelhante foi registrada para JU, localizado a jusante da barragem do reservatório do Lobo, o qual apresentou valores elevados de clorofila e de IET, o que está relacionado com a maior produção primária a montante da barragem. Ressalta-se que em alguns períodos de coleta a classificação trófica foi de hipereutrófico em JU, o que representa que as concentrações de nutrientes no reservatório está elevada.
- d) A análise de alguns metais, como chumbo, ferro, magnésio e zinco, demonstrou que os mesmos apresentaram níveis mais elevados na área de estudo. Contudo, alguns metais, como o ferro e magnésio, estão presentes naturalmente na composição química dos solos da bacia hidrográfica. Até mesmo o chumbo, que esteve acima do limite máximo da Resolução

CONAMA 357/05 em quase todos os pontos de amostragem nas duas primeiras coletas, também é encontrado na composição dos solos da região. Apesar da característica do solo, outros fatores como a aplicação de fertilizantes nas culturas desenvolvidas na região podem estar associados à presença do metal, uma vez que se verifica o aumento das áreas de plantio de cana-de-açúcar, *Pinus e Eucalyptus* no entorno.

e) As análises física e química dos sedimentos permitiram reconhecer dois sistemas distintos entre si: rios e reservatórios. Esta diferenciação ocorreu em função da granulometria (sedimentos mais finos na represa e mais arenosos nos rios) e da percentagem de matéria orgânica (maior contribuição de matéria orgânica na represa), implicando na maior adsorção de metais (em sedimentos mais finos) e na concentração de nutrientes. Nesse sentido, fluxo de água é fator importante nos sistemas, uma vez que o fluxo constante impede a maior sedimentação de materiais nos rios, ocorrendo o inverso na represa. Por outro lado, o acúmulo de sedimentos na represa implica não somente em um efeito físico (assoreamento) mas também químico, uma vez que uma quantidade maior de nutrientes e metais ficam acumulados no sedimento, podendo ser ressuspensos mediante a ação de processos químicos, físicos e biológicos.

f) As análises dos testes de ecotoxicidade com *P. subcapitata*, por meio da avaliação do crescimento algáceo, revelaram maior ocorrência de amostras consideradas tóxicas na coleta de julho de 2011, o que pode estar associado com a menor diluição ocasionada pela menor precipitação no período, implicando em maior concentração de elementos com potencial de ocasionar a toxicidade. Outros locais de amostragem também apresentaram amostras tóxicas, como AB/L2 (na segunda e terceira coleta). As análises dos testes de ecotoxicidade feitos com *P. subcapitata*, por meio da avaliação da concentração de clorofila, do biovolume e do conteúdo de carbono não revelaram nenhuma diferença estatística significativa em relação ao controle laboratorial. Desta forma, verifica-se que a densidade celular foi o melhor *end point* na avaliação da toxicidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Análise granulométrica de solos**. 1969. 32p

\_\_\_\_\_. NBR 12648. **Ecotoxicologia aquática. Toxicidade crônica. Método de ensaio com algas (Chlorofyceae)**. Rio de Janeiro, 2005. 24p.

ALMEIDA, P.R. Ensaio de laboratório sobre a toxicidade do DDT aos peixes guaru (*Phallocheros caudimaculatus*, Hensel). **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.18 n. 2, 1997, p. 31-37.

ANDRADE, A.A. **Estudo ecotoxicológico no trecho médio da bacia do Rio Doce – MG**. 2003. 195p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

ARGENTON, E. C. **Limnologia, balneabilidade e impactos ambientais: uma análise temporal e espacial na represa do Lobo (Broa), Itirapina/Brotas – SP**. 2004. 146p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

APHA. **Standard Methods for Examination Water and Wastewater**. 19th ed. Washington, 1995, 1368p.

BARBOSA, D.S. **Limnologia do rio Uberaba (MG) e a utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores das modificações ambientais**. 2003. 159 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

BAUDO, R. **Uncertainty in description of sediment chemical composition**. *Hydrobiol, Sediment/Water Interaction*, v. 176/177, 1989, p. 441-448.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. **Limnologia Fluvial: Um estudo de caso no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003. 278p.

CAMPAGNA, A. F. **Toxicidade dos sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho (São Carlos – SP): ênfase nas substâncias cobre, aldrin e heptacloro**. 2005. 268p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Decisão de Diretoria nº 195, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 3 dez. 2005. Disponível em: < [http://www.cetesb.sp.gov.br/media/files/Solo/relatorios/tabela\\_valores\\_2005.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/media/files/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf)>. Acesso em: 20 Ago. 2012.

\_\_\_\_\_. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo: Série Relatórios. **Anexo A – Legislações**. São Paulo, SP, 2010. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em: 18 Ago. 2012.

\_\_\_\_\_. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo: Série Relatórios. **Apêndice A – Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. São Paulo, SP, 2010. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em: 18 Ago. 2012. 147

\_\_\_\_\_. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo: Série Relatórios. **Apêndice B – Índices de Qualidades das Águas, Critérios de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Indicador de Controle de Fontes**. São Paulo, SP, 2010. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em: 18 Ago. 2012.

\_\_\_\_\_. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo: Série Relatórios. São Paulo, SP, 2008. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes/-relatorios>>. Acesso em: 18 Ago. 2012.

\_\_\_\_\_. **Considerações preliminares sobre toxicidade aos organismos aquáticos**. São Paulo, SP 1990.11p.

CHAPMAN, D. V. **Concepts and strategies for biological monitoring**. London: GEMS Monitoring and Assessment Research Center, 1989.

COSTA, J. B. **Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento de tributários do reservatório de Barra Bonita (médio Tietê superior – SP)**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

DELLELO, D. **Composição e distribuição (espacial e temporal) de macrófitas aquáticas no reservatório do Lobo (Broa), Itirapina/Brotas, SP**. 2008. 145 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

DUDGEON, D. Anthropogenic impacts on Hong Kong streams. **GeoJournal**.40; 53-61. 1996.

ESTEVEZ, F. A. **Fundamentos da Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1988. 575 p.

FONSECA, A.L. **Avaliação da qualidade da água na bacia do Rio Piracicaba/SP, através de testes de toxicidade com invertebrados**. 1997 216p. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

FRANÇA, J.G. **Toxicidade aguda e crônica do permanganato de potássio em *Oreochromis niloticus*, *Ceriodaphnia dubia* e *Pseudokirchneriella Subcapitata***. 2009. 84p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2009.

FREITAS, L. D. **Heterogeneidade espacial e temporal do zooplâncton em sistemas lóticos e lênticos da bacia hidrográfica do Lobo (Itirapina-Brotas/SP)**. 2012. 146p. Tese (Mestrado). – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. 146 p.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh water**. 2 ed. Oxford, Blackweel Scientific Publications (IBP, 8), 1978, 213p.

INGERSSOL, C.G. Sediment test. In: RAND, G. M. **Fundamentals of aquatic toxicology: effects environment fate, and risk assessment**. 2ª edição. ED. Taylor & Francis. Cap. 8, 1995.

ISO. **Water Quality—Freshwater Algal Growth Inhibition Test with Unicellular Green Algae**. International Standardisation Organization, Brussels (ISO 8692), 2004.

KALLQUIST, T.; MILACIC, R.; SMITAL, T.; THOMAS, K.V.; VRANES, S.; TOLLEFSEN, K.E. **Chronic toxicity of the Sava River (SE Europe) sediments and river water to the algae *Pseudokirchneriella subcapitata***. Water Research. v. 42. p. 2146-2156. 2008.

KOROLEFF, F. **Determination of nutrients**. IN: GRASSOHOF, K. ed. **Methods of seawater analysis**. Verlag. Chemie. Weinhein, 1976, p. 117-181.

LATIF, M.; LICEK, E. **Toxicity assessment of wastewaters, river waters, and sediments in Austria using cost-effective microbiotests.** *Environmental Toxicology*. v. 19. 2004, p. 302–309.

MACKERET, H.F.J.H., et. al. **Water analysis: some revised methods for limnologists.** *Freshwater Biological Association Scientific Publishers*. Nº 36. Kendal, 1978.

MAGALHÃES, D. P. & FERRÃO FILHO, A. S. **A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos.** *Rio de Janeiro. Oecologia Brasiliensis*. ISSN 1981-9366. p. 355-381. v. 12. Nº 3. 2008.

MASUTTI, M. B. **Distribuição e Efeitos de Cromo e Cobre em Ecossistemas Aquáticos : uma Análise Laboratorial e “In Situ” (Experimentos em Micro e Mesocosmos).** 2004. 390p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos -Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

MELETTI, P. C. **Avaliação da degradação ambiental por meio de testes de toxicidade com sedimento e de análises histopatológicas em peixes.** 2003. 209p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 2003.

MENEZES, M. **Contribuição ao conhecimento das algas do gênero Euglena (Euglenophyceae) no Município do Rio de Janeiro e arredores, Brasil.** *Acta botânica brasileira.*, 3:49-89., 1989.

MINATTI-FERREIRA, DEMARCHE D. ; BEAUMORD A. C. Desenvolvimento de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental de ecossistemas de rios e riachos: aspectos físicos. *Revista Saúde e Ambiente (UNIVILLE)*, v. 5, p. 21-27, 2006.

MOREIRA-SANTOS, M.; AMADEU, M.V.M.; RIBEIRO, R. **An in situ bioassay for freshwater environments with the microalga *Pseudokirchneriella subcapitata*.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*. v. 59. p. 164–173. 2004.

NASCIMENTO, L. V. & SPERLING, M. V. **Os padrões brasileiros de qualidade das águas e os critérios para proteção da vida aquática, saúde humana e animal.** *SANARE* ISSN-0104-7175. V.10. nº 10. Pp. 39-46, 1998.

NETO, J. M. M. & MOITA, G. C. **Uma Introdução à Análise Exploratória de Dados Multivariados**. Química Nova, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 467-469, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v21n4/3193.pdf> > Acesso em: 26 Ago. 2012

NOVELLI, A. **Estudo limonológico e ecotoxicológico da água e sedimento do rio Monjolinho – São Carlos (SP), com ênfase nas substâncias de referência cádmio e cobre**. 2005. 211p. Tese (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2005.

NUSCH, E.A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. **Arch. Fur. Hydrobiol.**, 14:14-36. 1980.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1983, 434p.

PFLIEGER, T. et al **A short-term bioassay for whole plant toxicity**. In: GORSUCH, J.W. et al. (Eds.). **Plants for toxicity assessment**. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 2: 355-364, 1991.

PLAFKIN, J. L. ET AL. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and Rivers: benthic macroinvertebrates and fish**. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 1989.

PEREIRA, A.M.M.; SOARES, A.M.V.M.; GONÇALVES, F.; RIBEIRO, R. **The chambers and tests procedures for in situ toxicity testing with zooplankton**. **Environmental Toxicology and Chemistry**. Vol.18, no.9, 1999.

PRESTON, S.; COAD, N.; TOWNEND, J. KILLHAM, K. & PATON, G. I. **Biosensing the acute toxicity of metal interactions: Environmental Toxicology and Chemistry**, v.19. N° 3. SETAC. Pp. 775-780, 2000.

QUEIROZ, O.T.M.M. **Impactos das atividades turísticas em área de reservatório: uma avaliação sócio-ambiental do uso e ocupação na área da represa do Lobo, município de Itirapina, SP**. 2000. 238p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

RAND, G.M. & PETROCELLI, S.R. Introduction. In: RAND, G.M. & PETROCELLI, S.R. Eds. **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**. Washington USA: Hemisphere Publishing, 666p, 1985.

RUSCHMANN, D.V.M. **Turismo e planejamento sustentável: a proteção do meio ambiente**. Ed. Papirus, Campinas, 1997 199p.

NASCIMENTO, L. V. & SPERLING, M. V. **Os padrões brasileiros de qualidade das águas e os critérios para proteção da vida aquática, saúde humana e animal**. SANARE ISSN-0104-7175. V.10. n° 10., 1998 Pp. 39-46

ROCHA, O. ; JUDIT, P. ; BARBOSA, F. R. ; BORBELY, G. ; BORICS, G. ; CHORUS, I. ; ESPÍNDOLA, E. L. G. ; HEINZE, R. ; TOROKNE, A. K. ; VASAS, G. **Water Quality Changes along the Reservoir Cascade of Tietê River. Proceedings Of The Eighth Symposium On Conservation And Management Of Lakes Ilec**, Copenhagen, v. 1, 1999, p. 12-14.

ROCHA, O. ; DUNCAN, A., **The relationship between cell carbon and cell volume in freshwater algal species used in zooplanktonic studies**. ISSN 1464-3774. 1985.

RODGHER, S. **Estudos ecotoxicológicos e limnológicos nos reservatórios em cascata do médio e baixo Rio Tietê: uma análise espacial e temporal**. 2001. 213p. Tese (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.

RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. **Avaliação ambiental de trechos de rios na região de Ouro Preto – MG através de um protocolo de avaliação rápida**. Revista de Estudos Ambientais, v.10, n. 1, p. 74-83, 2008.

RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. **Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.13, n. 1, p. 161-170, 2008.

RODRIGUES, F. M. CABRAL **Abordagem preliminar e integrada da qualidade da água da micro bacia do córrego areia branca**, Campinas-SP, Taubaté-SP, 2007.

SANCHEZ, A. L. **Análise de risco ecológico para diagnóstico de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos continentais tropicais.** 2012. 2009. Tese (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SANTOS, M. A. P. F. **Avaliação da qualidade da água e sedimento da sub-bacia do Rio Corumbataí (SP) por meio de testes ecotoxicológicos.** 2008. 186p. Tese (Doutorado). Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2008.

SICKO-GOAD, L; STOERMER, E. F. **Effects of toxicants on phytoplankton with special reference to the Laurentian Great Lakes.** In: EVANS, M.S. (Ed.). **Toxic contaminants and ecosystem health – A great lakes focus. Advances in Environmental Science and Technology**, 21: 1-19, 1988.

SUN, J. & LIU, D. **Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton.** Marine Life Science College, Ocean University of China. Qingdao, 2003.

TERESA, F. B.; CASATTI, L. **Importância da vegetação ripária em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo de peixes de riacho.** **Pan-American Journal of Aquatic Sciences.** Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 5(3): 444-453.2010.

TONISSI, F.B. **Avaliação ecotoxicológica do reservatório de Salto Grande, Americana (SP), como subsídio para a análise da qualidade ambiental do sistema.** 1999. 130p. Tese (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1999.

TRUHAUT, R. **Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1: 151-173, 1977.

TUNDISI, J.G. et al. **Comparação do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: eutrofização e manejo de represas.** IN: TUNDISI J. G. **Limnologia e manejo de represas.** Série: Monografias em limnologia. Academia de Ciências, vol.1, 1988.

TUNDISI, J. G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. **The Lobo-Broa ecosystem research.** In: J. G. Tundisi, C. E. M. Bicudo & T. Matsumura-Tundisi (eds.) **Limnology in Brazil**, pp. 219-243, 1995.

TUNDISI, J. G. ; TUNDISI, T. M. ; RODRIGUEZ, S. L. **Gerenciamento e Recuperação das Bacias Hidrográficas dos Rios Itaqueri e do Lobo e da Represa da UHE Carlos Botelho (Lobo-Broa).** PP. 1-26, 2003.

TUNDISI, J.G. & TUNDISI, T.M. 2008. **Limnologia**. Oficina de Textos, São Paulo, 632p.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). **Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms**. EPA 600/7-91-002. Washington. DC. 1994.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). **Water quality standards handbook**. Government Institutes. USA. 1995.

VAN LEEUWEN, C.J. **Short-term toxicity testing**. In: KRUIJF, H.A.M.; ZWART, D.; VISWANATHAN, P.N.; RAY, P.K. Eds. **Manual on Aquatic Ecotoxicology**. 332p. 1988.

VIDOTTI, E.C.; ROLLEMBERG, M.C. **Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica**. Química Nova. v. 27. p. 139-145. 2004.

WETZEL R.G.; LIKENS G.E. **Limnological Analyses**. 20th ed. New York: Springer-Verlag, 1991. 391 p.

ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos, Editora Rima, 464p, 2006.

## APÊNDICES

**APÊNDICE A – ANÁLISE ESTATÍSTICA (TESTE DE DUNNETT) ENTRE A DENSIDADE CELULAR DO CONTROLE LABORATORIAL E AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA ITAQUERI/LOBO DOS ENSAIOS CRÔNICOS COM PSEUDOKIRCHNERIELLA SUBCAPITATA**

- Primeira coleta – período intermediário (abril/2010)

- Normalidade dos dados

### Primeira parte

Coleta1

File: Coleta1 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	8	8	8	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 5.0194

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

### Segunda parte

Coletalsegparte

File: Coletalsegparte Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	9	7	8	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 6.3102

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos no crescimento algáceo

### Primeira parte:

Coleta1

File: Coleta1 Transform: NO TRANSFORMATION  
ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	164113.292	23444.756	2.552
within (Error)	16	146966.667	9185.417	
Total	23	311079.958		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)

Since  $F < \text{Critical } F$  FAIL TO REJECT Ho: All equal

Coleta1

File: Coleta1 Transform: NO TRANSFORMATION  
DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	524.667	524.667		
2	G1	511.333	511.333	0.170	
3	G2	597.333	597.333	-0.929	
4	I1	474.333	474.333	0.643	
5	I2	662.333	662.333	-1.759	
6	PU	429.000	429.000	1.223	
7	JU	457.333	457.333	0.860	
8	RL1	395.333	395.333	1.653	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed Value, P=0.05, df=16,7)

Coleta1  
 File: Coleta1 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	G1	3	200.329	38.2	13.333
3	G2	3	200.329	38.2	-72.667
4	I1	3	200.329	38.2	50.333
5	I2	3	200.329	38.2	-137.667
6	PU	3	200.329	38.2	95.667
7	JU	3	200.329	38.2	67.333
8	RL1	3	200.329	38.2	129.333

**Segunda parte:**

Coletalsegparte  
 File: Coletalsegparte Transform: NO TRANSFORMATION  
 ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	231192.292	33027.470	7.772
Within (Error)	16	67993.333	4249.583	
Total	23	299185.625		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)  
 Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

Coletalsegparte  
 File: Coletalsegparte Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	524.667	524.667		
2	RL2	639.667	639.667	-2.161	
3	ABL2	451.667	451.667	1.371	
4	L1	500.333	500.333	0.457	
5	AB1	337.000	337.000	3.526	*
6	R1	332.000	332.000	3.620	*
7	R2	399.667	399.667	2.348	
8	R3	522.000	522.000	0.050	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed value, P=0.05, df=16,7)

Coletalsegparte  
 File: Coletalsegparte Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	RL2	3	136.260	26.0	-115.000
3	ABL2	3	136.260	26.0	73.000
4	L1	3	136.260	26.0	24.333
5	AB1	3	136.260	26.0	187.667
6	R1	3	136.260	26.0	192.667
7	R2	3	136.260	26.0	125.000
8	R3	3	136.260	26.0	2.667

- Segunda coleta – período seco (julho/2010)

- Normalidade dos dados

**Primeira parte:**

Co12

File: Co12 Transform: NO TRANSFORMATION  
Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	9	6	9	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 7.8193

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

**Segunda parte:**

2

File: 2 Transform: NO TRANSFORMATION  
Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	8	8	8	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 5.0194

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos no crescimento algáceo

**Primeira parte**

Co12

File: Co12 Transform: NO TRANSFORMATION  
ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	106782.625	15254.661	4.442
Within (Error)	16	54942.000	3433.875	
Total	23	161724.625		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)

Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

Co12

File: Co12 Transform: NO TRANSFORMATION  
DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	531.333	531.333		
2	G1	484.000	484.000	0.989	
3	G2	437.333	437.333	1.965	
4	I1	370.000	370.000	3.372	*
5	I2	318.667	318.667	4.445	*
6	PU	382.667	382.667	3.107	*
7	JU	462.333	462.333	1.442	
8	RL1	486.667	486.667	0.934	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed Value, P=0.05, df=16,7)

File: Co12 Transform: NO TRANSFORMATION  
DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	G1	3	122.486	23.1	47.333
3	G2	3	122.486	23.1	94.000
4	I1	3	122.486	23.1	161.333
5	I2	3	122.486	23.1	212.667
6	PU	3	122.486	23.1	148.667
7	JU	3	122.486	23.1	69.000
8	RL1	3	122.486	23.1	44.667

### Segunda parte:

2  
File: 2 Transform: NO TRANSFORMATION  
ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	207187.958	29598.280	4.085
Within (Error)	16	115928.000	7245.500	
Total	23	323115.958		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)  
Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

2  
File: 2 Transform: NO TRANSFORMATION  
DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	CONTROLE	531.333	531.333		
2	RL2	487.333	487.333	0.633	
3	ABL2	302.667	302.667	3.290	*
4	AB1	349.333	349.333	2.619	*
5	L1	504.667	504.667	0.384	
6	R1	277.000	277.000	3.659	*
7	R2	412.333	412.333	1.712	
8	R3	323.000	323.000	2.998	*

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed value, P=0.05, df=16,7)

2  
File: 2 Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	CONTROLE	3			
2	RL2	3	177.922	33.5	44.000
3	ABL2	3	177.922	33.5	228.667
4	AB1	3	177.922	33.5	182.000
5	L1	3	177.922	33.5	26.667
6	R1	3	177.922	33.5	254.333
7	R2	3	177.922	33.5	119.000
8	R3	3	177.922	33.5	208.333

- Terceira coleta – período seco (outubro/2010)

- Normalidade dos dados

**Primeira parte:**

Coleta3

File: Coleta3

Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	8	5	11	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 10.5795

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

**Segunda parte:**

Co13

File: COL3

Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	8	6	10	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 8.1636

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos no crescimento algáceo

**Primeira parte:**

Coleta3

File: Coleta3

Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	278331.167	39761.595	22.996
Within (Error)	16	27664.667	1729.042	
Total	23	305995.833		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)

Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

Coleta3

File: Coleta3

Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETT'S TEST

TABLE 1 OF 2

Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	contro1e	522.000	522.000		
2	AB/L2	338.000	338.000	5.420	*
3	AB1	209.333	209.333	9.209	*
4	G1	461.000	461.000	1.797	
5	G2	447.333	447.333	2.199	
6	I1	228.333	228.333	8.650	*
7	I2	432.667	432.667	2.631	*
8	JU	302.000	302.000	6.480	*

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed Value, P=0.05, df=16,7)

Coleta3  
 File: Coleta3 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	AB/L2	3	86.915	16.7	184.000
3	AB1	3	86.915	16.7	312.667
4	G1	3	86.915	16.7	61.000
5	G2	3	86.915	16.7	74.667
6	I1	3	86.915	16.7	293.667
7	I2	3	86.915	16.7	89.333
8	JU	3	86.915	16.7	220.000

### Segunda parte:

Co13  
 File: COL3 Transform: NO TRANSFORMATION  
 ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	143121.625	20445.946	2.204
Within (Error)	16	148459.333	9278.708	
Total	23	291580.958		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)  
 Since  $F < \text{Critical } F$  FAIL TO REJECT Ho: All equal

Co13  
 File: COL3 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	522.000	522.000		
2	L1	421.667	421.667	1.276	
3	PU	489.000	489.000	0.420	
4	R1	261.333	261.333	3.314	*
5	R2	423.667	423.667	1.250	
6	R3	368.000	368.000	1.958	
7	RL1	339.333	339.333	2.323	
8	RL2	409.333	409.333	1.433	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed value, P=0.05, df=16,7)

Co13  
 File: COL3 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	L1	3	201.344	38.6	100.333
3	PU	3	201.344	38.6	33.000
4	R1	3	201.344	38.6	260.667
5	R2	3	201.344	38.6	98.333
6	R3	3	201.344	38.6	154.000
7	RL1	3	201.344	38.6	182.667
8	RL2	3	201.344	38.6	112.667

- Quarta coleta – período chuvoso (janeiro/2011)

- Normalidade dos dados

**Primeira parte:**

```
coleta4_1
File: COLETA4_1      Transform: NO TRANSFORMATION
Chi-square test for normality: actual and expected frequencies
-----
```

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.206	4.356	6.876	4.356	1.206
OBSERVED	0	6	3	9	0

```
-----
Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 10.1684
Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277
Data PASS normality test. Continue analysis.
```

**Segunda parte:**

```
COLETA4_2
File: COLETA4_2      Transform: NO TRANSFORMATION
Chi-square test for normality: actual and expected frequencies
-----
```

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.206	4.356	6.876	4.356	1.206
OBSERVED	0	6	6	6	0

```
-----
Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 3.7645
Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277
Data PASS normality test. Continue analysis.
```

- Efeitos significativos no crescimento algáceo

**Primeira parte:**

```
coleta4_1
File: COLETA4_1      Transform: NO TRANSFORMATION
ANOVA TABLE
-----
```

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	51348.500	10269.700	2.483
within (Error)	12	49628.000	4135.667	
Total	17	100976.500		

```
-----
Critical F value = 3.11 (0.05,5,12)
Since F < Critical F FAIL TO REJECT Ho: All groups equal
```

```
coleta4_1
File: COLETA4_1      Transform: NO TRANSFORMATION
DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2      Ho: Control < Treatment
-----
```

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	416.333	416.333		
2	JU	326.667	326.667	1.708	
3	G2	425.667	425.667	-0.178	
4	PU	288.333	288.333	2.438	
5	ABL2	320.667	320.667	1.822	
6	AB1	307.333	307.333	2.076	

```
-----
Dunnett table value = 2.50 (1 Tailed Value, P=0.05, df=12,5)
```

coleta4\_1

File: COLETA4\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	JU	3	131.271	31.5	89.667
3	G2	3	131.271	31.5	-9.333
4	PU	3	131.271	31.5	128.000
5	ABL2	3	131.271	31.5	95.667
6	AB1	3	131.271	31.5	109.000

### Segunda parte:

COLETA4\_2  
 File: COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	36163.111	7232.622	1.609
Within (Error)	12	53926.000	4493.833	
Total	17	90089.111		

Critical F value = 3.11 (0.05,5,12)  
 Since F < Critical F FAIL TO REJECT Ho:All groups equal

COLETA4\_2  
 File: COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	CONTROLE	416.333	416.333		
2	R1	346.000	346.000	1.285	
3	R2	431.000	431.000	-0.268	
4	R3	313.667	313.667	1.876	
5	I1	429.667	429.667	-0.244	
6	RL1	366.000	366.000	0.920	

Dunnett table value = 2.50 (1 Tailed value, P=0.05, df=12,5)

COLETA4\_2  
 File: COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	CONTROLE	3			
2	R1	3	136.837	32.9	70.333
3	R2	3	136.837	32.9	-14.667
4	R3	3	136.837	32.9	102.667
5	I1	3	136.837	32.9	-13.333
6	RL1	3	136.837	32.9	50.333

- Resultados da análise estatística referente aos testes de toxicidade de abril e julho de 2010, demonstrando as amostras que foram consideradas tóxicas no período (\*)

Amostra	Abril/2010			Julho/2010		
	Densidade (células x10 <sup>6</sup> /mL)	pH	Toxicidade	Densidade (células x10 <sup>6</sup> /mL)	pH	Toxicidade
controle	5.25	9.58	-	5.31	9.52	-
AB/L2	4.52	10.11	-	3.03	9.73	*
AB1	3.37	9.89	*	3.49	9.96	*
G1	5.11	10.11	-	4.84	9.85	-
G2	5.97	9.52	-	4.37	9.96	-
I1	4.74	9.98	-	3.70	9.86	*
I2	6.62	10.07	-	3.19	9.23	*
JU	4.57	10.21	-	4.62	9.93	-
L1	5.00	8.92	-	3.61	9.82	-
PU	4.29	9.97	-	3.83	9.52	*
R1	3.32	10.22	*	2.77	9.55	*
R2	4.00	10.27	-	4.12	10.16	*
R3	5.37	9.74	-	3.23	10.03	*
RL1	3.95	10.02	-	4.87	10.02	-
RL2	6.04	10.28	-	4.87	9.52	-

- Resultados da análise estatística referente aos testes de toxicidade de outubro de 2010 e janeiro de 2011, demonstrando as amostras que foram consideradas tóxicas no período (\*: amostra considerada tóxica)

Amostra	Outubro/2010			Janeiro/2011		
	Densidade (células $\times 10^6/\text{mL}$ )	pH	Toxicidade	Densidade (células $\times 10^6/\text{mL}$ )	pH	Toxicidade
controle	5.22	10.13	-	4.16	8.18	-
AB/L2	3.38	10.25	*	3.21	9.92	-
AB1	2.09	10.28	*	3.07	9.83	-
G1	4.61	9.82	-			
G2	4.47	9.51	-	4.26	9.84	-
I1	2.28	10.31	*	4.30	9.64	-
I2	4.33	10.16	*			
JU	3.02	9.71	*	3.27	9.94	-
L1	4.73	9.97	-			
PU	4.89	9.61	-	2.88	9.11	-
R1	2.61	9.70	*	3.46	9.55	-
R2	4.24	10.16	-	4.31	9.95	-
R3	3.68	10.03	-	3.14	9.93	-
RL1	3.39	9.81	-	3.66	10.00	-
RL2	4.09	10.20	-			

**APÊNDICE B – ANÁLISE ESTATÍSTICA (TESTE DE DUNNETT) ENTRE O  
CONTEÚDO DE CARBONO ORGÂNICO DO CONTROLE LABORATORIAL E  
AMOSTRAS DE ÁGUA COLETADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA ITAQUERI/LOBO  
DOS ENSAIOS CRÔNICOS COM PSEUDOKIRCHNERIELLA SUBCAPITATA**

- Primeira coleta – período intermediário (abril/2010)

- Normalidade dos dados

**Primeira Parte:**

CARBONO\_COLETA1\_1

File: CARBONO\_COLETA1\_1 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to	<-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5	
EXPECTED	1.608		5.808		9.168		5.808
OBSERVED	0		9		6		9

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 7.8193

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

**Segunda Parte:**

CARBONO\_COLETA1\_2

File: CARBONO\_COLETA1\_2 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to	<-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5	
EXPECTED	1.608		5.808		9.168		5.808
OBSERVED	0		10		6		8

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 8.1636

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos do teor de carbono

**Primeira parte:**

CARBONO\_COLETA1\_1

File: CARBONO\_COLETA1\_1 Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	0.004	0.001	0.454
Within (Error)	16	0.018	0.001	
Total	23	0.022		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)

Since F < Critical F FAIL TO REJECT Ho: All groups equal

CARBONO\_COLETA1\_1

File: CARBONO\_COLETA1\_1 Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	CONTROLE	0.157	0.157		
2	AB/L2	0.187	0.187	-1.082	
3	AB1	0.160	0.160	-0.120	
4	G1	0.177	0.177	-0.721	
5	G2	0.190	0.190	-1.202	
6	I1	0.170	0.170	-0.481	
7	I2	0.190	0.190	-1.202	
8	JU	0.183	0.183	-0.961	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed Value, P=0.05, df=16,7)

CARBONO\_COLETA1\_1  
 File: CARBONO\_COLETA1\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	CONTROLE	3			
2	AB/L2	3	0.071	45.3	-0.030
3	AB1	3	0.071	45.3	-0.003
4	G1	3	0.071	45.3	-0.020
5	G2	3	0.071	45.3	-0.033
6	I1	3	0.071	45.3	-0.013
7	I2	3	0.071	45.3	-0.033
8	JU	3	0.071	45.3	-0.027

### Segunda parte:

CARBONO\_COLETA1\_2  
 File: CARBONO\_COLETA1\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	0.018	0.003	2.587
within (Error)	16	0.016	0.001	
Total	23	0.035		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)

Since  $F < \text{Critical } F$  FAIL TO REJECT Ho: All groups equal

CARBONO\_COLETA1\_2  
 File: CARBONO\_COLETA1\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	CONTROLE	0.157	0.157		
2	L1	0.197	0.197	-1.540	
3	PU	0.173	0.173	-0.642	
4	R1	0.173	0.173	-0.642	
5	R2	0.163	0.163	-0.257	
6	R3	0.250	0.250	-3.592	
7	RL1	0.183	0.183	-1.026	
8	RL2	0.170	0.170	-0.513	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed Value,  $P=0.05$ ,  $df=16,7$ )

CARBONO\_COLETA1\_2  
 File: CARBONO\_COLETA1\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	CONTROLE	3			
2	L1	3	0.067	42.5	-0.040
3	PU	3	0.067	42.5	-0.017
4	R1	3	0.067	42.5	-0.017
5	R2	3	0.067	42.5	-0.007
6	R3	3	0.067	42.5	-0.093
7	RL1	3	0.067	42.5	-0.027
8	RL2	3	0.067	42.5	-0.013

- Segunda coleta – período seco (julho/2010)

- Normalidade dos dados

**Primeira parte:**

CARBONO\_COLETA2\_1

File: CARBONO\_COLETA2\_1 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	8	7	9	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 6.3102

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

**Segunda parte:**

CARBONO\_COLETA2\_2

File: CARBONO\_COLETA2\_2 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	10	5	9	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 9.8908

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos do teor de carbono

**Primeira parte:**

CARBONO\_COLETA2\_1

File: CARBONO\_COLETA2\_1 Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	0.009	0.001	1.105
Within (Error)	16	0.018	0.001	
Total	23	0.027		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)

Since F < Critical F FAIL TO REJECT Ho: All groups equal

CARBONO\_COLETA2\_1

File: CARBONO\_COLETA2\_1 Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	0.137	0.137		
2	AB/L2	0.177	0.177	-1.455	
3	AB1	0.207	0.207	-2.547	
4	G1	0.177	0.177	-1.455	
5	G2	0.167	0.167	-1.091	
6	I1	0.193	0.193	-2.062	
7	I2	0.183	0.183	-1.698	
8	JU	0.177	0.177	-1.455	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed value, P=0.05, df=16,7)

CARBONO\_COLETA2\_1  
 File: CARBONO\_COLETA2\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	AB/L2	3	0.070	51.5	-0.040
3	AB1	3	0.070	51.5	-0.070
4	G1	3	0.070	51.5	-0.040
5	G2	3	0.070	51.5	-0.030
6	I1	3	0.070	51.5	-0.057
7	I2	3	0.070	51.5	-0.047
8	JU	3	0.070	51.5	-0.040

### Segunda parte:

CARBONO\_COLETA2\_2  
 File: CARBONO\_COLETA2\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	0.023	0.003	6.927
Within (Error)	16	0.007	0.000	
Total	23	0.030		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)

Since  $F > \text{Critical } F$  REJECT Ho: All groups equal

CARBONO\_COLETA2\_2  
 File: CARBONO\_COLETA2\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	CONTROLE	0.137	0.137		
2	L1	0.217	0.217	-4.536	
3	PU	0.167	0.167	-1.701	
4	R1	0.220	0.220	-4.725	
5	R2	0.217	0.217	-4.536	
6	R3	0.223	0.223	-4.914	
7	RL1	0.227	0.227	-5.103	
8	RL2	0.217	0.217	-4.536	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed Value, P=0.05, df=16,7)

CARBONO\_COLETA2\_2  
 File: CARBONO\_COLETA2\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	CONTROLE	3			
2	L1	3	0.045	33.0	-0.080
3	PU	3	0.045	33.0	-0.030
4	R1	3	0.045	33.0	-0.083
5	R2	3	0.045	33.0	-0.080
6	R3	3	0.045	33.0	-0.087
7	RL1	3	0.045	33.0	-0.090
8	RL2	3	0.045	33.0	-0.080

- Terceira coleta – período intermediário (outubro/2010)

- Normalidade dos dados

**Primeira parte:**

CARBONO\_COLETA3\_1

File: CARBONO\_COLETA3\_1 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	10	5	9	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 9.8908

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

**Segunda parte:**

CARBONO\_COLETA3\_2

File: CARBONO\_COLETA3\_2 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	10	6	8	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 8.1636

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos do teor de carbono

**Primeira parte:**

CARBONO\_COLETA3\_1

File: CARBONO\_COLETA3\_1 Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	0.005	0.001	0.493
Within (Error)	16	0.022	0.001	
Total	23	0.026		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)

Since F < Critical F FAIL TO REJECT Ho: All groups equal

CARBONO\_COLETA3\_1

File: CARBONO\_COLETA3\_1 Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	CONTROLE	0.160	0.160		
2	AB/L2	0.183	0.183	-0.778	
3	AB1	0.153	0.153	0.222	
4	G1	0.197	0.197	-1.222	
5	G2	0.170	0.170	-0.333	
6	I1	0.167	0.167	-0.222	
7	I2	0.153	0.153	0.222	
8	JU	0.167	0.167	-0.222	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed Value, P=0.05, df=16,7)

CARBONO\_COLETA3\_1  
 File: CARBONO\_COLETA3\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	CONTROLE	3			
2	AB/L2	3	0.077	48.0	-0.023
3	AB1	3	0.077	48.0	0.007
4	G1	3	0.077	48.0	-0.037
5	G2	3	0.077	48.0	-0.010
6	I1	3	0.077	48.0	-0.007
7	I2	3	0.077	48.0	0.007
8	JU	3	0.077	48.0	-0.007

### Segunda parte:

CARBONO\_COLETA3\_2  
 File: CARBONO\_COLETA3\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	0.013	0.002	2.705
Within (Error)	16	0.011	0.001	
Total	23	0.024		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)  
 Since F > Critical F REJECT Ho:All groups equal

CARBONO\_COLETA3\_2  
 File: CARBONO\_COLETA3\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	CONTROLE	0.160	0.160		
2	L1	0.163	0.163	-0.157	
3	PU	0.163	0.163	-0.157	
4	R1	0.163	0.163	-0.157	
5	R2	0.200	0.200	-1.886	
6	R3	0.157	0.157	0.157	
7	RL1	0.227	0.227	-3.143	
8	RL2	0.173	0.173	-0.629	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed Value, P=0.05, df=16,7)

CARBONO\_COLETA3\_2  
 File: CARBONO\_COLETA3\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	CONTROLE	3			
2	L1	3	0.054	33.9	-0.003
3	PU	3	0.054	33.9	-0.003
4	R1	3	0.054	33.9	-0.003
5	R2	3	0.054	33.9	-0.040
6	R3	3	0.054	33.9	0.003
7	RL1	3	0.054	33.9	-0.067
8	RL2	3	0.054	33.9	-0.013

- Quarta coleta – período chuvoso (janeiro/2011)

- Normalidade dos dados

**Primeira parte:**

CARBONO\_COLETA4\_1

File: CARBONO\_COLETA4\_1 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.206	4.356	6.876	4.356	1.206
OBSERVED	0	7	3	8	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 9.2501

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

**Segunda parte:**

CARBONO\_COLETA4\_2

File: CARBONO\_COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.206	4.356	6.876	4.356	1.206
OBSERVED	0	7	2	9	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 12.4256

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos do teor de carbono

**Primeira parte:**

CARBONO\_COLETA4\_1

File: CARBONO\_COLETA4\_1

Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	0.022	0.004	13.708
Within (Error)	12	0.004	0.000	
Total	17	0.026		

Critical F value = 3.11 (0.05,5,12)

Since F > Critical F REJECT Ho: All groups equal

CARBONO\_COLETA4\_1

File: CARBONO\_COLETA4\_1

Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETTS TEST

TABLE 1 OF 2

Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	CONTROLE	0.087	0.087		
2	AB/L2	0.173	0.173	-5.863	
3	AB1	0.177	0.177	-6.088	
4	G2	0.170	0.170	-5.637	
5	I1	0.177	0.177	-6.088	
6	JU	0.197	0.197	-7.441	

Dunnett table value = 2.50 (1 Tailed value, P=0.05, df=12,5)

CARBONO\_COLETA4\_1  
 File: CARBONO\_COLETA4\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	CONTROLE	3			
2	AB/L2	3	0.037	42.6	-0.087
3	AB1	3	0.037	42.6	-0.090
4	G2	3	0.037	42.6	-0.083
5	I1	3	0.037	42.6	-0.090
6	JU	3	0.037	42.6	-0.110

### Segunda parte:

CARBONO\_COLETA4\_2  
 File: CARBONO\_COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	0.023	0.005	10.523
within (Error)	12	0.005	0.000	
Total	17	0.028		

Critical F value = 3.11 (0.05,5,12)  
 Since F > Critical F REJECT Ho: **All groups equal**

CARBONO\_COLETA4\_2  
 File: CARBONO\_COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	CONTROLE	0.087	0.087		
2	PU	0.157	0.157	-4.118	
3	R1	0.147	0.147	-3.530	
4	R2	0.180	0.180	-5.491	
5	R3	0.200	0.200	-6.668	
6	RL1	0.170	0.170	-4.903	

Dunnett table value = 2.50 (1 Tailed Value, P=0.05, df=12,5)

CARBONO\_COLETA4\_2  
 File: CARBONO\_COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	CONTROLE	3			
2	PU	3	0.042	49.0	-0.070
3	R1	3	0.042	49.0	-0.060
4	R2	3	0.042	49.0	-0.093
5	R3	3	0.042	49.0	-0.113
6	RL1	3	0.042	49.0	-0.083

**APÊNDICE C – ANÁLISE ESTATÍSTICA (TESTE DE DUNNETT) ENTRE  
BIOVOLUME DO CONTROLE LABORATORIAL E AMOSTRAS DE ÁGUA  
COLETADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA ITAQUERI/LOBO DOS ENSAIOS  
CRÔNICOS COM PSEUDOKIRCHNERIELLA SUBCAPITATA**

- Primeira coleta – período intermediário (abril/2010)

- Normalidade dos dados

**Primeira Parte:**

Biovolume\_1coleta1

File: Biovolume\_1cole1 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.407	5.082	8.022	5.082	1.407
OBSERVED	0	8	5	8	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 7.3034

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

**Segunda Parte:**

Biovolume\_2coleta1

File: Biovolume\_2coleta1 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.809	6.534	10.314	6.534	1.809
OBSERVED	0	10	8	9	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 6.9064

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos do biovolume

**Primeira parte:**

Biovolume\_1coleta1

File: Biovolume\_1cole1 Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	6	0.173	0.029	0.386
Within (Error)	14	1.048	0.075	
Total	20	1.221		

Critical F value = 2.85 (0.05,6,14)

Since  $F < \text{Critical } F$  FAIL TO REJECT Ho: All equal

Biovolume\_1coleta1

File: Biovolume\_1cole1 Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	contro1e	1.293	1.293		
2	AB/L2	1.497	1.497	-0.910	
3	AB1	1.297	1.297	-0.015	
4	G1	1.437	1.437	-0.642	
5	G2	1.520	1.520	-1.015	
6	I1	1.380	1.380	-0.388	
7	I2	1.513	1.513	-0.985	

Dunnett table value = 2.53 (1 Tailed Value, P=0.05, df=14,6)

Biovolume\_1coleta1  
File: Biovolume\_1cole1  
DUNNETT'S TEST -

Transform: NO TRANSFORMATION  
TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	AB/L2	3	0.565	43.7	-0.203
3	AB1	3	0.565	43.7	-0.003
4	G1	3	0.565	43.7	-0.143
5	G2	3	0.565	43.7	-0.227
6	I1	3	0.565	43.7	-0.087
7	I2	3	0.565	43.7	-0.220

### Segunda parte:

Biovolume\_2coleta1  
File: Biovolume\_2coleta1

Transform: NO TRANSFORMATION  
ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	8	1.052	0.131	2.372
Within (Error)	18	0.998	0.055	
Total	26	2.050		

Critical F value = 2.51 (0.05,8,18)

Since  $F < \text{Critical } F$  FAIL TO REJECT Ho: All equal

Biovolume\_2coleta1  
File: Biovolume\_2coleta1  
DUNNETT'S TEST -

Transform: NO TRANSFORMATION  
TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	1.293	1.293		
2	JU	1.487	1.487	-1.006	
3	L1	1.603	1.603	-1.613	
4	PU	1.437	1.437	-0.746	
5	R1	1.400	1.400	-0.555	
6	R2	1.330	1.330	-0.191	
7	R3	1.990	1.990	-3.624	
8	RL1	1.513	1.513	-1.144	
9	RL2	1.380	1.380	-0.451	

Dunnett table value = 2.58 (1 Tailed value,  $P=0.05$ ,  $df=18,8$ )

Biovolume\_2coleta1  
File: Biovolume\_2coleta1  
DUNNETT'S TEST -

Transform: NO TRANSFORMATION  
TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	JU	3	0.496	38.3	-0.193
3	L1	3	0.496	38.3	-0.310
4	PU	3	0.496	38.3	-0.143
5	R1	3	0.496	38.3	-0.107
6	R2	3	0.496	38.3	-0.037
7	R3	3	0.496	38.3	-0.697
8	RL1	3	0.496	38.3	-0.220
9	RL2	3	0.496	38.3	-0.087

- Segunda coleta – período seco (julho/2010)

- Normalidade dos dados

**Primeira parte:**

Biovolume\_1coleta2

File: 2 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	9	7	8	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 6.3102

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

**Segunda parte:**

BIOVOLUMECOLETA22

File: BIOVCOLETA2 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	10	6	8	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 8.1636

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos do biovolume

**Primeira parte:**

Biovolume\_1coleta2

File: 2 Transform: NO TRANSFORMATION  
ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	0.520	0.074	1.227
within (Error)	16	0.969	0.061	
Total	23	1.489		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)

Since F < Critical F FAIL TO REJECT Ho: All equal

Biovolume\_1coleta2

File: 2 Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2

Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	1.120	1.120		
2	AB/L2	1.433	1.433	-1.559	
3	AB1	1.663	1.663	-2.704	
4	G1	1.410	1.410	-1.443	
5	G2	1.353	1.353	-1.161	
6	I1	1.550	1.550	-2.140	
7	I2	1.477	1.477	-1.775	
8	JU	1.433	1.433	-1.559	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed value, P=0.05, df=16,7)

Biovolume\_1coleta2

File: 2 Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control&lt;Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	AB/L2	3	0.514	45.9	-0.313
3	AB1	3	0.514	45.9	-0.543
4	G1	3	0.514	45.9	-0.290
5	G2	3	0.514	45.9	-0.233
6	I1	3	0.514	45.9	-0.430
7	I2	3	0.514	45.9	-0.357
8	JU	3	0.514	45.9	-0.313

**Segunda parte:**

BIOVOLUMECOLETA22

File: BIOVCOLETA2

Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	1.391	0.199	8.033
Within (Error)	16	0.396	0.025	
Total	23	1.786		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)

Since F &gt; Critical F REJECT Ho: All equal

BIOVOLUMECOLETA22

File: BIOVCOLETA2

Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control&lt;Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	1.120	1.120		
2	L1	1.750	1.750	-4.907	
3	PU	1.353	1.353	-1.817	
4	R1	1.787	1.787	-5.192	
5	R2	1.753	1.753	-4.933	
6	R3	1.793	1.793	-5.244	
7	RL1	1.810	1.810	-5.374	
8	RL2	1.750	1.750	-4.907	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed value, P=0.05, df=16,7)

BIOVOLUMECOLETA22

File: BIOVCOLETA2

Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control&lt;Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	L1	3	0.329	29.3	-0.630
3	PU	3	0.329	29.3	-0.233
4	R1	3	0.329	29.3	-0.667
5	R2	3	0.329	29.3	-0.633
6	R3	3	0.329	29.3	-0.673
7	RL1	3	0.329	29.3	-0.690
8	RL2	3	0.329	29.3	-0.630

- Terceira coleta – período intermediário (outubro/2010)

- Normalidade dos dados

**Primeira parte:**

BIOVCOLETA3\_1  
File: BIOVCOLETA3\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	9	7	8	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 6.3102  
Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277  
Data PASS normality test. Continue analysis.

**Segunda parte:**

BIOVCOLETA3\_2  
File: BIOVCOLETA3\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.608	5.808	9.168	5.808	1.608
OBSERVED	0	9	7	8	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 6.3102  
Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277  
Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos do biovolume

**Primeira parte:**

BIOVCOLETA3\_1  
File: BIOVCOLETA3\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	0.294	0.042	0.530
Within (Error)	16	1.266	0.079	
Total	23	1.559		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)  
Since F < Critical F FAIL TO REJECT Ho: All equal

BIOVCOLETA3\_1  
File: BIOVCOLETA3\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	CONTROLE	1.310	1.310		
2	AB/L2	1.480	1.480	-0.740	
3	AB1	1.250	1.250	0.261	
4	G1	1.603	1.603	-1.277	
5	G2	1.403	1.403	-0.406	
6	I1	1.367	1.367	-0.247	
7	I2	1.257	1.257	0.232	
8	JU	1.363	1.363	-0.232	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed Value, P=0.05, df=16,7)

BIOVCOLETA3\_1

File: BIOVCOLETA3\_1  
DUNNETT'S TESTTransform: NO TRANSFORMATION  
TABLE 2 OF 2

Ho:Control&lt;Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	CONTROLE	3			
2	AB/L2	3	0.588	44.9	-0.170
3	AB1	3	0.588	44.9	0.060
4	G1	3	0.588	44.9	-0.293
5	G2	3	0.588	44.9	-0.093
6	I1	3	0.588	44.9	-0.057
7	I2	3	0.588	44.9	0.053
8	JU	3	0.588	44.9	-0.053

**Segunda parte:**

BIOVCOLETA3\_2

File: BIOVCOLETA3\_2

Transform: NO TRANSFORMATION  
ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	7	0.786	0.112	2.732
Within (Error)	16	0.658	0.041	
Total	23	1.444		

Critical F value = 2.66 (0.05,7,16)

Since F &gt; Critical F REJECT Ho: All equal

BIOVCOLETA3\_2

File: BIOVCOLETA3\_2  
DUNNETT'S TESTTransform: NO TRANSFORMATION  
TABLE 1 OF 2

Ho:Control&lt;Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	CONTROLE	1.310	1.310		
2	L1	1.317	1.317	-0.040	
3	PU	1.340	1.340	-0.181	
4	R1	1.320	1.320	-0.060	
5	R2	1.620	1.620	-1.873	
6	R3	1.277	1.277	0.201	
7	RL1	1.823	1.823	-3.101	
8	RL2	1.413	1.413	-0.624	

Dunnett table value = 2.56 (1 Tailed value, P=0.05, df=16,7)

BIOVCOLETA3\_2

File: BIOVCOLETA3\_2  
DUNNETT'S TESTTransform: NO TRANSFORMATION  
TABLE 2 OF 2

Ho:Control&lt;Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	CONTROLE	3			
2	L1	3	0.424	32.3	-0.007
3	PU	3	0.424	32.3	-0.030
4	R1	3	0.424	32.3	-0.010
5	R2	3	0.424	32.3	-0.310
6	R3	3	0.424	32.3	0.033
7	RL1	3	0.424	32.3	-0.513
8	RL2	3	0.424	32.3	-0.103

- Quarta coleta – período chuvoso (janeiro/2011)

- Normalidade dos dados

**Primeira parte:**

biovolume\_coleta4\_1  
 File: biovolume\_coleta4\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
 Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.206	4.356	6.876	4.356	1.206
OBSERVED	0	7	4	7	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 6.8246  
 Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277  
 Data PASS normality test. Continue analysis.

**Segunda parte:**

biovolume\_coleta4\_2  
 File: BIOVOLUME\_COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.206	4.356	6.876	4.356	1.206
OBSERVED	0	7	3	8	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 9.2501  
 Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277  
 Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos do biovolume

**Primeira parte:**

biovolume\_coleta4\_1  
 File: biovolume\_coleta4\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
 ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	1.388	0.278	15.230
within (Error)	12	0.219	0.018	
Total	17	1.607		

Critical F value = 3.11 (0.05,5,12)  
 Since F > Critical F REJECT Ho: All groups equal

biovolume\_coleta4\_1  
 File: biovolume\_coleta4\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	0.730	0.730		
2	AB/L2	1.407	1.407	-6.137	
3	AB1	1.440	1.440	-6.440	
4	G2	1.397	1.397	-6.047	
5	I1	1.417	1.417	-6.228	
6	JU	1.600	1.600	-7.891	

Dunnett table value = 2.50 (1 Tailed Value, P=0.05, df=12,5)

biovolume\_coleta4\_1  
 File: biovolume\_coleta4\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	AB/L2	3	0.276	37.8	-0.677
3	AB1	3	0.276	37.8	-0.710
4	G2	3	0.276	37.8	-0.667
5	I1	3	0.276	37.8	-0.687
6	JU	3	0.276	37.8	-0.870

### Segunda parte:

biovolume\_coleta4\_2  
 File: BIOVOLUME\_COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	1.439	0.288	10.663
Within (Error)	12	0.324	0.027	
Total	17	1.762		

Critical F value = 3.11 (0.05,5,12)  
 Since F > Critical F REJECT Ho: **All groups equal**

biovolume\_coleta4\_2  
 File: BIOVOLUME\_COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	0.730	0.730		
2	PU	1.290	1.290	-4.175	
3	R1	1.217	1.217	-3.629	
4	R2	1.460	1.460	-5.443	
5	R3	1.643	1.643	-6.810	
6	RL1	1.373	1.373	-4.797	

Dunnett table value = 2.50 (1 Tailed value, P=0.05, df=12,5)

biovolume\_coleta4\_2  
 File: BIOVOLUME\_COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	PU	3	0.335	45.9	-0.560
3	R1	3	0.335	45.9	-0.487
4	R2	3	0.335	45.9	-0.730
5	R3	3	0.335	45.9	-0.913
6	RL1	3	0.335	45.9	-0.643

**APÊNDICE D – ANÁLISE ESTATÍSTICA (TESTE DE DUNNETT) ENTRE A  
CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA DO CONTROLE LABORATORIAL E AMOSTRAS  
DE ÁGUA COLETADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA ITAQUERI/LOBO DOS  
ENSAIOS CRÔNICOS COM PSEUDOKIRCHNERIELLA SUBCAPITATA**

- Segunda coleta – período seco (julho/2010)

- Normalidade dos dados

**Primeira parte:**

Clorofila\_col2  
File: Clorofila\_col2 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.407	5.082	8.022	5.082	1.407
OBSERVED	0	7	7	7	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 4.3919

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

**Segunda parte:**

clo\_coleta2  
File: CLO\_COLETA2 Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.809	6.534	10.314	6.534	1.809
OBSERVED	0	9	8	10	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 6.9064

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos do teor de carbono

**Primeira parte:**

Clorofila\_col2  
File: Clorofila\_col2 Transform: NO TRANSFORMATION  
ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	6	1559359.840	259893.307	3.554
Within (Error)	14	1023723.317	73123.094	
Total	20	2583083.157		

Critical F value = 2.85 (0.05,6,14)

Since F > Critical F REJECT Ho: All equal

Clorofila\_col2  
File: Clorofila\_col2 Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	1225.740	1225.740		
2	AB/L2	2198.520	2198.520	-4.406	
3	AB1	1958.580	1958.580	-3.319	
4	G1	1818.150	1818.150	-2.683	
5	G2	1834.890	1834.890	-2.759	
6	I1	1882.320	1882.320	-2.974	
7	I2	1827.450	1827.450	-2.725	

Dunnett table value = 2.53 (1 Tailed Value, P=0.05, df=14,6)

Clorofila\_col2  
 File: Clorofila\_col2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	AB/L2	3	558.602	45.6	-972.780
3	AB1	3	558.602	45.6	-732.840
4	G1	3	558.602	45.6	-592.410
5	G2	3	558.602	45.6	-609.150
6	I1	3	558.602	45.6	-656.580
7	I2	3	558.602	45.6	-601.710

### Segunda parte:

clo\_coleta2  
 File: CLO\_COLETA2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	8	2058827.564	257353.446	1.204
Within (Error)	18	3847374.455	213743.025	
Total	26	5906202.020		

Critical F value = 2.51 (0.05,8,18)  
 Since F < Critical F FAIL TO REJECT Ho: All equal

clo\_coleta2  
 File: CLO\_COLETA2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETT'S TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	1225.740	1225.740		
2	JU	1983.690	1983.690	-2.008	
3	L1	1669.350	1669.350	-1.175	
4	PU	1992.990	1992.990	-2.033	
5	R1	1335.480	1335.480	-0.291	
6	R2	1717.710	1717.710	-1.303	
7	R3	1729.800	1729.800	-1.335	
8	RL1	1913.010	1913.010	-1.821	
9	RL2	2055.300	2055.300	-2.198	

Dunnett table value = 2.58 (1 Tailed value, P=0.05, df=18,8)

clo\_coleta2  
 File: CLO\_COLETA2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETT'S TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	JU	3	973.913	79.5	-757.950
3	L1	3	973.913	79.5	-443.610
4	PU	3	973.913	79.5	-767.250
5	R1	3	973.913	79.5	-109.740
6	R2	3	973.913	79.5	-491.970
7	R3	3	973.913	79.5	-504.060
8	RL1	3	973.913	79.5	-687.270
9	RL2	3	973.913	79.5	-829.560

- Quarta coleta – período chuvoso (janeiro/2011)

- Normalidade dos dados

**Primeira parte:**

CLOROFILA\_COLETA4\_1

File: CLOROFILA\_COLETA4\_1

Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.206	4.356	6.876	4.356	1.206
OBSERVED	0	7	4	7	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 6.8246

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

**Segunda parte:**

clorofila\_coleta4\_2

File: CLOROFILA\_COLETA4\_2

Transform: NO TRANSFORMATION

Chi-square test for normality: actual and expected frequencies

INTERVAL	<-1.5	-1.5 to <-0.5	-0.5 to 0.5	>0.5 to 1.5	>1.5
EXPECTED	1.206	4.356	6.876	4.356	1.206
OBSERVED	0	6	6	6	0

Calculated Chi-Square goodness of fit test statistic = 3.7645

Table Chi-Square value (alpha = 0.01) = 13.277

Data PASS normality test. Continue analysis.

- Efeitos significativos do teor de carbono

**Primeira parte:**

CLOROFILA\_COLETA4\_1

File: CLOROFILA\_COLETA4\_1

Transform: NO TRANSFORMATION

ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	102893.748	20578.750	6.239
Within (Error)	12	39583.444	3298.620	
Total	17	142477.192		

Critical F value = 3.11 (0.05,5,12)

Since F > Critical F REJECT Ho: All groups equal

CLOROFILA\_COLETA4\_1

File: CLOROFILA\_COLETA4\_1

Transform: NO TRANSFORMATION

DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2

Ho: Control < Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	CONTROLE	231.363	231.363		
2	AB/L2	289.697	289.697	-1.244	
3	AB1	435.797	435.797	-4.359	
4	G2	303.183	303.183	-1.532	
5	I1	205.880	205.880	0.543	
6	JU	346.890	346.890	-2.464	

Dunnett table value = 2.50 (1 Tailed value, P=0.05, df=12,5)

CLOROFILA\_COLETA4\_1  
 File: CLOROFILA\_COLETA4\_1 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	CONTROLE	3			
2	AB/L2	3	117.236	50.7	-58.333
3	AB1	3	117.236	50.7	-204.433
4	G2	3	117.236	50.7	-71.820
5	I1	3	117.236	50.7	25.483
6	JU	3	117.236	50.7	-115.527

### Segunda parte:

clorofila\_coleta4\_2  
 File: CLOROFILA\_COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 ANOVA TABLE

SOURCE	DF	SS	MS	F
Between	5	51784.375	10356.875	5.222
Within (Error)	12	23800.773	1983.398	
Total	17	75585.148		

Critical F value = 3.11 (0.05,5,12)  
 Since F > Critical F REJECT Ho: All groups equal

clorofila\_coleta4\_2  
 File: CLOROFILA\_COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 1 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	TRANSFORMED MEAN	MEAN CALCULATED IN ORIGINAL UNITS	T STAT	SIG
1	controle	231.363	231.363		
2	PU	304.090	304.090	-2.000	
3	R1	344.340	344.340	-3.107	
4	R2	367.350	367.350	-3.740	
5	R3	399.530	399.530	-4.625	
6	RL1	306.670	306.670	-2.071	

Dunnett table value = 2.50 (1 Tailed value, P=0.05, df=12,5)

clorofila\_coleta4\_2  
 File: CLOROFILA\_COLETA4\_2 Transform: NO TRANSFORMATION  
 DUNNETTS TEST - TABLE 2 OF 2 Ho:Control<Treatment

GROUP	IDENTIFICATION	NUM OF REPS	Minimum Sig Diff (IN ORIG. UNITS)	% of CONTROL	DIFFERENCE FROM CONTROL
1	controle	3			
2	PU	3	90.907	39.3	-72.727
3	R1	3	90.907	39.3	-112.977
4	R2	3	90.907	39.3	-135.987
5	R3	3	90.907	39.3	-168.167
6	RL1	3	90.907	39.3	-75.307

**APÊNDICE E – VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS DAS AMOSTRAS  
DE ÁGUA E DE SEDIMENTO**

- Resultados de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura e turbidez das amostras de água da bacia do Lobo

Ponto Coleta	pH				Condutividade (µS/cm)				OD (mg/L)				Temperatura (°C)				Turbidez (UNT)			
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
AB/L2	5.31	5.49	5.89	6.03	42	43	55	23.33	3.43	4.74	3.55	5.42	22.9	18.03	19.7	24.3	12	8	6	29
AB1	5.16	5.04	5.97	6.24	28.7	28	35.67	22.67	5.75	8.77	8.34	8.83	24	18.07	20.6	24	12	9	8	8
G1	3.7	3.96	5.08	-	3	2	2.33	-	8.07	8.73	8.07	-	21.7	18.83	20.5	-	6	4	4	-
G2	4.48	4.84	4.38	5.01	6	6	6	7	7.61	8.33	7.17	7.42	21.4	18.07	21.13	23.1	8	12	2	8
I1	5.73	5.78	5.76	6.13	26	30.67	38.67	21.67	8.53	10.23	5.32	7.28	20.1	12.73	16.5	26.1	28	12	29	30
I2	5.01	4.63	4.28	-	15	10	11.33	-	7.64	9.16	7.72	-	21	15.83	19.57	-	21	11	14	-
JU	5.34	4.86	5.45	5.22	13	11.33	13	12.33	6.78	8.9	7.75	8.62	23.5	19.33	21.7	24.6	14	8	10	18
L1	3.92	3.99	4.58	-	2	2	2.33	-	7.81	9.56	7.91	-	21.9	16.3	20.1	-	8	5	1	-
PU	5.5	4.55	5.19	5.75	2	2	3	4.33	8.08	9.6	8.1	7.93	24.8	18.27	23.67	26.1	5	4	6	7
R1	6.37	5	5.15	5.4	13	15.3	17	9	7.95	5	-	2.6	24.3	15.1	18	22.4	17	11	12	20
R2	5.49	4.6	4.25	5.26	11	7	8	8	8.95	8.54	-	6.66	23.6	15.56	18.7	23.1	14	10	11	15
R3	6.06	5.61	7.1	6.35	11	9.12	12	13	9.77	8.72	-	<b>8.4</b>	23.9	18.8	21.2	26	18	7	10	10
RL1	4.99	5.93	5.8	6.35	43	37.33	48.67	26.67	6.61	7.78	5.86	7.67	21	14.2	16.53	24.9	18	14	11	20
RL2	4.77	4.85	4.6	-	8.3	6.33	6	-	8.29	8.66	8.25	-	21	15.6	18.9	-	17	6	2	-

- Resultados dos valores de material em suspensão, material em suspensão orgânico e material em suspensão inorgânico

Ponto	Coleta	MST (mg/L)				MSO (%)				MSI (%)			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
	AB/L2	33.7	2.9	6.2	34.0	38.7	59.0	42.1	25.4	61.3	41.0	57.9	74.6
	AB1	4.2	3.6	5.2	38.3	57.7	47.2	47.8	19.8	42.3	52.8	52.2	80.2
	G1	3.5	1.8	2.2	-	46.0	48.9	56.4	-	54.0	51.1	43.6	-
	G2	3.0	11.9	4.2	2.8	50.0	38.1	47.3	58.9	50.0	61.9	52.7	41.1
	I1	9.7	3.4	14.3	79.0	18.5	29.0	16.2	12.8	81.5	71.0	83.8	87.2
	I2	6.4	3.3	3.0	-	36.6	37.3	63.0	-	63.4	62.7	37.0	-
	JU	4.3	5.1	9.3	8.5	50.4	62.9	73.5	51.6	49.6	37.1	26.5	48.4
	L1	3.2	1.5	3.8	-	50.6	59.1	36.1	-	49.4	40.9	63.9	-
	PU	1.9	1.2	2.2	13.1	77.0	86.0	82.4	37.3	23.0	14.0	17.6	62.7
	R1	5.7	4.3	10.8	35.8	63.6	67.8	65.7	21.5	36.4	32.2	34.3	78.5
	R2	4.1	2.9	5.3	23.7	52.5	44.5	65.8	24.2	47.5	55.5	34.2	75.8
	R3	5.4	3.8	8.2	4.2	49.6	83.0	80.2	67.8	50.4	17.0	19.8	32.2
	RL1	40.6	3.9	3.4	51.5	3.6	33.8	35.3	18.4	96.4	66.2	64.7	81.6
	RL2	15.5	2.3	9.9	-	31.4	45.0	36.3	-	68.6	55.0	63.7	-

- Resultados de valores de clorofila e do índice de estado trófico das amostras de água da bacia do Lobo

Ponto Coleta	Clorofila ( $\mu\text{g/L}$ )				IET			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AB/L2	1.05	4.88	6.98	2.33	56	63.14	65.75	60.66
AB1	1.99	6.38	14.75	22.32	55.37	60.42	66.41	70.05
G1	1.12	1.4	4.46	-	51	52.08	59.55	
G2	0.56	1.4	1.95	1.4	49.54	54.36	55.74	56.79
I1	2.6	0	3.35	4.46	56.73	52.42	58.76	63.32
I2	17.07	0.98	1.31	-	64.52	51.33	54.01	
JU	22.32	35.22	64.17	13.49	65.47	67.06	71.28	66.92
L1	11.72	2.79	2.51	-	61.89	55.08	58.94	
PU	2.79	0.84	3.07	2.23	54.98	50.42	57.14	58.86
R1	25.51	21.92	67.89	7.67	61.04	60.27	66.01	62.74
R2	9.96	7.57	20.46	26.51	57.68	56.42	61.42	65.01
R3	19.07	43.25	74.87	22.72	59.15	60.75	63.77	63.99
RL1	2.39	2.39	2.79	2.09	55.53	57.36	59.28	59.9
RL2	2.44	1.74	0.35	-	56.06	54.12	50.07	

- Resultados de valores de nitrito, nitrato, íon amônio, nitrogênio orgânico total, fósforo inorgânico, fosfato total dissolvido, fósforo total e silicato reativo das amostras de água da bacia do Lobo

Pontos Coleta	Nitrito (µg/L)				Nitrato (µg/L)				Íon amônio (µg/L)				Nitrogênio orgânico total (mg/L)			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AB/L2	93.8	88.23	95.61	21.3	588.76	726.89	313.99	62.11	445.63	128.43	361.25	0.22	1.07	1.35	1.49	0.75
AB1	6.51	6.95	4.28	6.84	200.5	181.49	78.78	32.85	153.47	120.31	96.76	0.21	0.42	0.7	0.51	0.56
G1	5.97	3.58	4.15		77.21	129.64	31.59		56.47	8.99	36.99		0.84	0.79	0.47	
G2	4.68	3.34	2.81	4.64	320.57	280.62	106.22	33.92	108.1	6.96	31.1	0.21	0.42	0.33	0.56	0.42
I1	4.2	4.65	4.18	9.89	112.15	154.74	85.1	33.16	73.79	19.2	60.24	0.36	0.7	0.7	0.37	0.51
I2	4.43	4.59	6.51		105.92	189.36	63.08		54.32	9.28	18.33		0.28	0.37	0.33	
JU	5.78	2.75	1.64	4.83	579.18	680.56	22.26	20.86	290.82	18.65	30.67	0.33	0.61	0.79	0.51	0.37
L1	3.16	4.02	2.12		52.22	140.89	29.07		63.31	7.03	37.27		0.33	0.65	0.37	
PU	2.59	2.44	3.04	4.4	90.27	70.27	25.82	13.07	90.27	6.7	23.25	0.22	0.79	0.33	0.37	0.47
R1	4.92	3.56	4.1	6.58	52.35	145.76	24.98	21.79	204.93	26.47	36.35	0.47	0.23	0.89	0.37	0.42
R2	3.72	4.1	2.85	5.08	259.24	121.72	24.79	17.14	64.02	25.05	22.19	0.35	0.28	0.75	0.37	0.79
R3	3.69	1.47	0.99	3.03	72.07	852.64	111.21	12.97	15.67	13.03	20.74	0.15	0.28	0.75	0.51	0.84
RL1	4.8	3.85	3.14	8.92	48.61	88.62	49.68	32.91	51.11	7.55	36.84	0.36	0.28	0.61	0.51	0.42
RL2	5.77	4.35	3.52		58.67	255.39	58.02		30.1	12.82	28.64		0.89	0.93	0.42	

Pontos Coleta	Fósforo inorgânico (µg/L)				Fosfato total dissolvido (µg/L)				Fósforo total (µg/L)				Silicato reativo (mg/L)			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AB/L2	126.61	155.65	214.54	93.47	151.25	184.19	231.6	119.99	201.93	242.43	365.3	321.55	2.24	3.02	0.76	128.15
AB1	4.85	10.22	44.97	38.9	13.18	14.45	56.57	64.06	54.23	54.53	135.46	275.18	2.86	3.15	0.57	36.13
G1	6.47	17.14	46.43		9.61	17.85	53.26		26.49	27.62	70.52		1.26	1.39	0.32	
G2	8.29	11.45	42.15	4.61	18.1	13.11	50.5	25.38	47.94	66.6	64.49	169.65	0.4	1.58	0.54	11.2
I1	11.51	12.25	49.78	39.76	20.11	21.68	59.95	84.7	58.44	54.94	84.13	301.82	6.82	9.55	1.77	17.05
I2	12.99	14.61	51.31		20.74	15.48	56.71		51.29	37.02	64.3		1.75	2.32	0.65	
JU	11.63	3.96	45.92	21.23	18.25	11.97	53.21	44.06	47.17	40.73	75.96	190.86	1.69	2.04	0.32	38.88
L1	5.26	12.16	43.1		9.33	13.53	47.04		34.77	27.62	145.57		0.4	1.35	0.12	
PU	5.59	7.14	43.62	20.79	11.14	10.18	49.04	43.23	26.58	34.14	52.05	171.69	0.41	1.44	0.58	48.85
R1	12.64	11.7	51.96	57.02	23.1	16.68	65.75	84.11	61.94	54.38	144.8	286.66	1.25	2.26	0.46	7.55
R2	6.32	5.8	46.79	38.18	14.07	11.44	56.22	63.69	43.76	36.07	83.94	222.55	1.09	2.39	0.55	5.85
R3	5.5	6.42	42.43	20.65	13.44	14.26	55.17	43.78	41.98	36.69	63.71	180.33	1.12	2.12	0.42	5.46
RL1	9.16	14.69	58.67	39.86	15.72	17.32	66.02	84.31	42.57	85.89	139.35	285.62	7.92	8.83	1.92	19.05
RL2	11.35	12.71	48.51		16.59	13.01	56.53		50.43	41.8	128.66		2.17	1.63	0.36	

- Resultados dos valores de metais totais nas amostras de água da bacia do Lobo

Pontos Coleta	Chumbo (mg/L)				Níquel (mg/L)				
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª a	
AB/L2	AB/L2	0.34	0.03	ND	ND	ND	ND	ND	ND
AB1	AB1	0.24	0.17	ND	ND	ND	0.024	ND	ND
G1	G1	0.13	0.03	ND		ND	0.036	ND	
G2	G2	0.17	0.04	ND	ND	ND	0.079	ND	ND
I1	I1	0.01	0.00	ND	ND	ND	0.029	ND	0.005
I2	I2	0.12	0.02	ND		ND	0.048	ND	
JU	JU	0.43	0.07	ND	ND	0.023	0.037	ND	ND
L1	L1	0.52	0.16	ND		0.001	0.032	ND	
PU	PU	0.51	0.00	ND	ND	ND	0.030	ND	ND
R1	R1	0.42	0.10	ND	ND	ND	ND	ND	0.007
R2	R2	0.39	0.36	ND	ND	ND	0.078	0.002	ND
R3	R3	0.91	0.24	ND	ND	ND	ND	ND	0.005
RL1	RL1	0.07	0.00	ND	ND	ND	ND	ND	0.019
RL2	RL2	0.20	0.00	ND		ND	ND	ND	

ND: não detectado pelo método

Pontos Coleta	Cádmio (mg/L)				Cobre (mg/L)			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AB/L2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
AB1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
G1	ND	ND	ND		ND	ND	ND	
G2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
I1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
I2	ND	ND	ND		ND	ND	ND	
JU	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
L1	ND	ND	ND		ND	ND	ND	
PU	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
R1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
R2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
R3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
RL1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
RL2	ND	ND	ND		ND	ND	ND	

ND: não detectado pelo método

Pontos Coleta	Ferro (mg/L)				Magnésio (mg/L)			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AB/L2	4.125	0.929	ND	0.759	0.567	0.523	0.618	0.530
AB1	1.095	0.733	0.185	1.366	0.654	0.647	0.812	0.590
G1	0.212	0.127	ND		0.113	0.107	0.066	
G2	1.349	3.472	ND	ND	0.258	0.261	0.293	0.228
I1	2.110	0.603	1.544	4.820	1.330	1.529	1.874	1.069
I2	1.581	0.664	0.191		0.759	0.477	0.507	
JU	1.190	0.185	ND	ND	0.482	0.387	0.415	0.373
L1	0.239	0.109	ND		0.050	0.050	0.114	
PU	ND	ND	ND	0.622	0.092	0.091	0.125	0.159
R1	0.590	0.085	ND	4.332	0.465	0.402	0.478	0.487
R2	0.661	0.238	ND	1.197	0.471	0.320	0.329	0.426
R3	1.646	ND	ND	ND	0.529	0.397	0.427	0.378
RL1	2.104	1.189	0.505	4.869	2.135	1.947	2.307	1.521
RL2	2.595	0.091	ND		0.556	0.274	0.234	

ND: não detectado pelo método

Pontos Coleta	Manganês (mg/L)				Zinco (mg/L)			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AB/L2	0.027	ND	ND	ND	ND	0.191	ND	0.146
AB1	0.002	ND	ND	ND	0.097	0.097	ND	0.054
G1	ND	ND	ND		0.000	0.090	ND	
G2	0.011	0.026	ND	ND	0.070	0.084	ND	2.622
I1	ND	ND	ND	ND	0.073	0.109	ND	ND
I2	ND	ND	ND		ND	0.151	ND	
JU	ND	ND	ND	ND	0.043	0.347	ND	ND
L1	ND	ND	ND		0.049	0.287	ND	
PU	ND	ND	ND	ND	0.016	0.156	ND	ND
R1	ND	ND	ND	ND	0.143	0.100	ND	ND
R2	ND	ND	ND	ND	0.130	0.271	ND	ND
R3	ND	ND	ND	ND	0.083	0.203	ND	0.295
RL1	0.026	ND	ND	ND	0.013	0.190	ND	ND
RL2	0.028	ND	ND		ND	0.104	ND	

ND: não detectado pelo método

Pontos	Coleta	Cromo (mg/L)				Cobalto (mg/L)			
		1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
	AB/L2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	AB1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	G1	ND	ND	ND		ND	ND	ND	
	G2	ND	ND	ND	ND	0.004	ND	ND	ND
	I1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	I2	ND	ND	ND		ND	ND	ND	
	JU	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	L1	ND	ND	ND		ND	ND	ND	
	PU	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	R1	ND	ND	ND	ND	ND	0.023	ND	ND
	R2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	R3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	RL1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	RL2	ND	ND	ND		ND	ND	ND	
ND: não detectado pelo método									

- Granulometria (%) das amostras de sedimento da bacia do Lobo

Pontos de coleta	1ª coleta						2ª coleta						3ª coleta						4ª coleta					
	ARG	SIL	AF	AM	AG	P	ARG	SIL	AF	AM	AG	P	ARG	SIL	AF	AM	AG	P	ARG	SIL	AF	AM	AG	P
AB/L2	5	2	36	56	1	0	6	1	20	70	3	0	6	0	69	23	2	0	7	0	17	73	3	0
AB1	5	2	9	52	32	0	7	1	49	41	2	0	12	11	39	34	4	0	NC	NC	NC	NC	NC	NC
G1	5	0	10	58	27	0	6	0	11	45	38	0	11	1	44	41	3	0	NC	NC	NC	NC	NC	0
G2	5	0	13	70	12	0	5	1	7	68	19	0	6	1	39	52	2	0	7	1	14	53	25	0
I1	7	2	45	45	1	0	4	0	28	66	2	0	15	15	40	28	2	0	6	4	7	59	24	0
I2	5	1	71	20	3	0	4	0	32	63	1	0	6	1	58	33	2	0	NC	NC	NC	NC	NC	NC
JU	6	2	35	55	2	0	6	1	31	57	5	0	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
L1	8	3	39	48	2	0	10	1	6	71	12	0	6	0	59	32	3	0	NC	NC	NC	NC	NC	NC
PU	4	1	47	46	2	0	6	1	49	43	1	0	7	0	50	41	2	0	7	0	28	50	15	0
R1	7	18	37	34	4	0	9	25	53	10	3	0	17	20	46	16	1	0	18	28	41	9	4	0
R2	12	48	0	37	3	0	17	26	48	7	2	0	22	21	41	15	1	0	17	12	43	27	1	0
R3	8	2	87	3	0	0	23	45	29	3	0	0	23	47	27	3	0	0	21	50	29	0	0	0
RL1	4	2	11	79	4	0	4	1	5	51	39	0	6	1	47	36	10	0	7	2	21	62	8	0
RL2	4	1	45	49	1	0	4	1	56	38	1	0	5	1	62	30	2	0	NC	NC	NC	NC	NC	NC

ARG: argila; SIL: silte; AF: areia fina; AM: areia média; AG: areia grossa; P: pedregulho; NC: não coletado

- Resultado dos valores de matéria orgânica e inorgânica de sedimento da bacia do Lobo

Pontos Coleta	Matéria orgânica (%)				Matéria inorgânica (%)			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AB/L2	0.35	3.70	1.13	0.29	99.65	96.30	98.87	99.71
AB1	0.60	14.46	7.84	NC	99.40	85.54	92.16	NC
G1	0.27	0.41	1.86	NC	99.73	99.59	98.14	NC
G2	0.34	0.29	0.59	0.13	99.66	99.71	99.41	99.87
I1	0.88	0.32	9.14	0.38	99.12	99.68	90.86	99.62
I2	0.23	0.48	0.48	NC	99.77	99.52	99.52	NC
JU	2.48	2.54	NC	NC	97.52	97.46	NC	NC
L1	2.71	9.58	0.37	NC	97.29	90.42	99.63	NC
PU	0.30	4.23	0.42	0.26	99.70	95.77	99.58	99.74
R1	7.06	29.30	31.16	33.85	92.94	70.70	68.84	66.15
R2	9.95	20.76	16.64	7.60	90.05	79.24	83.36	92.40
R3	23.93	35.34	26.64	22.26	76.07	64.66	73.36	77.74
RL1	0.33	5.66	0.54	0.60	99.67	94.34	99.46	99.40
RL2	0.37	0.71	0.19	NC	99.63	99.29	99.81	NC

NC: não coletado

- Resultado dos valores de nitrogênio orgânico total e de fósforo total das amostras de sedimento da bacia do Lobo

Pontos Coleta	Fósforo total (µg/g)				Nitrogênio orgânico total (%)			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AB/L2	0.226	0.469	2.356	0.630	0.090	0.120	0.160	0.070
AB1	0.089	0.245	2.953	NC	0.090	0.090	0.160	NC
G1	0.081	0.128	0.778	NC	0.140	0.050	0.210	NC
G2	0.077	0.114	0.520	0.175	0.090	0.050	0.120	0.020
I1	0.158	0.377	5.092	0.197	0.280	0.090	1.910	0.050
I2	0.084	0.128	0.516	NC	0.090	0.050	0.120	NC
JU	0.326	0.378	NC	NC	0.160	0.050	NC	NC
L1	0.220	0.150	0.444	NC	0.090	0.090	0.190	NC
PU	0.082	0.159	0.454	0.230	0.050	0.090	0.090	0.020
R1	2.012	5.459	7.985	6.173	0.050	9.400	0.330	0.230
R2	1.612	4.217	5.058	1.429	1.700	0.370	5.390	1.350
R3	4.164	5.025	6.371	4.458	5.650	0.890	6.810	4.430
RL1	0.108	0.148	0.662	0.230	0.070	0.050	0.190	0.050
RL2	0.103	0.089	0.409	NC	0.070	0.020	0.070	NC

NC: não coletado

- Resultado dos valores de metais biodisponíveis nas amostras de sedimento da bacia do Lobo

Pontos Coleta	Chumbo (mg/Kg)				Níquel (mg/Kg)			
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
AB/L2	11.00	6.00	ND	ND	ND	1.425	1.750	0.125
AB1	4.50	4.00	7.75	NC	0.425	0.975	1.625	NC
G1	2.00	11.25	1.00	NC	0.025	ND	ND	NC
G2	8.75	11.75	0.00	ND	0.550	0.350	0.500	0.325
I1	5.75	2.50	4.25	ND	1.675	ND	2.250	0.550
I2	2.25	4.50	0.00	NC	1.425	ND	1.325	NC
JU	11.00	NC	NC	NC	0.250	NC	NC	NC
L1	14.75	7.00	1.00		0.025	0.325	0.200	NC
PU	4.50	11.50	2.50	ND	1.750	ND	0.200	0.175
R1	17.75	12.75	13.75	ND	1.850	1.450	4.550	3.775
R2	17.25	7.75	3.00	ND	4.375	4.575	3.025	1.575
R3	24.75	20.25	11.00	5.00	4.500	1.225	3.950	2.750
RL1	6.00	8.00	ND	ND	1.050	ND	0.675	0.725
RL2	6.50	2.00	1.75	NC	ND	ND	0.400	NC

ND: não detectado pelo método; NC: não coletado

Pontos Coleta	Cádmio (mg/Kg)				Cobre (mg/Kg)			
	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>
AB/L2	0.750	0.100	ND	ND	0.45	0.725	ND	ND
AB1	ND	ND	ND	NC	0.55	2.325	8.000	NC
G1	ND	ND	ND	NC	ND	0.400	0.350	C
G2	ND	ND	ND	ND	0.2	0.600	ND	ND
I1	0.575	0.300	ND	ND	1.55	0.500	10.775	ND
I2	ND	ND	ND	NC	0	0.350	0.000	NC
JU	ND	NC	NC	NC	2.525	NC	NC	NC
L1	0.025	0.050	ND	NC	1.775	1.175	ND	NC
PU	ND	0.725	ND	ND	0.15	0.800	ND	ND
R1	0.075	0.675	ND	ND	4.825	12.900	14.350	11.525
R2	ND	0.200	ND	ND	8.925	17.875	10.525	4.525
R3	1.025	0.550	ND	ND	16.4	16.875	13.775	14.300
RL1	ND	ND	ND	ND	0.7	0.675	0.400	ND
RL2	ND	ND	ND	NC	0.05	0.400	ND	NC

ND: não detectado pelo método; NC: não coletado

Pontos Coleta	Ferro (mg/Kg)				Magnésio (mg/Kg)			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AB/L2	433.475	554.275	970.375	193.300	12.753	19.860	16.195	2.008
AB1	134.500	262.300	1859.200	NC	10.520	35.160	32.465	NC
G1	65.950	49.525	776.450	NC	7.983	15.888	9.645	NC
G2	250.300	211.200	653.025	101.675	11.978	16.338	6.665	2.855
I1	837.975	150.925	2065.225	269.075	61.975	43.375	104.608	39.005
I2	98.525	82.275	239.175	NC	12.660	19.825	3.505	NC
JU	623.400	NC	NC	NC	45.128	NC	NC	NC
L1	627.200	620.775	204.900	NC	13.688	17.433	ND	NC
PU	93.250	392.550	331.625	108.100	11.243	27.830	9.388	17.333
R1	1759.825	2216.375	1845.375	1877.757	47.610	140.703	100.358	106.278
R2	2076.400	2374.125	1938.650	1730.699	68.775	118.483	45.285	32.680
R3	2494.825	2511.250	2057.725	2078.493	78.155	108.470	65.583	57.393
RL1	279.225	190.200	508.600	475.725	20.340	41.803	31.610	44.188
RL2	101.625	127.150	99.300	NC	8.615	17.563	0.723	NC

ND: não detectado pelo método; NC: não coletado

Pontos Coleta	Manganês (mg/Kg)				Zinco (mg/Kg)			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AB/L2	10.350	9.425	18.175	ND	ND	1.120	1.035	ND
AB1	13.600	42.050	154.175	NC	ND	0.393	11.420	NC
G1	0.025	0.050	ND	NC	ND	ND	ND	NC
G2	6.025	1.975	7.275	ND	ND	ND	ND	ND
I1	89.350	13.700	631.068	13.925	ND	ND	13.173	ND
I2	6.800	5.625	3.025	NC	ND	ND	0.000	NC
JU	36.575	NC	NC	NC	ND	NC	NC	NC
L1	1.200	0.975	ND	NC	ND	ND	ND	NC
PU	2.025	3.075	ND	ND	ND	ND	ND	ND
R1	71.425	174.375	174.325	166.700	19.715	35.690	64.260	44.015
R2	111.500	238.650	131.325	43.000	38.643	59.270	33.293	13.093
R3	224.300	280.250	215.125	146.700	25.150	29.205	19.633	18.783
RL1	9.525	14.900	42.625	31.375	ND	ND	ND	ND
RL2	0.725	0.200	ND	NC	ND	ND	ND	NC

ND: não detectado pelo método; NC: não coletado

Pontos Coleta	Cromo (mg/Kg)				Cobalto (mg/Kg)			
	1ª	2ª	3ª	4ª	1ª	2ª	3ª	4ª
AB/L2	2.600	1.450	ND	ND	ND	ND	ND	ND
AB1	0.850	5.175	ND	NC	ND	ND	2.700	NC
G1	0.500	2.575	ND	NC	ND	ND	ND	NC
G2	0.150	2.650	ND	0.000	ND	ND	ND	ND
I1	ND	2.175	ND	0.000	ND	ND	7.675	ND
I2	0.925	2.325	ND	NC	ND	ND	ND	NC
JU	3.275	NC	NC	NC	ND	NC	NC	NC
L1	1.750	2.825	ND	NC	ND	ND	ND	NC
PU	2.725	2.150	ND	ND	ND	ND	ND	ND
R1	3.875	2.900	ND	ND	ND	1.475	5.275	1.025
R2	5.350	2.350	ND	ND	2.225	6.075	6.600	ND
R3	4.775	2.950	ND	ND	0.775	7.850	0.425	ND
RL1	ND	1.950	ND	ND	0.125	ND	ND	ND
RL2	0.175	3.025	ND	NC	ND	ND	ND	NC

ND: não detectado pelo método; NC: não coletado

**APÊNDICE F –**  
**APLICAÇÃO DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DE HABITAT NOS SISTEMAS**  
**LÓTICOS DA BACIA DO LOBO**

Pontos de coleta	EF	DRC	AS	DS	CF	AC	EM		PVR		EVR		SOMA
							ME	MD	ME	MD	ME	MD.	
AB/L2	3	8	8	8	8	18	7	4	4	1	1	1	71
AB1	3	3	13	3	8	8	1	1	1	1	1	1	44
G1	18	18	8	13	8	18	10	10	10	10	4	4	131
G2	3	18	8	8	8	13	7	4	1	1	1	1	73
I1	8	13	13	8	8	18	4	4	1	1	1	1	80
I2	8	18	13	13	13	18	7	7	1	4	1	1	104
JU	8	18	13	13	13	13	10	4	7	1	4	1	105
L1	18	18	13	13	8	18	10	10	10	10	10	10	148
PU	3	8	8	3	8	8	1	4	1	1	1	1	47
RL1	8	13	13	8	3	18	4	4	7	7	7	3	95
RL2	13	18	18	18	18	18	7	7	7	7	10	10	151

EF: estabilidade e diversidade de fundo; DRC: desenvolvimento de remansos e corredeiras; AS: acomodação do substrato; DS: deposição de sedimentos; CF: condições de fluxo; AC: alterações no canal do rio; EM: estabilidade das margens; PVR: presença de vegetação ripária; EVR: extensão da vegetação ripária; ME: margem esquerda; MD: margem direita

**APÊNDICE G – RESULTADO DAS ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)  
DAS AMOSTRAS DE ÁGUA E SEDIMENTO DA BACIA DO LOBO**

Tabela 16 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da bacia do Lobo durante o período de estudo (todos os períodos de coleta)

<b>Variáveis</b>	<b>Componente principal I</b>	<b>Componente principal II</b>	<b>Componente principal III</b>
Nitrogênio total	<b>-0,6297</b>	0,3179	0,3569
Nitrito	<b>-0,7530</b>	0,1120	0,0743
Nitrato	-0,6391	<b>0,6654</b>	0,1597
Amônio	-0,1933	<b>0,8596</b>	-0,3198
Fosfato inorgânico	<b>-0,8111</b>	-0,2746	0,3829
Fosfato total dissolvido	<b>-0,8910</b>	-0,2345	0,3118
Fósforo total	<b>-0,9356</b>	-0,1550	0,1878
Silicato	-0,5609	<b>-0,5879</b>	0,4389
Material em suspensão	<b>-0,8081</b>	-0,3551	-0,3846
Material em suspensão inorgânico	<b>-0,7060</b>	-0,4109	-0,4922
Material em suspensão orgânico	<b>-0,7712</b>	-0,3025	-0,1794
pH	<b>-0,9054</b>	0,2068	0,1644
Condutividade	<b>-0,8463</b>	0,0342	-0,0821
Oxigênio dissolvido	<b>-0,5271</b>	0,4564	0,0779
Temperatura	<b>-0,8641</b>	0,2322	0,1624
Turbidez	<b>-0,8294</b>	0,1111	-0,3044
Chumbo	-0,0250	<b>0,6846</b>	-0,3503
Ferro	-0,5272	-0,0411	<b>-0,7554</b>
Magnésio	<b>-0,5942</b>	-0,0735	-0,3218
Precipitação	0,1818	<b>-0,7675</b>	-0,3044
<b>Porcentagem da variância explicada</b>	<b>33,74%</b>	<b>17,86%</b>	<b>15,08%</b>
<b>Total da variância explicada</b>		<b>66,68%</b>	

Tabela 17 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da bacia do Lobo durante o período de coleta de abril de 2010

Variáveis	Componente principal I	Componente principal II	Componente principal III
Nitrogênio total	0,3416	0,3902	<b>0,5494</b>
Nitrito	<b>0,8350</b>	0,4798	0,1561
Nitrato	0,4082	<b>0,5600</b>	0,0443
Amônio	0,4519	<b>0,6155</b>	0,0302
Fosfato inorgânico	<b>0,8814</b>	0,3536	0,0903
Fosfato total dissolvido	<b>0,8932</b>	0,3745	0,0527
Fósforo total	<b>0,9096</b>	0,2860	0,1464
Silicato	0,6124	<b>0,6760</b>	0,0278
Material em suspensão	<b>0,8507</b>	0,3502	-0,1052
Material em suspensão inorgânico	<b>0,8050</b>	0,4502	0,1815
Material em suspensão orgânico	<b>0,7661</b>	0,4279	0,0937
pH	0,2849	0,0540	<b>0,8730</b>
Condutividade	<b>0,8354</b>	0,3218	0,3029
Oxigênio dissolvido	<b>0,7610</b>	0,4492	0,1794
Temperatura	0,2293	0,6166	<b>0,6339</b>
Turbidez	0,4975	<b>0,6364</b>	0,4361
Chumbo	0,3242	0,4788	<b>0,5950</b>
Ferro	<b>0,8747</b>	0,2381	0,0259
Magnésio	0,5835	<b>0,7482</b>	0,1712
<b>Porcentagem da variância explicada</b>	<b>33,35%</b>	<b>23,36%</b>	<b>12,31%</b>
<b>Total da variância explicada</b>		<b>69,03%</b>	

Tabela 18 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da bacia do Lobo durante o período de coleta de julho de 2010

Variáveis	Componente principal I	Componente principal II	Componente principal III
Nitrogênio total	<b>-0,5478</b>	-0,5314	-0,0707
Nitrito	<b>-0,7628</b>	-0,5752	-0,0808
Nitrato	-0,3780	-0,2483	<b>0,6570</b>
Amônio	<b>-0,6760</b>	-0,3519	0,0665
Fosfato inorgânico	<b>-0,6890</b>	-0,5513	-0,1510
Fosfato total dissolvido	<b>-0,7979</b>	-0,5336	-0,0564
Fósforo total	<b>-0,9363</b>	-0,1482	0,0791
Silicato	<b>-0,6166</b>	0,5542	-0,4936
Material em suspensão	-0,3732	0,5588	<b>0,7110</b>
Material em suspensão inorgânico	-0,3824	<b>0,6160</b>	0,3995
Material em suspensão orgânico	-0,2011	0,2575	<b>0,8981</b>
pH	<b>-0,7383</b>	0,4335	-0,0408
Condutividade	<b>-0,9116</b>	0,2760	-0,0933
Oxigênio dissolvido	<b>0,7360</b>	0,4856	-0,0823
Temperatura	0,2529	-0,5225	<b>0,6672</b>
Turbidez	-0,6093	<b>0,7111</b>	0,0956
Magnésio	<b>-0,6381</b>	0,6083	-0,3883
<b>Porcentagem da variância explicada</b>	<b>26,69%</b>	<b>22,29%</b>	<b>14,08%</b>
<b>Total da variância explicada</b>		<b>65,06%</b>	

Tabela 19 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da bacia do Lobo durante o período de coleta de outubro de 2010

Variáveis	Componente principal I	Componente principal II	Componente principal III
Nitrogênio total	<b>-0,7839</b>	-0,5259	0,1588
Nitrito	<b>-0,7936</b>	-0,4959	-0,0490
Nitrato	<b>-0,7291</b>	-0,2128	-0,0108
Amônio	-0,5351	0,5276	<b>-0,5860</b>
Fosfato inorgânico	<b>-0,8612</b>	-0,4196	0,0580
Fosfato total dissolvido	<b>-0,8922</b>	-0,3589	0,1339
Fósforo total	<b>-0,7752</b>	-0,2656	0,1032
Silicato	<b>-0,8597</b>	-0,3448	-0,0012
Material em suspensão	-0,3882	<b>0,5808</b>	0,5597
Material em suspensão inorgânico	<b>-0,5343</b>	0,4600	0,0966
Material em suspensão orgânico	-0,0424	0,3715	<b>0,8903</b>
pH	<b>-0,4710</b>	0,2558	0,2152
Condutividade	<b>-0,8517</b>	0,3963	-0,0792
Oxigênio dissolvido	0,0948	-0,3615	<b>-0,6332</b>
Temperatura	0,4643	<b>-0,5999</b>	0,2927
Turbidez	-0,3208	<b>0,7166</b>	-0,0366
Magnésio	-0,5903	<b>0,6351</b>	-0,4496
<b>Porcentagem da variância explicada</b>	<b>28,46%</b>	<b>21,46%</b>	<b>12,41%</b>
<b>Total da variância explicada</b>		<b>62,33%</b>	

Tabela 20 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da bacia do Lobo durante o período de coleta de janeiro de 2011

Variáveis	Componente principal I	Componente principal II	Componente principal III
Nitrogênio total	-0,0131	<b>0,4024</b>	-0,0001
Nitrito	<b>-0,8267</b>	0,1636	-0,5021
Nitrato	-0,5947	0,1647	<b>-0,6378</b>
Amônio	-0,5213	<b>-0,7621</b>	0,2286
Fosfato inorgânico	<b>-0,8575</b>	0,0264	-0,0343
Fosfato total dissolvido	<b>-0,9539</b>	0,0196	-0,0489
Fósforo total	<b>-0,9740</b>	-0,0316	-0,1045
Silicato	-0,2978	0,4743	<b>-0,5896</b>
Material em suspensão	<b>-0,9433</b>	-0,0575	0,1732
Material em suspensão inorgânico	<b>-0,9334</b>	-0,0877	0,1508
Material em suspensão orgânico	<b>-0,9546</b>	0,0102	0,1357
pH	-0,4921	<b>0,7066</b>	0,3748
Condutividade	<b>-0,7322</b>	0,4586	-0,0215
Oxigênio dissolvido	0,3738	<b>0,7287</b>	0,2032
Temperatura	0,0096	<b>0,7411</b>	0,4271
Turbidez	<b>-0,7825</b>	-0,1486	-0,1240
Ferro	<b>-0,8154</b>	-0,3149	0,3934
Magnésio	<b>-0,7820</b>	0,1311	0,3611
<b>Porcentagem da variância explicada</b>	<b>38,27%</b>	<b>16,24%</b>	<b>14,57%</b>
<b>Total da variância explicada</b>		<b>69,08%</b>	

Tabela 21 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de sedimento da bacia do Lobo durante o período de estudo (todos os períodos de coleta)

Variáveis	Componente principal I	Componente principal II	Componente principal III
Nitrogênio total	<b>-0,7191</b>	-0,3157	0,0776
Fósforo total	<b>-0,8904</b>	-0,3240	-0,1576
Matéria orgânica	<b>-0,9083</b>	-0,1465	0,0414
Argila	<b>-0,8080</b>	0,3174	-0,4058
Silte	<b>-0,8739</b>	-0,2496	-0,1513
Areia fina	<b>-0,5169</b>	0,4937	-0,1657
Areia média	-0,0588	<b>0,8994</b>	-0,3226
Areia grossa	0,0779	<b>0,6248</b>	-0,4145
Cádmio	-0,3909	0,1108	<b>0,6165</b>
Chumbo	<b>-0,6390</b>	0,3921	0,4792
Cobalto	<b>-0,7464</b>	-0,2763	-0,0139
Cobre	<b>-0,9424</b>	-0,2436	0,0725
Cromo	-0,3438	0,4815	<b>0,6449</b>
Ferro	<b>-0,8268</b>	0,3784	-0,2519
Magnésio	<b>-0,8545</b>	0,3046	-0,0797
Manganês	<b>-0,9011</b>	-0,0895	-0,0680
Níquel	<b>-0,8335</b>	-0,2154	-0,1967
Zinco	<b>-0,8413</b>	-0,2577	-0,1372
Precipitação	0,3538	<b>-0,6529</b>	-0,3922
<b>Porcentagem da variância explicada</b>	<b>37,94%</b>	<b>20,52%</b>	<b>14,20%</b>
<b>Total da variância explicada</b>		<b>72,66%</b>	

Tabela 22 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de sedimento da bacia do Lobo durante o período de coleta de abril de 2010

Variáveis	Componente principal I	Componente principal II	Componente principal III
Nitrogênio total	<b>-0,8340</b>	-0,1765	0,4662
Fósforo total	<b>-0,9389</b>	-0,0930	0,1115
Matéria orgânica	<b>-0,9604</b>	-0,0015	-0,0101
Argila	<b>-0,8028</b>	0,2859	-0,0996
Silte	<b>-0,7156</b>	0,5052	-0,3655
Areia fina	0,1104	<b>-0,9311</b>	-0,1820
Areia média	<b>0,7692</b>	0,4562	-0,3647
Areia grossa	0,4695	<b>0,5946</b>	0,2451
Cádmio	-0,4915	<b>-0,6757</b>	0,0902
Chumbo	<b>-0,8103</b>	-0,0809	-0,4010
Cobalto	<b>-0,7643</b>	0,4348	0,2979
Cobre	<b>-0,9800</b>	0,0118	-0,0520
Cromo	<b>-0,7250</b>	0,0502	-0,1694
Ferro	<b>-0,9112</b>	-0,0189	-0,3299
Magnésio	<b>-0,8792</b>	-0,0255	-0,1378
Manganês	<b>-0,8456</b>	-0,0409	-0,0568
Níquel	<b>-0,7697</b>	0,0842	0,3514
Zinco	<b>-0,9215</b>	0,2178	0,1075
<b>Porcentagem da variância explicada</b>	<b>45,97%</b>	<b>16,06%</b>	<b>13,16%</b>
<b>Total da variância explicada</b>		<b>76,19%</b>	

Tabela 23 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de sedimento da bacia do Lobo durante o período de coleta de julho de 2010

Variáveis	Componente principal I	Componente principal II	Componente principal III
Nitrogênio total	<b>-0,6741</b>	0,0492	0,0631
Fósforo total	<b>-0,9476</b>	0,1894	-0,1505
Matéria orgânica	<b>-0,8377</b>	0,0330	-0,1759
Argila	<b>-0,8376</b>	0,0689	-0,3301
Silte	<b>-0,9509</b>	0,2372	-0,2002
Areia fina	-0,3975	<b>0,6499</b>	0,5818
Areia média	<b>0,9308</b>	-0,1445	0,0919
Areia grossa	0,4536	-0,5444	<b>-0,5935</b>
Cádmio	<b>-0,6643</b>	0,1015	0,3501
Chumbo	-0,5688	<b>-0,7055</b>	0,0134
Cobalto	<b>-0,9099</b>	0,1355	-0,2171
Cobre	<b>-0,9890</b>	-0,0015	-0,0896
Cromo	-0,2643	<b>-0,6523</b>	0,4882
Ferro	<b>-0,7856</b>	-0,4944	0,2265
Magnésio	<b>-0,7875</b>	-0,4597	0,3086
Manganês	<b>-0,9042</b>	-0,0328	0,0619
Níquel	<b>-0,8099</b>	0,0385	-0,1941
Zinco	<b>-0,9595</b>	0,1357	-0,1587
<b>Porcentagem da variância explicada</b>	<b>45,15%</b>	<b>15,43%</b>	<b>14,18%</b>
<b>Total da variância explicada</b>		<b>74,76%</b>	

Tabela 24 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de sedimento da bacia do Lobo durante o período de coleta de outubro de 2010

<b>Variáveis</b>	<b>Componente principal I</b>	<b>Componente principal II</b>	<b>Componente principal III</b>
Nitrogênio total	<b>-0,7785</b>	-0,3834	-0,2693
Fósforo total	<b>-0,9667</b>	0,0344	0,1738
Matéria orgânica	<b>-0,9826</b>	-0,0242	0,0973
Argila	<b>-0,9572</b>	-0,0929	-0,1447
Silte	<b>-0,9622</b>	-0,0042	0,0050
Areia fina	<b>0,6794</b>	-0,0443	0,6565
Areia média	<b>0,7298</b>	0,5901	-0,0003
Areia grossa	0,4084	<b>0,8182</b>	-0,0554
Chumbo	<b>-0,7996</b>	-0,1144	0,2626
Cobalto	<b>-0,8036</b>	0,3868	0,2601
Cobre	<b>-0,9797</b>	0,0883	0,0664
Ferro	<b>-0,8757</b>	0,2350	-0,1781
Magnésio	<b>-0,8577</b>	0,3326	-0,1947
Manganês	<b>-0,8819</b>	0,3287	-0,0976
Níquel	<b>-0,8864</b>	-0,0115	0,2182
Zinco	<b>-0,9615</b>	0,0792	0,2439
<b>Porcentagem da variância explicada</b>	<b>56,45%</b>	<b>14,91%</b>	<b>12,22%</b>
<b>Total da variância explicada</b>		<b>85,58%</b>	

Tabela 25 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de sedimento da bacia do Lobo durante o período de coleta de janeiro de 2011

<b>Variáveis</b>	<b>Componente principal I</b>	<b>Componente principal II</b>	<b>Componente principal III</b>
Nitrogênio total	-0,7648	-0,6370	-0,2340
Fósforo total	-0,9569	0,1426	0,1606
Matéria orgânica	-0,9891	0,1167	0,0594
Argila	-0,9800	-0,0692	0,0652
Silte	-0,9872	-0,0512	-0,1047
Areia fina	-0,5479	-0,0095	0,7313
Areia média	0,8843	0,3260	-0,0018
Areia grossa	0,7733	0,3562	-0,3139
Chumbo	-0,6193	-0,6648	-0,0928
Cobalto	-0,5408	0,8071	0,1378
Cobre	-0,9891	-0,0089	0,0849
Ferro	-0,9409	0,0061	-0,1340
Magnésio	-0,7081	0,2599	-0,5559
Manganês	-0,8742	0,1105	-0,4111
Níquel	-0,9701	0,1895	-0,0996
Zinco	-0,5408	0,8071	0,1378
<b>Porcentagem da variância explicada</b>	<b>53,29%</b>	<b>18,61%</b>	<b>13,56%</b>
<b>Total da variância explicada</b>		<b>85,46%</b>	

**ANEXO A – PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DE HABITATS**

- Protocolo simplificado de avaliação de habitat modificado de Hannaford *et al.*(1997), Barbour *et al.* (1999) e Callisto *et al.* (2002) para trechos de cabeceira (para altos gradientes ou até a 4ª ordem) (BARBOSA, 2003).

Parâmetros de habitat	Categorias			
	Ótimo (18 pontos)	Sub-ótimo (13 pontos)	Mediano (8 pontos)	Pobre (3 pontos)
<b>1-Estabilidade e diversidade de fundo</b>	Mais de 70% é um misto de pedaços de troncos submersos, folhas, galhos e outros habitats estáveis.	40-70% são habitats estáveis sem evidência de alteração ou assoreamento.	20-40% de habitats estáveis: substratos freqüentemente modificados	Menos que 20% de substratos estáveis: substrato instável ou ausente.
<b>2-Desenvolvimento de remansos e corredeiras</b>	Remansos e corredeiras bem desenvolvidos: remansos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio	Remansos com largura igual a do rio mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio	Corredeiras podem estar ausentes: remansos não tão largos quanto o rio e seu comprimento é menor que o dobro da largura do rio	Remansos ou corredeiras inexistentes
<b>3 –Acomodação do substrato</b>	Cascalhos, seixos e pedregulhos (texturas grosseiras) rodeados por 0-25% de material fino	Texturas grosseiras rodeadas por 25 a 50% de sedimento fino.	Texturas grosseiras rodeadas por 50 a 75% de sedimento fino.	Texturas grosseiras rodeadas por mais de 75% de sedimento fino.
<b>4- Deposição de sedimentos</b>	Menos que 5% do fundo afetado por deposição de sedimento. Deposições marginais pequenas ou ausentes	5 a 30% do fundo afetado. Evidências de deposição recente de sedimentos.	30 a 50% do fundo afetado. Deposição moderada de sedimentos nos remansos. Deposições marginais novas e antigas.	Mais que 50 % do fundo afetado. Remansos ausentes devido a forte deposição de sedimentos.

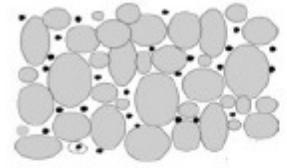
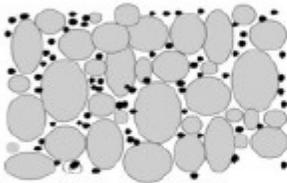
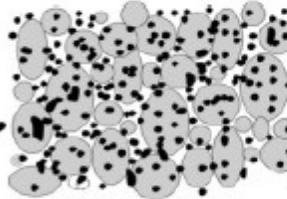
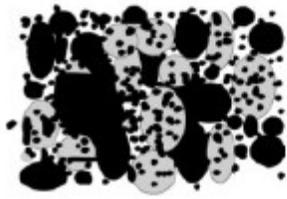
<b>5- Condições de fluxo</b>	Nenhum ou o mínimo do fundo do rio exposto.	Corpo de água é mais que 75 % do canal do rio ou menos que 25% do fundo expostos.	De 25 a 75% do fundo expostos.	Lâmina d'água escassa presente apenas nos remansos.
<b>6- Alterações no canal do rio</b>	Canalização (retificação) ou dragagem ausentes: padrão normal do rio.	Alguma canalização presente, normalmente próximo a construção de pontes: Evidências de modificação a mais de 20 anos.	40 a 80% do rio canalizado ou modificado. Alguma modificação presente nas duas margens	Mais de 80% do rio modificado. Margens cimentadas. Habitats modificados ou removidos.

Parâmetros de habitat	Categorias			
	Ótimo (10 pontos)	Sub-ótimo (7 pontos)	Mediano (4 pontos)	Pobre (1 pontos)
<b>7- Estabilidade das margens (cada margem é pontuada separadamente) *</b>	Margens estáveis. Evidências de erosão mínimas ou ausentes. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis. De 5-30% das margens com erosão.	Moderadamente instáveis. Cerca de 60% da margem afetada. Alto potencial de erosão durante inundações.	Muito instável. Áreas descobertas na curva do rio. Erosão evidente em cerca de 60-100% da margem.
<b>8- Presença da vegetação ripária (cada margem é pontuada separadamente) *</b>	Acima de 90% da vegetação nativa. Fitofisionomia esperada para a região sem evidências de deflorestamento.	Entre 70 a 90% com vegetação ripária nativa. Evidências de deflorestamento mas sem alterar a estrutura esperada.	Entre 50 a 70 % da vegetação nativa. Mata secundária presente, mas não dominante. Deflorestamento evidente.	Menos de 50% da vegetação ripária. Deflorestamento muito acentuado. Mata secundária dominante.
<b>9- Extensão da vegetação ripária (cada margem é pontuada separadamente) *</b>	Atende ao código florestal brasileiro**, 100% ou mais do mínimo exigido.	Não atende ao código florestal em até 66 % do mínimo exigido.	Não atende ao código florestal entre 66 e 33% do mínimo exigido.	Não atende ao código florestal Brasileiro abaixo de 33% do mínimo exigido.

- Protocolo simplificado de avaliação de habitat modificado de Hannaford *et al.* (1997), Barbour *et al.* (1999) e Callisto *et al.* (2002). Parâmetros a serem substituídos nos itens 3 e 4 do protocolo das ordens menores para serem aplicados nos trechos baixos (baixogradiante, trechos acima da 4ª ordem ou áreas não encachoeiradas) (BARBOSA, 2003).

Parâmetros de habitat	Categorias			
	Ótimo (18 pontos)	Sub-ótimo (13 pontos)	Mediano (8 pontos)	Pobre (3 pontos)
<b>3- Características do substrato do remanso</b>	Mistura de materiais no substrato (areia, raízes e vegetação submersa) é comum	Mistura de areia fina, lama ou argila é dominante mas há presença de raízes e outros vegetais submersos.	Todo o fundo é coberto por lama ou argila. Não há depósitos egeais.	Argila consolidada ou rocha. Sem depósitos vegetais.
<b>4- Deposição de sedimentos</b>	Ilhas ou deposição de areia nas margens pouca ou ausente. Menos que 20% do fundo afetado pela deposição.	20 a 50% do fundo afetado pela deposição. Sinais de entradas de novos sedimentos (Cascalho, areia ou sedimentos finos).	Deposição moderada de sedimentos novos. 50 a 80% do fundo afetado. Depósitos causam obstruções nos remansos. Deposições moderadas nas margens.	Mais de 80% do fundo afetado. Material fino depositado nas margens. Remansos ausentes devido a deposição.

- Estimativa do grau de assoreamento baseando-se na acomodação do substrato, modificado de USEPA (1997) e GORDON *et al.* (1992) para uso na variável 3 em rios de até 4ª ordem ou passíveis de avaliação (BARBOSA, 2003).

Visualização do substrato (partículas finas em preto)	Percentual de Assoreamento estimado
	5-25%
	25-50%
	50-75%
	>75%