

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

KENZO GABRIEL MATSUBARA

**Análises limnológicas e utilização da comunidade de peixes para avaliação
dos impactos ambientais na bacia hidrográfica da represa do Lobo,
Itirapina/Brotas (São Paulo, Brasil)**

SÃO CARLOS – SP
2013

KENZO GABRIEL MATSUBARA

**Análises limnológicas e utilização da comunidade de peixes para avaliação
dos impactos ambientais na bacia hidrográfica da represa do Lobo,
Itirapina/Brotas (São Paulo, Brasil)**

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

**Orientador: Prof. Dr. Evaldo Luiz
Gaeta Espíndola**

São Carlos – SP
2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

M434a

Matsubara, Kenzo Gabriel

Análises limnológicas e utilização da comunidade de peixes para avaliação dos impactos ambientais na bacia hidrográfica da represa do Lobo, Itirapina/Brotas (São Paulo, Brasil) / Kenzo Gabriel Matsubara; orientador Evaldo Luiz Gaeta Espíndola. São Carlos, 2013.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2013.

1. limnologia. 2. ictiologia. 3. degradação ambiental. 4. represa do Lobo. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

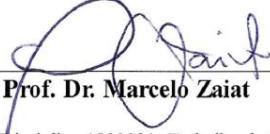
Candidato(a): **Kenzo Gabriel Matsubara**

Monografia defendida e aprovada em: **29/05/2013** pela Comisão Julgadora:


Evaldo Luiz Gaeta Espindola


Welber Senteio Smith


Cláudia Fileto


Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar aos meus pais, Mario e Maria Tereza, por me darem a liberdade de escolher os caminhos seguidos e os que ainda estão por vir na minha vida pessoal e profissional, sempre com o melhor suporte que eu poderia receber, e pelo grande exemplo a ser seguido. Ao meu irmão, Kazuo, pelo companheirismo imensurável. Aos meus padrinhos, Yara e Sylvio, pelo carinho e torcida constante. Aos familiares e em especial ao Shigui, por me ajudar a abrir o leque de possibilidades para minha vida.

Ao professor Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola, pela orientação e ensinamentos não apenas nesse trabalho, mas em todos os momentos em que tivemos contato na vida acadêmica e pessoal.

À Dra. Andrea Novelli, pela sua grande contribuição com as análises estatísticas e à Dra. Cláudia Fileto pelo auxílio e ensino das análises laboratoriais.

Aos técnicos do laboratório do CRHEA, Amândio de Menezes Nogueira e Marcelo de Menezes Nogueira, não apenas pelo auxílio prestado nas coletas de amostras e realização das análises limnológicas em laboratório, mas também pelas conversas, histórias contadas e risadas nos intervalos de almoço do período que passei na beira da represa.

Aos demais funcionários do CRHEA.

Aos colegas Pampers (Eliana Medeiros Ferreira da Silva), Ana Elisa Ferrari Carvalho, André Luís Sanchez, Luciana Diniz de Freitas, Lucas Mendes, Maressa Casali, Bruna Horvath Vieira, Juliana Resende, Ana Vasconcelos e Haroldo Lobo por todo o auxílio prestado.

Ao amigo Gilberto Alkimin, da UNESP Ilha Solteira, pela grande ajuda nas análises dos peixes.

À REP 33 onde já moraram ou ainda moram os(as) melhores companheiros(as) de república que se pode ter, e também à rapeize da Ambiental 08, por tornarem inesquecíveis os anos vividos em São Carlos.

À Letícia, por estar sempre ao meu lado, me dando apoio com muito carinho, ternura, compreensão e amor.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de iniciação científica (processo 2009/17060-0).

RESUMO

MATSUBARA, K. G. Análises limnológicas e utilização da comunidade de peixes para avaliação dos impactos ambientais na bacia hidrográfica da represa do Lobo, Itirapina/Brotas (São Paulo, Brasil). 2013. 87 f. Trabalho de Graduação - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

A bacia hidrográfica da represa do Lobo vem sofrendo diversas alterações antrópicas, tais como monoculturas, pecuária, mineração e atividades para o desenvolvimento turístico da região, verificando-se impactos ao ambiente aquático, o que requeria avaliação e monitoramento dos corpos hídricos. O monitoramento biológico da comunidade de peixes, associado aos estudos limnológicos (água e sedimento), é um dos meios de se avaliar a degradação ambiental, permitindo inferir sobre a saúde dos ecossistemas e da biota aquática. Considerando o acima exposto, o objetivo da pesquisa foi avaliar o impacto antropogênico na bacia hidrográfica dos rios Itaqueri e Lobo, principais formadores da represa do Lobo, por meio da avaliação limnológica e da análise da comunidade de peixes (estrutura, ecomorfologia e dieta alimentar) em ecossistemas lóticos e lênticos. Para tanto, foram realizadas coletas de peixes nos principais tributários e na represa, nos períodos seco, chuvoso e intermediários, além da análise da água e sedimento. Aplicou-se, de forma complementar, o protocolo de avaliação qualitativa do habitat, possibilitando uma análise da relação existente entre os usos e a degradação do ambiente. As análises estatísticas realizadas para água e sedimento demonstram diferenças entre ambientes lóticos e lênticos, ambientes mais ou menos impactados e efeitos da sazonalidade. Os resultados da comunidade de peixes demonstraram alterações na composição e densidade das espécies entre sistemas lóticos e lênticos, além da dominância de espécies mais generalistas (*Astyanax* spp) ou indicadoras de ambientes mais degradados (*Poecilia reticulata*, por exemplo). Uma análise comparativa com estudos anteriores desenvolvidos em 1980 e 2000 revelou redução na riqueza, frequência e abundância das espécies de peixes, indicando que as diversas atividades antropogênicas desenvolvidas têm gerado um quadro de estresse prejudicial à comunidade aquática.

Palavras-chave: limnologia, ictiologia, degradação ambiental e represa do Lobo.

ABSTRACT

MATSUBARA, K. G. Limnological analyzes and use of fish communities to evaluate environmental impacts in the Lobo reservoir watershed, Itirapina / Brotas (São Paulo, Brazil).2013. Trabalho de Graduação - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

Lobo reservoir watershed is suffering various anthropogenic changes, such as monocultures, livestock, mining and activities for the touristic development of the region. Consequently, these activities have caused impacts in the aquatic environment, making necessary to evaluate and monitor the area. Biological monitoring of the fish community is a way to make the assessment of environmental degradation and it's based on the survey of the diversity and abundance of species, their feeding, the limnological characteristics of water and evaluation of sediment, allowing inferences about the ecosystem and fish community health. Considering the aforementioned, the research objective was to evaluate the anthropogenic impacts in Lobo reservoir watershed through limnological analysis and the study of the fish community in lotic and lentic ecosystems. To reach this objective, fish sampling points were distributed in main tributaries and in the reservoir, during the dry, wet and intermediate periods. Samples of water and sediment were collected in order to make the limnological characterization of the aquatic environment. Furthermore, a protocol has been applied for a qualitative evaluation of habitat, allowing an analysis of the relationship between land use and environmental degradation. Statistical analyzes of the water limnological data have allowed a division of the sampling points into three main groups according to their degradation level. Concerning the fish analysis , the dominance of the genus *Astyanax*, classified as generalist, and the significant presence of indicator species for degraded sites (*Poecilia reticulata*, for example), are indicatives of the watershed degradation. Making a comparison with previous works developed in the area, which also used fish as bioindicator, reduction in richness, frequency and abundance of fish species in the basin were noticed, indicating that the various activities in the basin have generated a framework of stress which is harmful to the aquatic community.

Key words: limnology, ichthyology, environmental degradation and Lobo reservoir watershed

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS	4
2.2	ICTIOFAUNA.....	7
2.2.1	Ecomorfologia	8
2.2.2	Conteúdo estomacal.....	9
3	OBJETIVOS	10
4	MATERIAIS E MÉTODOS	11
4.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	11
4.1.1	Represa Carlos Botelho (Lobo-Broa)	13
4.1.2	Uso e ocupação	14
4.1.3	Aspectos climáticos	19
4.1.4	Aspectos geomorfológicos	20
4.1.5	Aspectos geológicos	21
4.1.6	Aspectos da pedologia	22
4.1.7	Aspectos da vegetação.....	23
4.2	ESTAÇÕES DE COLETA E PERÍODOS DE AMOSTRAGEM	26
4.3	ANÁLISES DO COMPARTIMENTO ÁGUA	31
4.4	VARIÁVEIS DO SEDIMENTO	32
4.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS	33
4.6	AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA	34
4.7	ANÁLISE DA COMUNIDADE DE PEIXES	34
4.7.1	Coleta de peixes.....	34
4.7.1.1	Na represa do Lobo	34
4.7.1.2	Nos tributários	35
4.7.2	Procedências e análises iniciais das amostras.....	36
4.7.3	Observação dos pontos de coleta.....	36
4.7.4	Análises estatísticas, frequência relativa e diversidade de espécie	36
4.7.5	Análises ecomorfológicas.....	37
4.7.6	Análise de conteúdo estomacal	39

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1	VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DA ÁGUA	40
5.1.1	pH.....	40
5.1.2	Condutividade	41
5.1.3	Oxigênio dissolvido (OD).....	43
5.1.4	Temperatura	44
5.1.5	Turbidez	45
5.1.6	Nível de eutrofização da água	47
5.1.7	Material em suspensão	51
5.1.8	Nutrientes	53
5.1.8.1	Nitrogenados.....	53
5.1.8.2	Fosfatados	56
5.1.8.3	Silicato reativo	60
5.1.9	Metais.....	61
5.1.9.1	Chumbo.....	61
5.1.9.2	Níquel	62
5.1.9.3	Cádmio.....	63
5.1.9.4	Cobre.....	64
5.1.9.5	Ferro.....	65
5.1.9.6	Magnésio.....	65
5.1.9.7	Manganês	66
5.1.9.8	Zinco	67
5.1.9.9	Cromo	68
5.1.9.10	Cobalto	68
5.1.9.11	Síntese da análise de metais	69
5.1.10	Pesticidas	71
5.1.11	Análise estatística das variáveis limnológicas da água	71
5.1.11.1	Primeira coleta (abril/2010)	72
5.1.11.2	Segunda coleta (julho/2010)	73

5.1.11.3	Terceira coleta (outubro/2010)	74
5.1.11.4	Quarta coleta (janeiro/2011)	75
5.1.11.5	Análise geral dos resultados obtidos para o compartimento água.....	76
5.2	VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DO SEDIMENTO	77
5.2.1	Matéria orgânica	77
5.2.2	Nutrientes	77
5.2.2.1	Nitrogênio orgânico total	78
5.2.2.2	Fósforo total	79
5.2.3	Metais biodisponíveis	80
5.2.3.1	Chumbo	81
5.2.3.2	Níquel	81
5.2.3.3	Cádmio	82
5.2.3.4	Cobre	83
5.2.3.5	Ferro	84
5.2.3.6	Magnésio	85
5.2.3.7	Manganês	86
5.2.3.8	Zinco.....	87
5.2.3.9	Cromo.....	88
5.2.3.10	Cobalto.....	89
5.2.4	Granulometria.....	90
5.2.5	Análise estatística das variáveis limnológicas do sedimento	95
5.3	VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS	96
5.4	PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DE HABITAT	97
5.5	ANÁLISE DA COMUNIDADE ÍCTICA	99
5.5.1	Composição de espécies	99
5.5.2	Abundância e biomassa das espécies.....	101
5.5.3	Variação na composição e frequência das espécies.....	104
5.5.4	Ecomorfologia	110
5.5.5	Conteúdo estomacal.....	117

6 CONCLUSÕES	124
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	126
TRABALHOS CITADOS NÃO CONSULTADOS	133
APÊNDICE A – DADOS NUMÉRICOS DAS VARIÁVEIS LIMNOLOGICAS DA ÁGUA	
136	
APÊNDICE B – DADOS NUMÉRICOS DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DO	
SEDIMENTO.....	144
APÊNDICE C – RESULTADOS NUMÉRICOS DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DE	
HABITAT	150
APÊNDICE D – DADOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CRHEA	151
APÊNDICE E –ANÁLISES DA ICTIOFAUNA	152
ANEXOS	159

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os ecossistemas aquáticos continentais recebem influência direta dos processos que ocorrem na área de drenagem da bacia hidrográfica onde estão localizados, podendo receber, dependendo das atividades realizadas na bacia, resíduos tóxicos industriais, esgotos domésticos, pesticidas, fertilizantes e sedimentos carreados pela chuva de áreas desmatadas, refletindo na qualidade da água consumida pela população local, na biota aquática e indiretamente na biota terrestre dependente da água (MELO, 2003).

Dessa maneira, faz-se necessário a avaliação de tais impactos antropogênicos utilizando a bacia hidrográfica como unidade de estudo, identificando as origens, magnitude e consequências dos impactos diretos e indiretos sobre o ecossistema. Para desenvolver essa pesquisa, dentro da abordagem ecossistêmica, definiu-se a bacia hidrográfica da represa Carlos Botelho (Lobo-Broa) como unidade de estudo, avaliando as modificações antrópicas do meio natural utilizando como indicador biológico a comunidade de peixes, além da caracterização física e química dos compartimentos água e sedimento, em sistemas lóticos e lênticos, considerando as escalas espacial e temporal. Ressalta-se que monitoramento biológico se tornou essencial para avaliar o estado de saúde dos ecossistemas aquáticos, uma vez que tem por objetivo caracterizar o *status* do recurso aquático e monitorar mudanças nas comunidades biológicas associadas aos impactos antropogênicos (RINALDI, 2007). Segundo Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008) qualquer tipo de estresse sofrido pelo ecossistema aquático será refletido diretamente nos organismos, populações e comunidades que fundamentalmente o compõe.

No presente estudo, definiu-se a comunidade de peixes como componente biológico para avaliação. Segundo Lowe-McConnell (1999), as comunidades de peixes tropicais mostram uma grande amplitude na diversidade, sendo essa paralela à da estrutura do habitat. Em regiões ambientalmente degradadas, é possível evidenciar a presença de peixes mais resistentes às alterações antrópicas, assim como se pode perceber a presença de organismos sensíveis às alterações antropogênicas em ambientes considerados menos alterados (ARAÚJO, 1998). De acordo com Lyons et al. (1995), os riachos com boas condições de integridade possuem espécies de peixes nativas com várias classes de tamanhos e com a estrutura trófica balanceada. No entanto, à medida que a influência antrópica aumenta, as espécies mais sensíveis começam a desaparecer e a estrutura trófica é alterada, o que é comum para vários grupos biológicos.

A bacia hidrográfica da represa Carlos Botelho (Lobo-Broa), local de desenvolvido da pesquisa, está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) do Corumbataí/Botucatu/Tejupá, que é subdividida em três perímetros. A bacia hidrográfica se encontra no perímetro Corumbataí e está enquadrada em zona de uso especial. A APA foi instituída pelo fato da região possuir uma diversidade de ambientes naturais razoavelmente conservados, patrimônios arqueológicos e históricos, recursos hidrológicos de qualidade e elementos de paisagem que se destacam entre os atributos ecológicos (DELLELO, 2008 e TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003). Entretanto, com o aumento da urbanização e o uso da terra em seu entorno para atividades agrícolas, essas características naturais estão se perdendo, dando espaço para áreas fortemente modificadas pelo homem, que acarretam em uma degradação da área e, em especial, dos corpos d'água. Entre os diversos impactos existentes que atuam direta e indiretamente nos sistemas lóticos e lênticos da bacia hidrográfica em questão, destacam-se a monocultura de cana-de-açúcar, os reflorestamento de *Pinnus* e *Eucaliptus*, os plantios de café e laranja, pecuária, suinocultura, mineradora (areia), descarga de esgotos domésticos, desmatamento da mata galeria, pesca, embarcações para recreação e pesca e atividades ligadas ao desenvolvimento turístico da região, todas com efeitos sazonais e espaciais bem evidentes, evidenciando-se, assim, a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que procurem demonstrar as causas e consequências destas atividades nos ambientes aquáticos.

Ressalta-se que além da perda ambiental, diversos bens e serviços podem ser alterados, caso os impactos continuem na região. No caso do valor dos investimentos em bens e serviços relacionados ao turismo e à recreação, desenvolvidos na represa Carlos Botelho (Lobo-Broa), estimou-se em 1996 valores de R\$131 milhões e R\$176 milhões para taxas de desconto de 8% e 3%, respectivamente (FIGUEROA, 1996 apud TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003). Este valor, apesar de subestimado para os dias atuais, é relevante, pois os empreendimentos dependem da boa qualidade da água para seu funcionamento, requerendo, por parte dos empreendedores, uma maior preocupação com a manutenção da qualidade ambiental local (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003). Por outro lado, esse valor pode também influenciar as decisões de órgão de preservação ambiental, que passariam a ter mais uma informação para justificar a conservação (FIGUEROA, 1996 apud TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003). No entanto, desde o período de estudo até os dias atuais, pouco foi desenvolvido para conter os avanços dos impactos, verificando-se a expansão acelerada de atividades não

condizentes com as diretrizes da sustentabilidade ambiental, o que, entre outros fatores, justificou o desenvolvimento desta pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS

A bacia hidrográfica da represa do Lobo possui dois tipos de ecossistemas aquáticos: ecossistemas lóticos e lênticos. Os ecossistemas lóticos são constituídos por todos os rios e córregos da bacia enquanto que os ecossistemas lênticos, no caso desse estudo, pelas represas (as represas são, em geral, consideradas intermediárias entre lótico e lêntico). No caso desse trabalho procurou-se analisar pontos de amostragem distribuídos na bacia hidrográfica de forma que representassem esses dois tipos de ecossistemas. É importante ressaltar que a análise dos resultados obtidos dos testes, tanto biológicos como físico-químicos, deve ser feita embasada nas diferenças entre as características desses dois ecossistemas.

Barbosa (2003) considerou o ecossistema lótico como sendo pentadimensional. As três primeiras dimensões são espaciais, ou seja, componentes laterais, verticais e longitudinais. A quarta dimensão é o tempo, que se relaciona com todas as outras. Já a quinta é a dimensão conceitual humana, como variável de controle no sistema rio (Figura 2.1).

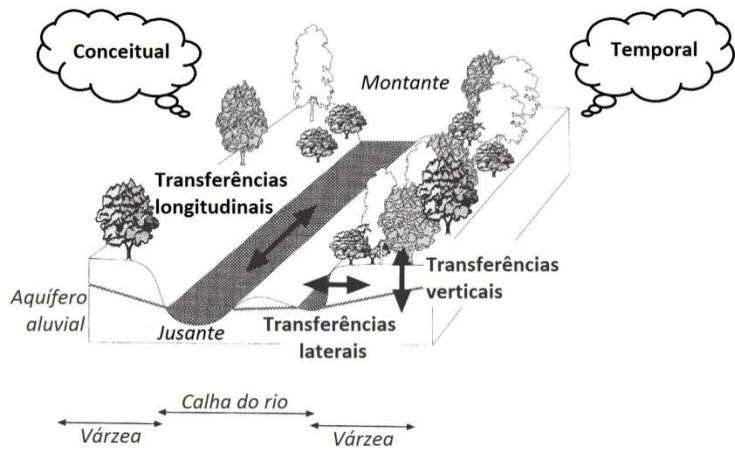


Figura 2.1 - Conceito pentadimensional em uma seção transversal de um rio hipotético e sua área de entorno, modificado de Allan e Castillo (2007)

O referencial físico da dimensão longitudinal é a extensão da nascente à foz e muitos processos ecológicos são explicados a partir dos fenômenos de transporte (de matéria e energia) e da interação entre as paisagens que compõe a bacia hidrográfica, ou seja, a continuidade (BARBOSA, 2003).

O processo de escoamento, no caso dos canais de drenagem, ocorre necessariamente por gravidade (PORTO, 2006). Portanto, a vazão de água nos canais localizados nas partes mais baixas da bacia hidrográfica é maior do que a vazão nas partes mais altas, porém a velocidade de escoamento da água nas regiões mais altas é, geralmente, maior do que nas regiões mais baixas. Assim, de acordo com essas diferenças, é possível subdividir uma bacia hidrográfica em 3 regiões principais: região de produção de sedimentos (erosão), de transferência e de deposição de sedimentos (SCHUMM, 1977 apud ALLAN; CASTILLO, 2007).

Em decorrência dessa diferença significativa dos canais localizados nas diferentes regiões da bacia hidrográfica, estabeleceu-se uma hierarquia dos canais, onde os canais de nascente são de primeira ordem. Dois canais de primeira ordem, quando se juntam, formam um de segunda ordem, e assim por diante (ALLAN; CASTILLO, 2007). Um exemplo hipotético está representado na Figura 2.2.

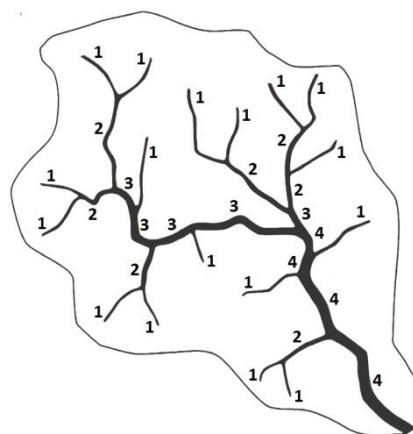


Figura 2.2 - Esquema representativo dos rios de uma bacia hidrográfica com as respectivas ordens. Modificado de Allan e Castillo (2007)

Os sistemas de classificação hidrológica (hierarquia) são importantes para as interpretações ecológicas, pois dão a dimensão do segmento em questão e permitem inferências, como, por exemplo, a respeito do transporte de sedimentos, estrutura de habitat e regimes hidrológicos (BARBOSA, 2003).

A distribuição da biota aquática está condicionada aos gradientes abióticos do rio. Dessa maneira, percebe-se novamente a importância dessa hierarquização para iniciar as análises físicas, químicas e biológicas a partir do conhecimento prévio do habitat em questão. Embora cada habitat possua características bióticas peculiares, as partes dos rios possuem uma relação entre si, chamada de teoria da continuidade (VANNOTE et al, 1980 apud

BARBOSA, 2003). Nela, o rio funciona como um integrador entre as paisagens onde os processos e características dos rios mais baixos são consequências dos processos que ocorrem a montante.

Segundo Barbosa (2003), outra dimensão de grande influência para os rios é a lateral, que decorre da relação entre o canal fluvial e sua área de entorno. Essa relação se estabelece, em sua maior parte, como consequência da existência de áreas de inundação, em que as áreas ao redor dos rios são alagadas nas épocas de cheia. Esse alagamento carrega para dentro dos rios grande quantidade de matéria orgânica particulada fina e outras substâncias, presentes nas áreas de várzea. Esse fenômeno tem mais influência nos rios de pequeno porte das regiões tropicais, como aqueles que foram avaliados na presente pesquisa.

Já a dimensão vertical está relacionada com a dinâmica do lençol freático uma vez que este funciona como um reservatório de água para os rios. Porém, o tipo de interação e a quantidade de água exportada ou importada entre o rio e as águas subterrâneas dependem de um conjunto de condições geológicas e geomorfológicas (GORDON; MCMAHON; FINLAYSON, 1991 apud BARBOSA, 2003). Isso aumenta a dimensão do impacto antropogênico, como, por exemplo, o efeito da percolação de pesticidas no solo, que influenciam a fauna aquática (BARBOSA, 2003).

A dimensão conceitual é a concepção humana a respeito do meio ambiente. São elas que determinarão as definições de aceitável ou não, ambientalmente falando, e está embasada em aspectos culturais, que definirão todas as ações de pesquisa e manejo (BOON, 1992 apud BARBOSA, 2003). O manejo refere-se à atividade de gerenciamento, que pode ou não ser conservacionista, que significa usar e manter as propriedades naturais, sem alterações (BARBOSA, 2003).

A última dimensão é o tempo. Esse deve ser analisado considerando-se uma escala temporal e espacial, uma vez que um microhabitat, por exemplo, se comporta de maneira totalmente diferente de uma bacia hidrográfica de grande porte, onde, no primeiro, o tempo de recuperação do sistema é baixo enquanto que a sensibilidade é alta. No segundo ocorre o inverso (BARBOSA, 2003).

O que acontece em países com muitos rios de planalto, como o Brasil, é a construção de barragens. Assim, por meio dessa ação antrópica, cria-se ambientes lacustres artificiais, o que é o caso da represa do Lobo. As represas podem ser consideradas, em sua grande maioria, como um sistema intermediário entre um rio e um lago, ou seja, um ambiente lótico e lêntico. Dependendo de suas características hidráulicas, especialmente o tipo de tomada de água da

barragem, as represas apresentam grande instabilidade limnológica. Outra característica é a variação do nível de água, que pode ocorrer em pouco tempo, dependendo das necessidades de uso da água de uma usina (ESTEVES, 1988). Os mesmos fatores ambientais que regem a dinâmica de rios e lagos também são importantes nos reservatórios, no entanto, aspectos relacionados à demanda de energia acabam inserindo modificações na vazão e, consequentemente, no tempo de residência da água, gerando elevada instabilidade nesses sistemas, o que se torna fundamental para a compreensão da estrutura e funcionamento do sistema.

Os reservatórios são, dessa maneira, uma rede interativa de componentes estruturais, de funcionamento de organismos e de seu ambiente físico-químico. Essas interações se dão em função de forças climatológicas e hidrológicas, que contribuem para a constante reorganização e reestruturação dos componentes nas dimensões do reservatório. Assim como os rios, os reservatórios possuem escalas de tempo e escalas espaciais, características que dependem do tipo de construção, de forças externas e das peculiaridades do sistema (TUNDISI, 2006).

Segundo Agostinho e Gomes (2006), os reservatórios são meios que requerem atenção especial quanto ao manejo e preservação. Diferentemente de ambientes lacustres, que foram formados naturalmente e possuem os processos químicos e biológicos já estabilizados e firmados, os reservatórios são resultados de intervenções antrópicas que modificam um meio de maneira repentina. Eles são relativamente recentes, o que torna o processo de reorganização das interações em seu interior e entorno ainda em continuidade. Somado a essa instabilidade, um fator agravante, segundo Júlio Jr. et al (2005), é o fato de os reservatórios serem utilizados de forma incipiente e não organizada, com finalidade de controle de vazão, recreação, navegação, abastecimento de água e destinação de efluentes urbanos.

2.2 ICTIOFAUNA

O monitoramento de rios, lagos e reservatórios pode ser feito através do estudo da comunidade de peixes presente nesses locais. Influências de fatores físicos e químicos, que podem ser alterados por ações antrópicas e influências da sazonalidade, interferem diretamente na distribuição de espécies, frequência de ocorrência, riqueza e abundância. Quando a comunidade sofre algum tipo de estresse, sua estrutura pode ser alterada (SMITH, 1999).

O estresse e seus efeitos são significativos quando influenciam na sobrevivência, crescimento, sucesso reprodutivo e, dessa maneira, reduzem a taxa de crescimento intrínseca de uma população. Tal impacto é consequência da exposição dos organismos a doenças e da diminuição da capacidade do peixe em tolerar estresses subsequentes, como por exemplo variações constantes dos parâmetros físicos e químicos da água e sedimento (DUFECH, 2009).

O uso de comunidades de peixes para o monitoramento ambiental possui diversas vantagens. Karr (1981) cita as seguintes:

- grande parte das espécies de peixes já possuem diversos estudos a respeito;
- a grande faixa de espécies de peixes abrange diversos níveis tróficos (onívoros, herbívoros, insetívoros, planctívoros, piscívoros);
- peixes são relativamente fáceis de identificar;
- informações podem ser coletadas a partir de relatos do público em geral;
- toxicidade aguda e efeitos de estresses (influências no crescimento e no sucesso de reprodução);
- peixes estão presentes nos mais pequenos córregos, inclusive nos mais poluídos;
- os resultados de uma pesquisa com peixes podem ser comparados com leis de decretos sobre as águas.

2.2.1 Ecomorfologia

O objetivo principal das análises ecomorfológicas é a compreensão das interações entre a morfologia dos organismos e seus aspectos ecológicos. Tanto uma como a outra estão sob influência direta ou indireta das condições ambientais às quais o organismo está exposto e da sua composição hereditária. A comparação entre padrões de variação de características morfológicas e ecológicas é, portanto, o elemento central dos estudos ecomorfológicos, cujo desenvolvimento e interpretação dependem fortemente da estrutura mecânica fornecida por estudos morfológicos e biomecânicos funcionais (NORTON; LUCZKOVICH; MOTTA, 1995).

A ecomorfologia é uma metodologia adequada na descrição de aspectos ecológicos das espécies e reflete características como o uso de habitat e preferências alimentares

(TEIXEIRA; BENNEMANN, 2007), tornando-se fundamental na análise da dinâmica das populações.

2.2.2 Conteúdo estomacal

Além de se observar essas características, também devem ser estudadas interações bióticas entre as espécies e o meio que a circunda. Essas interações envolvem relações como predação, herbivoria, competição interespecífica, exclusão competitiva, agentes patogênicos, etc (BARRELLA, 1998).

Assim, nesse contexto, os estudos sobre alimentação de peixes são importantes por fornecerem subsídios para compreender o funcionamento trófico de um ecossistema, ou seja, o conjunto de relações do tipo predação e competição entre os organismos (RIBEIRO FILHO, 1999). A partir do conhecimento da dieta dos peixes, as diferentes categorias tróficas podem ser identificadas, assim como o grau de importância dos diferentes níveis tróficos no funcionamento do sistema podem ser determinado. Dessa maneira, torna-se possível entender melhor algumas inter-relações entre os componentes da referida comunidade (AGOSTINHO; BINI; GOMES, 1997). Além de fornecer informações ecológicas tróficas, o estudo da dieta alimentar de espécies gera também importantes informações sobre o comportamento dos peixes frente à variação das condições ambientais e o alimento disponível (GOULDING, 1980), pois embora os peixes de águas tropicais exibam certa especificidade no regime alimentar, a composição da dieta pode variar consideravelmente de acordo com o local, época e disponibilidade de alimento no ambiente (HAHN, 1991).

Dessa forma, este trabalho está fundamentado em uma análise da comunidade íctica da bacia hidrográfica da represa do Lobo utilizando-a como bioindicador para reconhecimento das origens, magnitude e consequências das atividades antrópicas sobre o ecossistema local. Essa análise está baseada nas relações das espécies de peixes com a limnologia dos rios e da represa, nas inter-relações entre espécies e entre indivíduos, incluindo a cadeia trófica da referida comunidade.

3 OBJETIVOS

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar a possibilidade de utilização da comunidade de peixes como indicadora da degradação ambiental dos sistemas lóticos e lênticos que compõem a bacia hidrográfica dos rios Itaqueri/Lobo, principais formadores do reservatório do Lobo (Broa). Para atender ao objetivo principal, alguns objetivos específicos foram elencados, incluindo:

- A caracterização limnológica da área de estudo, em um período sazonal, relacionando os resultados obtidos com a ictiofauna, assim como a área de entorno dos corpos d'água, devido à íntima relação da drenagem com o meio terrestre;
- A avaliação da diversidade, riqueza e abundância das espécies de peixes, reconhecendo diferenças sazonais e espaciais;
- A identificação e caracterização dos impactos na comunidade íctica e os danos potenciais à integridade biótica da comunidade de peixes na área de estudo.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho tem como objeto de estudo a bacia hidrográfica da represa Carlos Botelho (Lobo-Broa), a qual é formada principalmente pelos ribeirões do Lobo e Itaqueri. As características gerais da bacia hidrográfica são apresentadas na Tabela 4.1. A localização da bacia no Estado de São Paulo é representada na Figura 4.1.

Tabela 4.1 - Características gerais da bacia hidrográfica (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003)

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

A bacia hidrográfica está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) do Corumbataí/Botucatu/Tejupá, que é subdividida em três perímetros. A bacia se encontra no perímetro Corumbataí e está enquadrada em zona de uso especial, como mostra a Figura 4.2.

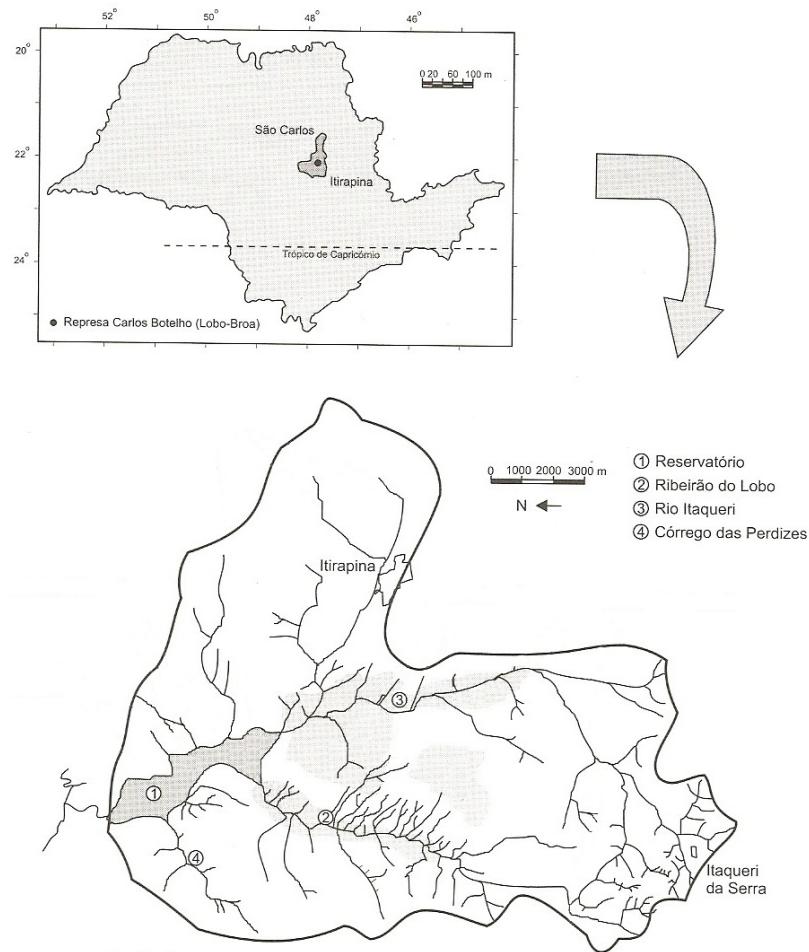


Figura4.1 - Localização da bacia hidrográfica no Estado de São Paulo. Modificado de Tundisi, Matsumura-Tundisi e Rodrigues (2003)

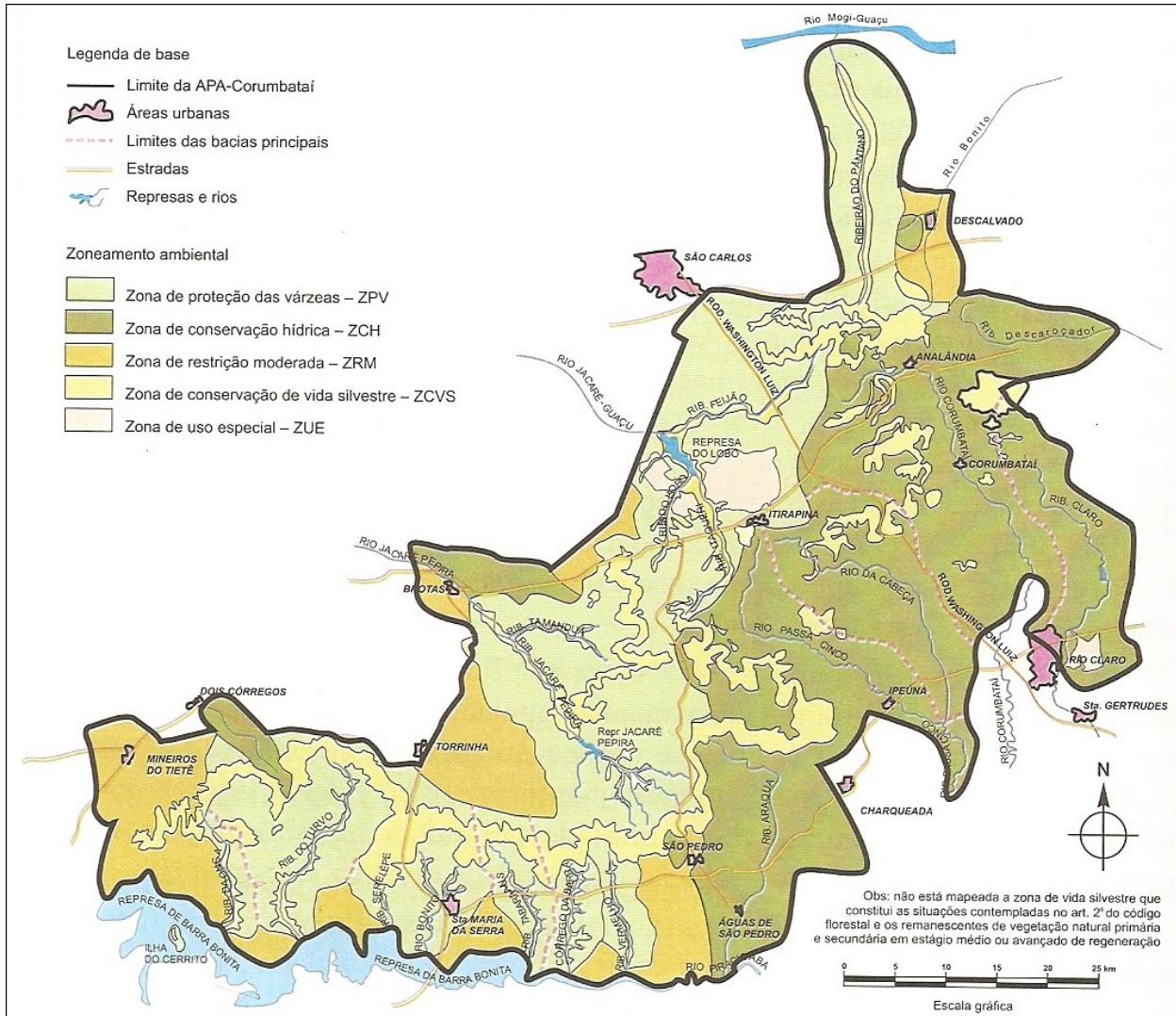


Figura 4.2 - Zoneamento da Área de Proteção Ambiental (APA-Corumbataí) e a localização da represa Carlos Botelho (Lobo-Broa) (Tundisi, Matsumura-Tundisi e Rodrigues, 2003)

4.1.1 Represa Carlos Botelho (Lobo-Broa)

A represa Carlos Botelho foi construída em 1936, inicialmente para fornecimento de energia elétrica, mas, atualmente, é usada para recreação, pesca e pesquisas científicas. Ela está localizada no Centro do Estado de São Paulo ($22^{\circ}15'S$, $47^{\circ}49'W$), entre os municípios de Itirapina e Brotas, e é originada pela captação artificial dos ribeirões do Lobo e Itaqueri e pelos córregos do Geraldo e das Perdizes (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003). As características morfométricas do reservatório Carlos Botelho (Lobo-Broa) são dadas na Tabela 4.2 e um desenho esquemático da represa encontra-se na Figura 4.3.

Tabela 4.2 - Características morfométricas do reservatório Carlos Botelho (Lobo-Broa) (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003)

Discriminação	Característica
Comprimento máximo	8 km
Largura máxima	2 km
Largura média	0,9 km
Profundidade máxima	12 m
Profundidade média	3 m
Área de superfície	6,8 km ²
Perímetro	21 km
Volume	22x10 ⁶ m ³

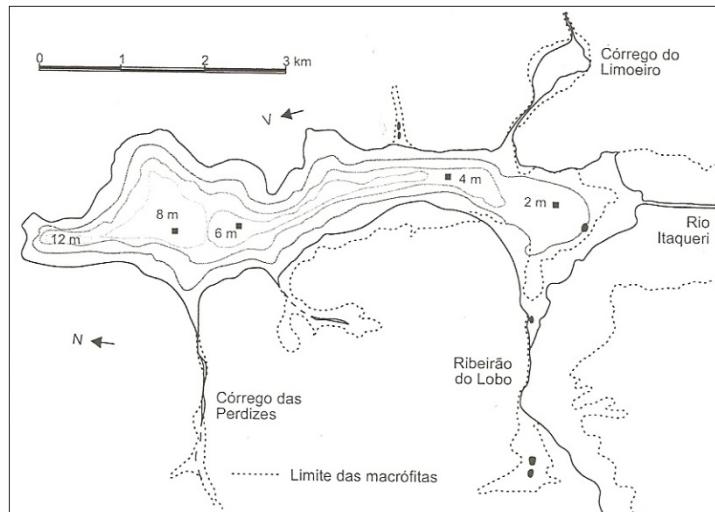


Figura 4.3 - Representação da Represa Carlos Botelho (Lobo-Broa): principais tributários, limite de macrófitas, morfometria e direção dos ventos predominantes. Modificado de Tundisi, Matsumura-Tundisi e Rodrigues, 2003

4.1.2 Uso e ocupação

A bacia hidrográfica na qual se encontra a represa Carlos Botelho (Lobo-Broa) possui diversas atividades antrópicas. Entre as principais pode-se elencar a monocultura de cana-de-açúcar, os reflorestamentos de *Pinnus* e *Eucaliptus*, os plantios de café e laranja, pecuária, suinocultura, mineradora (areia), descarga de esgotos domésticos, desmatamento da mata galeria, pesca, embarcações para recreação e pesca e atividades ligadas ao desenvolvimento turístico da região, todas com efeitos sazonais e espaciais bem evidentes.

Apesar de inúmeros impactos antrópicos, a bacia hidrográfica é relativamente privilegiada por estar dentro da APA-Corumbataí e ter em seu interior a Estação Ecológica de Itirapina e a Estação Experimental de Itirapina. Segundo Nora et al. (2009), a Estação Ecológica de Itirapina é uma das poucas Unidades de Conservação que tem sua situação fundiária regularizada e sem moradores e sem suas delimitações. Foi criada pelo Decreto nº 26.890 de 12/03/1987, com base no Decreto de Desapropriação nº 38.957 de 25/08/1961, e é administrada pelo Instituto Florestal da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo. Essa categoria de Unidade de Conservação é a mais restrita, sendo de proteção integral e tem como objetivos principais a preservação da diversidade biológica e dos ecossistemas e incentivar pesquisas. Seu limite está representado na Figura 4.4.

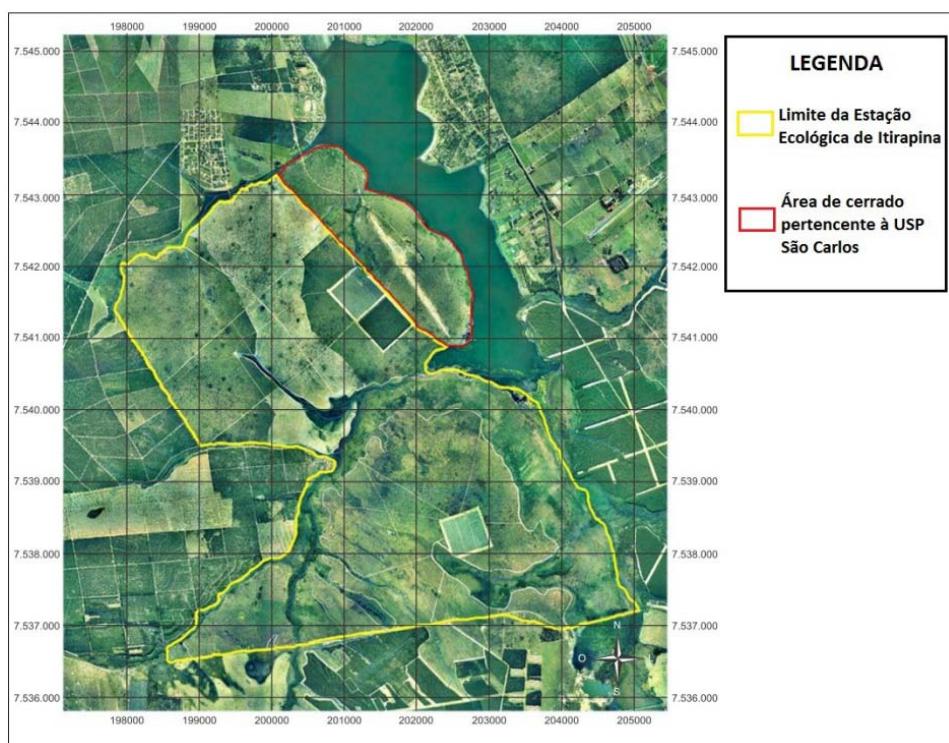


Figura 4.4 - Limite da Estação Ecológica de Itirapina (LEONEL, 2012)

Já a Estação Experimental de Itirapina foi criada para promover o manejo florestal com fins econômicos e produzir pesquisas voltadas para as florestas de produção, sendo hoje destinada, principalmente, ao desenvolvimento da silvicultura e à visitação pública (SILVA, 2005). A Estação Experimental de Itirapina está localizada no município de Itirapina, sendo contígua à Estação Ecológica de Itirapina (Figura 4.5).

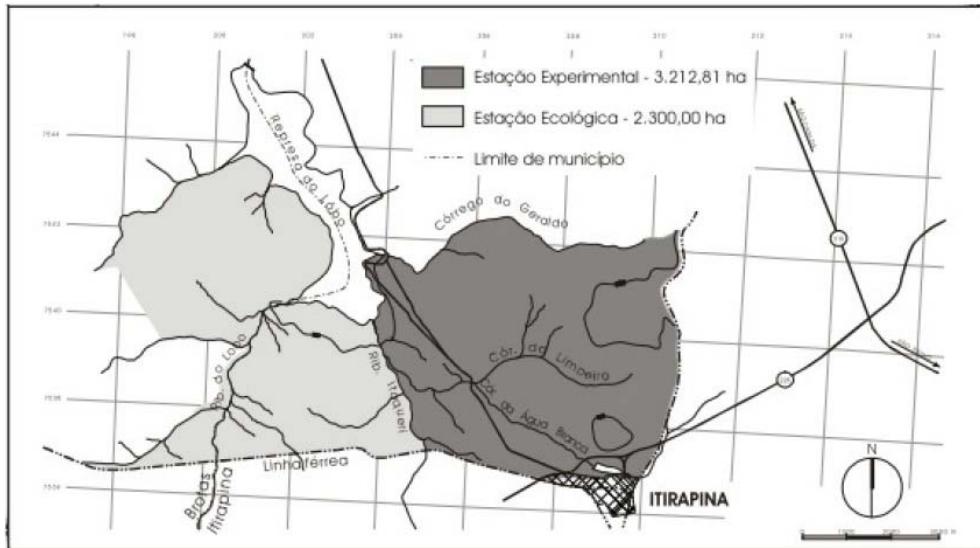


Figura 4.5 - Estação Ecológica de Itirapina e Estação Experimental de Itirapina (SILVA, 2005)

O entorno da represa Carlos Botelho (Lobo-Broa) é repleto de empreendimentos imobiliários. Em 2003, Tundisi, Matsumura-Tundisi e Rodrigues (2003) citaram o Balneário Santo Antônio (praia do Broa), o Iate Clube de São Carlos, o Condomínio Vila Pinhal, o Clube de Campo Represa do Broa e o Condomínio Vivenda do Broa. Porém, esses condomínios e clubes não são os únicos contribuíntes com esgotos e outros resíduos para a represa. O esgoto da cidade de Itirapina é precariamente tratado e é lançado no córrego Água Branca, afluente do rio Itaqueri, que, por fim, desagua na represa.

A ocupação urbana iniciou-se na década de 1970 com o objetivo de recreação. Ela foi ocorrendo aos poucos e de forma desorganizada, sem muita intervenção do poder público. Dessa forma, esbocou-se uma forte segregação sócio-espacial, onde contrastam condomínios luxuosos e loteamentos mais populares (QUEIROZ, 2000 apud ARGENTON, 2004).

Outra atividade impactante é a mineração de areia (Mineração Itirapina), localizada às margens do rio Itaqueri. Ela extrai areia para fundição e construção, com vários pontos de extração (ARGENTON, 2004). Segundo Amorim (1997), essa empresa apresenta área de aproximadamente 150.000 m². Os impactos ambientais são causados pelo despejo de efluentes no rio Itaqueri. Além disso, ocorre o assoreamento na foz do rio, provocando a mudança na paisagem.

Segundo Argenton (2004), a agricultura na região acompanhou os padrões do Estado de São Paulo. Sendo assim, ao longo do tempo percebeu-se um aumento da área agrícola com tendência à agricultura fundiária. Na década de 50 a produção era basicamente de milho e café, passando depois para cana de açúcar na década de 70, principalmente com os incentivos

do programa Pró-Álcool. No período de 1980 a 1995 houve um crescimento acima da média estadual na produção de laranja, ocupando quase metade das áreas cultivadas da região (MARTINS, 2000 apud ARGENTON, 2004). Os principais problemas da agricultura é o desmatamento e a exposição do solo, provocando erosão e lixiviação. A utilização de pesticidas também é prejudicial, contaminando os solos e, posteriormente, os recursos hídricos.

A criação de animais na área da bacia hidrográfica da represa do Lobo também contribui para o lançamento de dejetos nas águas dos rios e da represa. Os principais tipos de animais criados são: porcos, cavalos e animais domésticos como galinhas e patos (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003). A pesca feita na represa é praticada por moradores locais como forma de lazer ou consumo próprio, não havendo essa atividade com um cunho econômico de forma efetiva. O que se observa é o aumento de nutrientes e matéria orgânica oriundos das iscas e alimentos jogados aos peixes, principalmente nos fins de semana (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003).

As atividades de recreação são abundantes na represa Carlos Botelho (Lobo-Broa) em função do estado natural relativamente conservado da região. Porém, tais atividades contribuem com a descarga de esgotos e lixo (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003).

Tanto a atividade de pesca quanto algumas de recreação fazem uso de embarcações. Segundo Tundisi, Matsumura-Tundisi e Rodrigues (2003), são comuns na represa embarcações de pequeno porte como barcos pesqueiros, de visitação e jet-skis. Essas embarcações acarretam uma ressuspensão de material sedimentado, ocasionando turbidez da água pela mistura de material de origem orgânica e inorgânica, como também contaminantes. A movimentação dessas embarcações podem causar ainda erosão nas margens da represa pela violência da movimentação das águas. Um impacto observado durante a execução das campanhas de coleta desse trabalho foi a grande quantidade de combustível que é lançada pelos motores de barco diretamente nas águas da represa. A baixa eficiência de queima desse combustível pelos motores faz com que muito seja lançado sem ser queimado.

Os principais usos do solo na bacia hidrográfica nos anos 1990 e 2008 estão representados na Figura 4.6. Nela, toda a área da bacia hidrográfica, objeto de estudo desse projeto, está contemplada e estão em destaque a Estação Ecológica de Itirapina e a Estação Experimental de Itirapina. Observa-se que as mudanças dentro do limite, tanto da Estação Ecológica quanto da Estação Experimental, não foram muito significativas, havendo um

aumento na vegetação ripária em ambas as estações e de área urbanizada e Cerrado na Estação Experimental. Na Estação Ecológica houve uma diminuição da silvicultura.

Algo significativo que se observa é o grande aumento do cultivo de cana-de-açúcar, que substituíram grande parte das áreas de pastagem. Plantações de cana e também culturas permanentes surgiram ao redor da Estação Ecológica, onde antes era silvicultura. Porém, de um modo geral, observa-se o aumento da silvicultura na área da bacia hidrográfica. Fragmentos de vegetação são encontrados nas cabeceiras dos ribeirões do Lobo e Itaqueri, porém, não são suficientes para minimizar os impactos causados pela agricultura extensiva, mineração e urbanização.

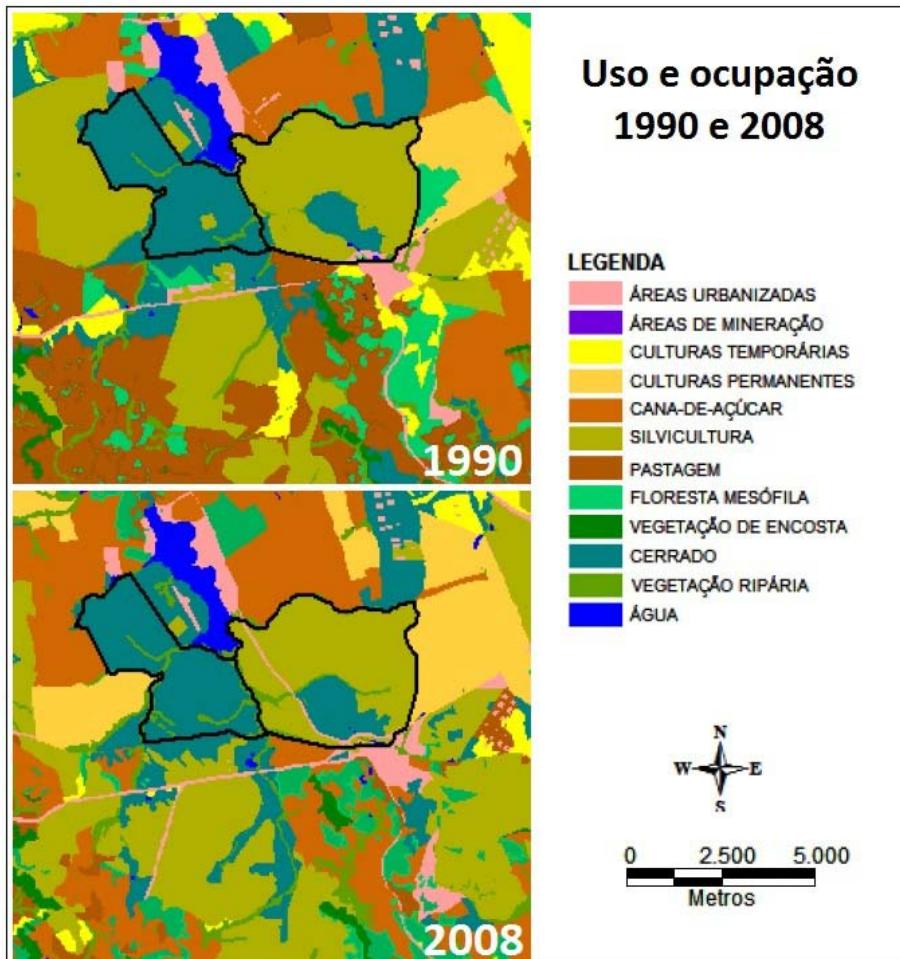


Figura 4.6 - Uso e ocupação da bacia hidrográfica da represa Carlos Botelho (Lobo-Broa), com destaque para a estação Ecológica de Itirapina (esquerda) e para a Estação Experimental de Itirapina (direita). Modificado de (NORA, et al., 2009).

4.1.3 Aspectos climáticos

O estudo dos fatores climatológicos é de extrema importância para este trabalho devido à direta relação com os mecanismos de funcionamento dos ambientes estudados. Assim, devemos conhecer tais fatores e a inter-relação existente entre eles (SOUZA, 1993). Os fatores que apresentam uma relação mais forte com o interesse desse trabalho são a chuva e o vento.

A intensidade dos ventos no reservatório é maior no inverno, quando chega a atingir velocidades da ordem de 10 km/h. Isso influencia o movimento das águas tanto na vertical quanto na horizontal, provocando mistura dos componentes da água em toda a coluna d'água (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003). Essa desestratificação pode

ressuspender material sedimentado, incluindo nutrientes, alterando as características físicas e químicas da água.

O vento também pode contribuir para o aumento de nutrientes através do lançamento de resíduos sólidos (areia, argila, matéria orgânica, etc.), provenientes das áreas ao entorno, sobre as águas da bacia hidrográfica (SOUZA, 1993).

A chuva é um elemento de mobilização de nutrientes através do intemperismo das rochas. Segundo Moraes (1978, apud SOUZA, 1993) também ocorre a mobilização através do arraste mecânico dos sólidos tais como: resíduos de adubação, resíduos de culturas (principalmente suinocultura e pecuária, no caso deste estudo), material orgânico, solos e materiais alóctones, potenciais fornecedores de nutrientes. Além disso, as águas da chuva podem conter muitos íons em solução e também partículas de cinzas resultantes de queimadas (GREEN, 1970 apud SOUZA, 1993). No caso da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo, ocorrem queimadas devido às extensas áreas de canaviais no entorno.

O clima da região da bacia hidrográfica do Lobo é do tipo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen. Isso representa um clima subtropical mesotérmico, com verão úmido e inverno seco. A bacia faz parte da região de passagem de inúmeras frentes frias vindas do sul, principalmente no outono e no inverno, registrando-se isotermas anuais entre 19°C e 21°C. Em junho, mês mais frio do ano, verificam-se isotermas entre 15°C e 17°C e em dezembro, mês mais quente, entre 21°C e 23°C. Já a pluviosidade média anual é de 1500 mm no período chuvoso (novembro a abril) e 200 mm no período seco (maio a outubro), enquanto que a evapotranspiração possui valores médios entre 900 e 1000 mm/ano. A umidade relativa do ar média é de 75% (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003 e TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 1995 apud ARGENTON, 2004).

4.1.4 Aspectos geomorfológicos

Segundo Almeida (1964 apud ARGENTON, 2004), a bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo faz parte da província geomorfológica denominada Cuestas Basálticas, localizada entre o Planalto Central e a Depressão Periférica. As bordas dos derrames basálticos compõem essa região.

A região apresenta um relevo pouco acidentado, com desníveis da ordem de 50 metros. As chamadas cuestas arenito-basálticas aparecem em alguns pontos limitando-se com

a Depressão Periférica Paulista, principalmente próximo ao Itaqueri da Serra, devido aos derrames basálticos. Esses locais apresentam, portanto, desniveis mais acentuados que chegam a quase 300 metros. No reverso das cuestas aparece a área denominada Planalto de Campo Alegre, de constituição basáltica e arenítica, drenada pelos ribeirões do Lobo e Itaqueri (GUERRA; CUNHA, 1996 apud ARGENTON, 2004).

O declive para oeste da superfície primitiva, que parte da linha das cuestas, determinou profunda erosão, evidenciada nos depósitos de material dentrítico, proveniente do desgaste mecânico das rochas integrantes da Formação Serra Geral, capeadas por rochas sedimentares do Grupo Bauru. Como consequência desse processo, resultou um amplo campo de erosão, aberto para oeste e circundado e evidenciados por morros testemunhos, que caracterizam a morfologia da região (TRINDADE, 1980 apud ARGENTON, 2004).

Ainda segundo esse autor, limitando a bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo encontram-se as Cuestas da Serra de São Carlos e Serra de Itaqueri, cujos morros Baú e Pelado são testemunhos isolados da erosão desta última. Altitudes máximas são assinaladas nas proximidades da nascente do ribeirão do Lobo (970 m) e da nascente do rio Itaqueri (945 m). A altitude mínima pode ser observada na região próxima à cabeceira da represa, entre o ribeirão do Lobo e o rio Itaqueri (700 m).

4.1.5 Aspectos geológicos

A bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo apresenta rochas do Grupo São Bento, representadas pelas formações Serra Geral (basalto, arenito, e diabásio) e Botucatu-Pirambóia e rochas do Grupo Bauru, representadas pela formação Marília (arenitos, siltitos e conglomerados). Ocorrem também áreas de sedimentos holocênicos provenientes da erosão destas formações, apresentando em alguns pontos intrusão de basalto e constituindo materiais aluvionares (NISHIYAMA, 1991 apud ARGENTON, 2004).

Segundo Almeida (1964 apud ARGENTON, 2004), no estado de São Paulo o grupo São Bento constitui-se de uma alternância de membros sedimentares, predominantemente arenosos, e derrames basálticos, em sucessões que variam horizontal e verticalmente. Associam-se a ele corpos intrusivos (*sills* e diques) relacionados aos processos vulcânicos. O grupo São Bento pode ser dividido, com base na diversidade litológica, num membro inferior, o arenito Pirambóia, predominantemente fluvial, seguido de outras fácies mais elevadas e

alternadas, do arenito Botucatu, de origem eólica, o qual se intercala a derrames basálticos, correlacionados às chamadas “eruptivas da Serra Geral”.

A formação pirambóia é constituída de arenitos muito finos a grosseiros, podendo conter pequenos seixos rolados de quartzo, esparsos em matriz areno-argilosa, de cor vermelha, rosa ou cinza. Apresenta estratificação em lâminas paralelas ou cruzadas, típico de corrente aquosa. Os arenitos Pirambóia às vezes se intercalam com siltitos argilosos vermelhos ou cor de chocolate, podendo ser calcíticos (ARGENTON, 2004).

O arenito Botucatu, segundo Almeida (1964, apud ARGENTON, 2004), apresenta granulação média a fina, com reduzida consistência quando não silicificados pela ação de contato da rocha basáltica. Esses arenitos são predominantemente eólicos, com estratificação cruzada, mostrando normalmente estrutura de dunas, e cores vermelhas, rosadas ou amarelas. Entre os membros sedimentares da formação Botucatu, além dos arenitos, ocorrem siltitos, argilitos e folhelhos.

Segundo Soares et al (1973 apud ARGENTON, 2004) são incluídos na formação Serra Geral os derrames basálticos, as intrusivas básicas e os arenitos eólicos interderrames. No estado de São Paulo, as formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, pertencentes ao Grupo São Bento (Triássico-Cretáceo Inferior), assentam-se em discordância sobre a formação Estrada Nova, do Grupo Passa Dois (Pérmico Superior). Litologicamente constitui-se de uma alternância de membros sedimentares e derrames basálticos relacionados a corpos básicos intrusivos.

Mendes e Petri(1971 apud ARGENTON, 2004) indicam que o grupo Bauru é constituído por arenito fino, de cimento calcário-argiloso, passando gradualmente a siltito. Ocorrem intercalações irregulares de argilito e conglomerados. Os fósseis e a litologia indicam ambiente de planície de inundação, com frequente sedimentação lacustre intercalar. A coloração é variada e pode apresentar-se silicificados. No estado de São Paulo, suas camadas assentam-se sobre as camadas do Grupo São Bento e são atribuídas ao Cretáceo Superior.

4.1.6 Aspectos da pedologia

Segundo a Comissão de Solos do Centro Nacional de Pesquisas Agronômicas, a região ocupada pela bacia hidrográfica do Ribeirão do Lobo apresenta as seguintes classes de solo:

Terra Roxa Estruturada, Latossol Vermelho-Amarelo, fase arenosa, Regosol e Solos Hidromórficos. Porém, Freire et al (1980 apud ARGENTON, 2004), ao estudarem os solos da região, além de encontrarem os solos já identificados pela comissão, identificaram também: Latossol Vermelho Escuro, fase arenosa, Areias Quartzosas, Podzólico Vermelho-Amarelo e Solos Orgânicos.

Oliveira et al (1984 apud ARGENTON, 2004) afirmam que os solos predominantes na bacia são Latossol Vermelho-Amarelo e Areias Quartzosas. Os Latossol Vermelho-Amarelo se associam às coberturas cenozóicas do retrabalhamento de arenitos das formações Pirambóia, Botucatu e Marília (fácies Itaqueri). Apresentam textura de média a muito argilosa, horizonte A de moderado a proeminente, argilas de baixa atividade, profundos, situados em relevo suavemente ondulado, ocorrendo em aproximadamente 31% da área, sendo encontrados em todo o entorno da represa, assim como nas cabeceiras de seus afluentes. Apresentam acidez elevada e fertilidade baixa, cor avermelhada, alta friabilidade e bem drenados. As areias quartzosas surgem a partir do retrabalhamento de rochas arenosas das formações Pirambóia e Botucatu. São solos profundos, não hidromórficos, com horizonte A fraco ou moderado, ocorrendo em 27% da área, principalmente nas planícies aluvionais e baixadas marginais da represa. Apresentam pH baixo, com baixa fertilidade, tendo boa drenagem e alta erodibilidade.

Lorandi et al (1983 apud ARGENTON, 2004), interpretando os solos da região para fins de estudos ecológicos, concluíram que estes solos são muito heterogêneos quanto às suas propriedades e às suas situações topográficas e que apenas 15% da área está apta para qualquer tipo de utilização. Outros 70% da área total da bacia podem ser utilizados com construções, reflorestamento e para pastagens, com restrições, devido a fatores limitantes como propriedades do solo e grau de erosão. Os 15% restantes devem ser utilizados exclusivamente para reserva ecológica, a menos que práticas conservacionistas muito intensivas sejam aplicadas, ou por constituírem solos às margens das massas de água ou para o controle da erosão.

4.1.7 Aspectos da vegetação

A vegetação é um dos indicadores mais importantes das condições ambientais do território. Isso porque ela é resultado da interação entre os demais componentes do meio

ambiente. Trata-se do produtor primário do qual dependem direta e indiretamente todos os demais organismos. Além disso, proporciona uma visão integrada do conjunto de fatores que intervém na organização da vida existente na área em análise (OREA, 1978).

Segundo Freire et al (1980 apud ARGENTON, 2004), a região onde os solos pertencem às unidades de mapeamento Latossol Vermelho-Amarelo (face arenosa) e Areia Quartzosa, encontra-se a maior parte coberta por Cerrado. Assim, a vegetação originalmente predominante na bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo é o Cerrado com suas várias fisionomias: campo limpo, campo úmido, campo cerrado, cerrado *strictu sensu* e o cerradão (PULITANO, 1998 apud ARGENTON, 2004).

Souza (1977 apud ARGENTON, 2004), estudando a região perimetral da represa, identificou vários tipos de vegetação. Na região da paisagem de escarpas, onde as variações litológicas com a presença de basalto determinam o aparecimento de solos mais férteis, observa-se a substituição do Cerrado pela mata que, em alguns pontos deste relevo mais acidentado, exibia, na época em que o estudo foi realizado, testemunhos de vegetação primária. O autor cita a tendência à diminuição ou mesmo desaparecimento dessa vegetação com o desenvolvimento da região. Nas mais altas ombreiras basálticas ou de arenito Bauru, os cerrados ocorrem, sendo aproveitados como áreas de pastagens. Além de todas as gradações de cerrado existentes na região, este também ocorrem na periferia da represa, entre outros tipos de vegetação, como: mata ou capoeira, campo, pasto, culturas temporárias e permanentes e brejos.

Ainda segundo o autor, a vegetação da região brejosa da represa é representada por várias famílias de macrófitas, submersas total ou parcialmente e emersas, além de certas plantas como *Lycopodium*, *Sphagnum*, *Drosera* e *Andropogon*. Segundo Dellelo (2008), os gêneros de macrófitas com maior distribuição no reservatório são: *Hydrocotyle*, *Pistia*, *Eleocharis*, *Mayaca*, *Nymphoides*, *Ludwigia*, *Brachiaria*, *Panicum*, *Oldenlandia*, *Salvinia*, *Bacopa* e *Xyris*, além de uma espécie de gramínea não identificada.

Pulitano (1998, apud ARGENTON 2004), afirma que com a intensificação do processo de ocupação da região, novas formações vegetais relacionadas a processos antrópicos estão surgindo na área, como a vegetação herbácea nos locais de expansão da área urbana, em que a vegetação original vem sendo substituída por gramíneas; monoculturas agrícolas com plantações anuais (milho, arroz, cana-de-açúcar) e culturas perenes (café, citros); reflorestamento (utilizando basicamente os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* e ocupando

grande área da bacia hidrográfica) e pastagens (áreas utilizadas para a criação de gado bovino, de corte ou leiteiro).

O início desse processo já era observado em 1980, quando Freire et al (1980, apud ARGENTON, 2004), relacionando o tipo de solo à vegetação encontrada, afirmam que parte da área onde os solos são classificados como Latossol Vermelho-Amarelo (textura média), Areia Quartzosa e Terra Roxa Estruturada, estava sendo utilizada para reflorestamento; áreas mais férteis de Terra Roxa Estruturada para culturas, e áreas de fertilidade razoável, de Latossol Vermelho-Amarelo (fase arenosa), utilizadas para pastagens.

Na Figura 4.7 pode-se observar um mapa gerado pelo programa BIOTA-FAPESP com a colaboração do Instituto Florestal (IF) e da UNICAMP. Ele representa os diferentes tipos de vegetação remanescente do Estado de São Paulo. Na mesma figura está englobada toda a área da bacia hidrográfica da represa Carlos Botelho (Lobo-Broa).

No mapa verifica-se que a porção oeste da bacia é a mais preservada, conservando grande parte de savana florestada (cerrado) próximo à represa. A área de savana já devastada (em amarelo no mapa) foi substituída predominantemente por reflorestamentos de *Pinnus* e *Eucaliptus*. A vegetação que era predominante na porção leste é a floresta estacional semideciduval, característica de clima que alterna estações secas e chuvosas. Hoje existem apenas fragmentos dessa floresta nas cabeceiras dos ribeirões do Lobo e Itaqueri. Também nas cabeceiras encontram-se fragmentos de vegetação secundária da floresta semideciduval e vegetação de contato entre savana e floresta estacional.

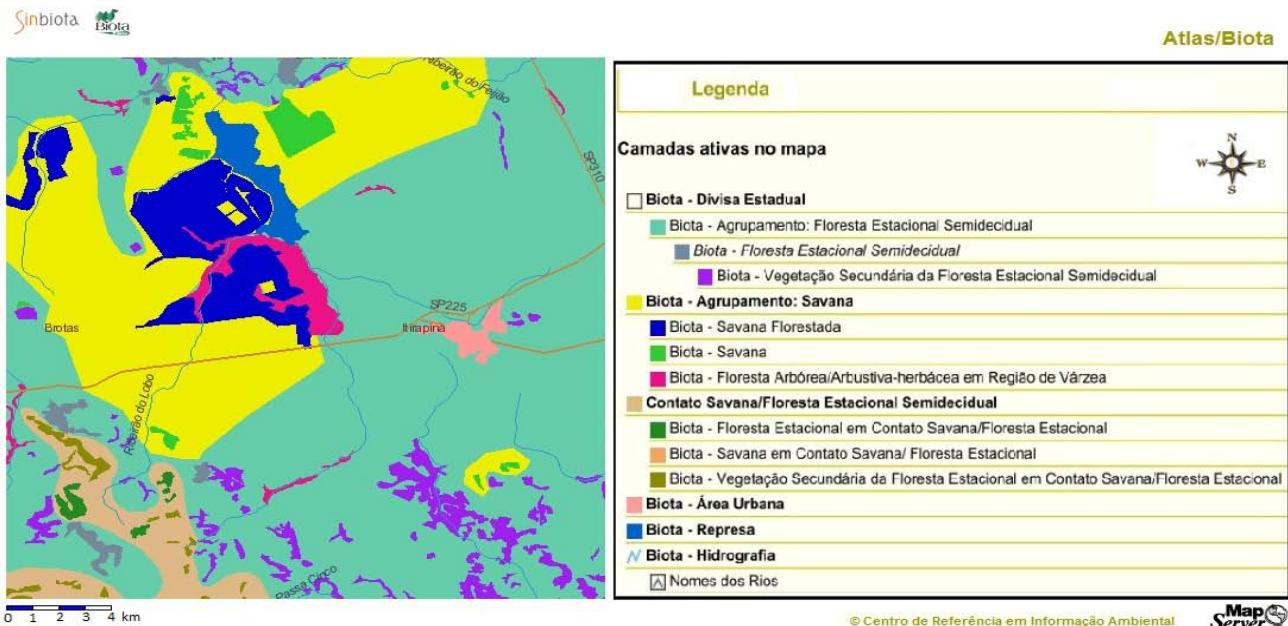


Figura 4.7 - Mapa representando a vegetação remanescente da área da bacia hidrográfica da represa do Lobo. Programa BIOTA/FAPESP, Instituto Florestal/SMA, UNICAMP, Centro de Referência em Informação Ambiental

4.2 ESTAÇÕES DE COLETA E PERÍODOS DE AMOSTRAGEM

Na presente pesquisa, foi realizado um estudo em 17 estações de coleta (14 para amostras de água e sedimento e 9 para coleta de peixes), considerando córregos e os principais tributários do reservatório do Lobo, todos inseridos dentro da bacia hidrográfica da represa Carlos Botelho (Lobo-Broa). As fotos dos pontos de coleta de água e sedimento estão apresentadas na Figura 4.8. Foram coletadas amostras de água e sedimento nos seguintes locais: Ribeirão do Lobo (L1 e L2), Rio Itaqueri (IT1 e IT2), Córrego da Água Branca (AB), Córrego do Limoeiro (LIM), junção dos córregos Água Branca e Limoeiro (JAL), Córrego do Geraldo (G1 e G2), Córrego das Perdizes (PE), reservatório do Lobo/Broa (R1, R2 e R3) e rio Jacaré-Guaçu (JG). O peixes foram coletados nos seguintes locais: Rio Itaqueri (IT2), Ribeirão do Lobo (L2), junção dos córregos Água Branca e Limoeiro (JAL), Córrego do Geraldo (G2), Córrego das Perdizes (PE), rio Jacaré-Guaçu (JG) e reservatório do Lobo/Broa (P1, P2 e P3). Foram realizadas quatro campanhas de coleta, sendo três distribuídas ao longo do ano de 2010 e a última no início de 2011, para que fossem englobados os períodos seco, chuvoso e intermediários.

A primeira coleta de água e sedimento 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 ausência de chuvas em 15 dias, vento de leve a moderado, com formação de poucas nuvens pela manhã e maior nebulosidade à tarde. Já a primeira coleta de peixes foi realizada somente nos dias 30 de abril e 21 de maio de 2010. Tal intervalo de tempo relativamente grande entre as coletas de água e peixes se deu por dificuldades na logística para a coleta. Porém, nos dias 30 de abril e 21 de maio, ainda era caracterizado o período intermediário entre seco e chuvoso.

A segunda coleta de água e sedimento foi realizada no dia 6 de julho de 2010, entre as 08h00min e 16h00min, caracterizando o período seco. O tempo estava ensolarado, com temperaturas agradáveis e ausência de vento no período da manhã. Na parte da tarde, as temperaturas estavam entre média e alta e não havia presença de vento e de nuvens. A segunda coleta de peixes ocorreu no dia 5 de agosto de 2010. O intervalo de um mês entre as duas coletas (água e peixes) se deu pelo mesmo motivo apresentado anteriormente (logística).

A terceira campanha foi realizada no dia 13 de outubro de 2010, entre 09h30min e 16h00min, caracterizando um período intermediário. Nessa coleta, o tempo estava ensolarado e sem nuvens, com temperaturas amenas no período da manhã. No período da tarde, o sol estava forte e as temperaturas mais altas, havendo a formação de algumas nuvens. A coleta de peixes foi realizada no dia seguinte.

Por fim, a quarta coleta (tanto de água quanto de peixes) foi realizada entre 05e07 de janeiro de 2011, caracterizando o período chuvoso. No entanto, algumas estações de coleta não puderam ser amostradas sem função do acesso aos locais em decorrência de forte chuva, aquela promoveu o arraste do solo, abertura de valas e rompimento de barragens, impossibilitando o acesso. Desta forma, 4 estações de coleta não foram amostradas sem função da pluviosidade local (incluindo 2 estações de coleta de peixes). A chuva foi tão intensa na região que houve um aumento de quase 40cm no nível da represa do Lobo em um período de 7 horas de chuva, o que fez com que os vertedouros fossem abertos em sua totalidade, promovendo efeitos bem mais expressivos em relação à inundação (Figura 4.9).

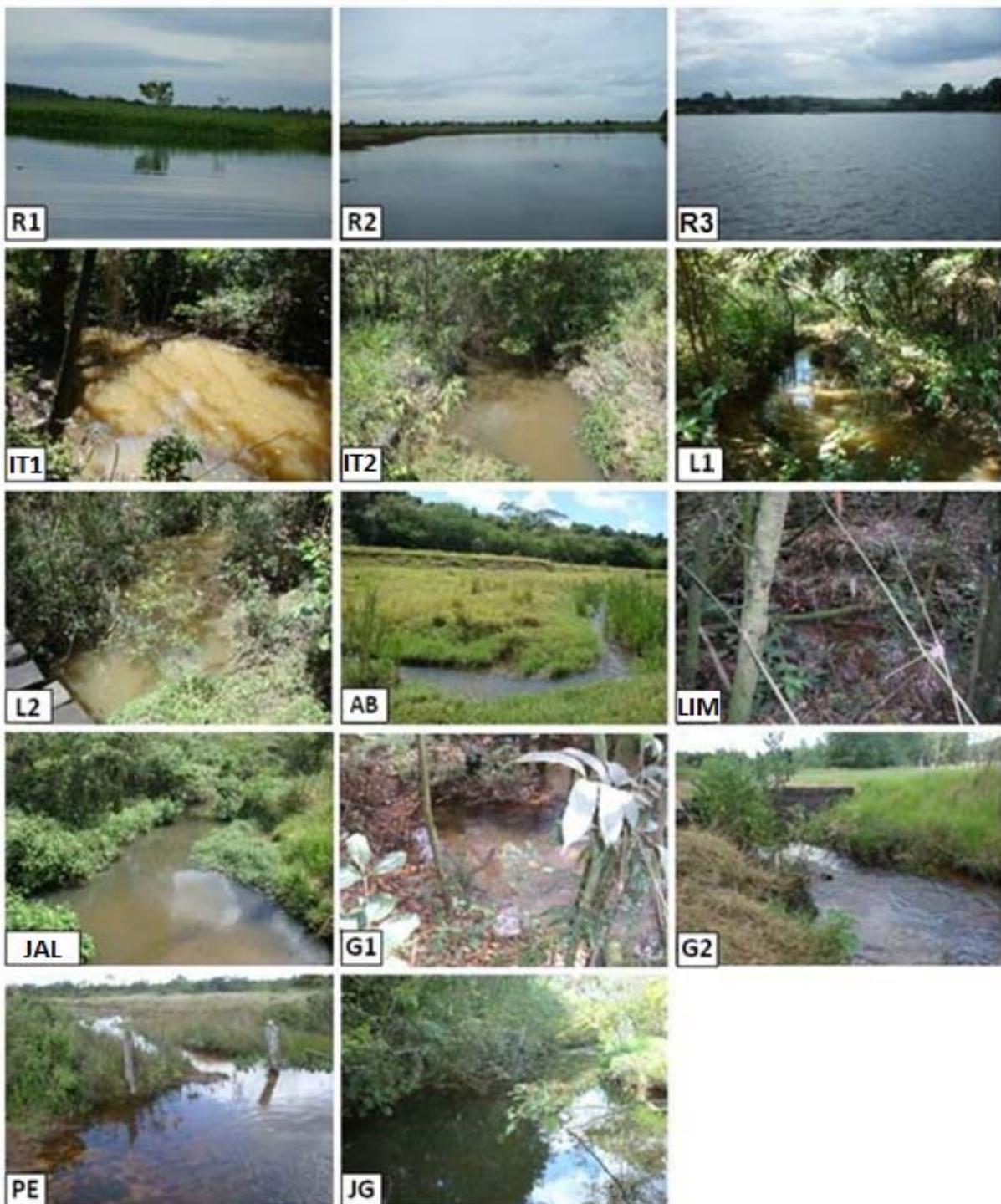


Figura 4.8 - Vista geral de diferentes trechos dos pontos de amostragem de água e sedimento da bacia hidrográfica do Lobo, sendo: R1, R2 e R3 - represa do Lobo; IT1 e IT2 - rio Itaqueri; L1e L2 - ribeirão do Lobo; AB - riacho Água Branca; LIM - riacho Limoeiro; JAL - junção dos riachos Água Branca e Limoeiro; G1 e G2 - riacho do Geraldo; PE - riacho das Perdizes; JG - rio Jacaré-Guaçu (Fotos: André Luís Sanchez e Kenzo Gabriel Matsubara, em 24/04/2010)



Figura4.9 - Foto do ponto de amostragem JG (logo a jusante da represa) durante a 4^a coleta, com a água extravasando a sua calha normal (Foto: Evaldo Luiz Gaeta Espíndola)

Tabela 4.3 - Localizações, representações, coordenadas UTM e descrições das análises e caracterizações prévias dos 17 pontos de amostragem da bacia hidrográfica do Lobo em relação aos impactos preliminares identificados

Localidade	Ponto	Coordenadas UTM	Descrição
Represa do Lobo	R1	N 7.540.615 E 203.546	Área de influência do riacho Itaqueri com vegetação característica de áreas alagadas.
	R2	N 7.540.944 E 202.707	Área de influência do riacho Ribeirão do Lobo com presença de vegetação ripária no entorno.
	R3	N 7.545.466 E 200.683	Próximo a barragem da represa com condomínio residencial na parte esquerda e o Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da USP na porção direita.
	P1	N 7.540.481 E 203.114	Ponto localizado entre os pontos R1 e R2. Fica, portanto, entre a foz do Rio Itaqueri e a foz do Ribeirão do Lobo. Presença de macrófitas no local.
	P2	N 7.543.029 E 201.614	Ponto localizado aproximadamente no ponto médio da represa, no sentido sudeste-noroeste. Próximo à margem, onde a vegetação chega até a água.
	P3	N 7.545.499 E 200.695	Ponto próximo da margem da represa onde está localizado o Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da USP. Fica próximo ao ponto R3. Presença de vegetação ripária.
	IT1	N 7.528.762 E 202.619	Cultivo de cana-de-açúcar na porção direita do riacho e pastagens do lado esquerdo, avançando em direção à área de proteção permanente do riacho; remanescentes de vegetação nativa.
	IT2	N 7.537.277 E 205.043	Jusante da área de mineração de areia e à montante do lançamento de efluentes da cidade de Itirapina/SP; além de ser cruzado pela linha férrea poucos metros do ponto de coleta.
	L1	N 7.532.291 E 198.522	Presença de vegetação ripária e fragmentos de áreas de cerrado característico na área de entorno, além de culturas agrícolas variadas, com destaque para pastagens e plantações de espécies de Eucalipto.
Ribeirão do Lobo	L2	N 7.539.482 E 200.961	Vegetação característica de áreas alagadas com invasão de espécies de Eucalipto.
	AB	N 7.537.561 E 207.890	Localizado nas proximidades da estação de tratamento de efluentes da cidade de Itirapina/SP, porém antes da emissão de efluentes no riacho.
Riacho Água branca	LIM	N 7.538.964 E 108.177	Inserido na Estação Ecológica de Itirapina pertencente ao Instituto Florestal de São Paulo, com vegetação ripária em matriz de Pinus.
Riacho Água branca/Limoeiro	JAL	N 7.538.796 E 205.898	À jusante da junção dos córregos Água Branca e Limoeiro, está localizado próximo a rodovia Ayrton Senna e à jusante do lançamento de efluentes da cidade de Itirapina/SP com presença de espécies Eucalipto na área de entorno.
Riacho do Geraldo	G1	N 7.542.202 E 207.116	Vegetação ripária inserida em uma matriz de Pinus com destaque para a presença de bromeliáceas, orquídáceas e samambaias.
	G2	N 7.541.547 E 203.991	Localizado no cruzamento com a rodovia Ayrton Senna com presença de Pinus e de um condomínio residencial na margem direita do riacho.
Riacho das Perdizes	PE	N 7.543.070 E 199.444	Inserido em uma área de condomínios residenciais pertencentes à cidade de Brotas/SP, parte da área a montante do ponto amostral se encontra represada, com presença de gramíneas e vegetação remanescentes de cerrado na área de entorno.
Rio Jacaré Guaçú	JG	N 7.545.983 E 200.694	Localizado logo após a barragem da represa e à montante de um trecho encachoeirado, com vegetação ripária na margem esquerda e ausente na porção direita devido à presença de parte do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da USP.

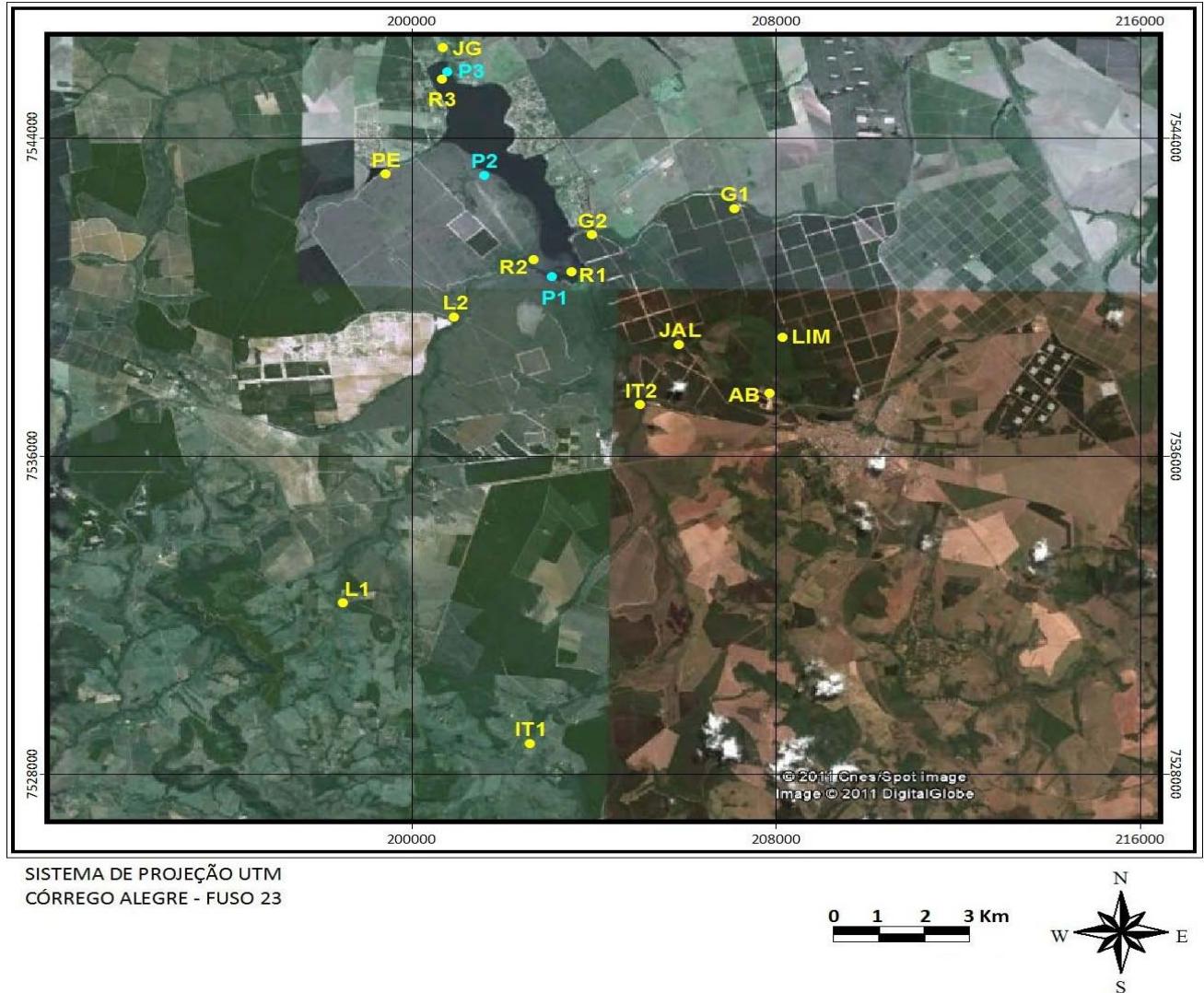


Figura 4.10 - Representação da área de estudo, englobando a bacia hidrográfica da Represa Carlos Botelho (Lobo-Broa) e localizando os 17 pontos de coleta (mapa feito a partir de imagem do Google, 2011)

4.3 ANÁLISES DO COMPARTIMENTO ÁGUA

As amostras de água foram coletadas com garrafa de Van Dorn, na sub-superfície de cada estação de amostragem, sendo armazenadas diretamente nos recipientes plásticos, acondicionadas e preservadas para posterior análise conforme as metodologias de referência para cada variável, como pode ser observado na Tabela 4.4. Algumas medidas foram realizadas no próprio local de amostragem, como aquelas determinadas pela sonda de multiparâmetros, da marca Horiba. Todas as análises, exceto as de agrotóxicos (que foram 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 4.4 - 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 ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Multi-sensor HORIBA U-10
3	Oxigênio dissolvido (mg.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 (mg.L^{-1})	Gravimetria / (WETZEL; LIKENS, 1991)
7	Nitrito e nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Espectrofotometria/ (MACKERETH, HERON; TALLING, 1978)
8	Íon amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Espectrofotometria/ (KOROLEFF, 1976)
9	Nitrogênio orgânico total (mg.L^{-1})	Espectrofotometria/ (APHA, 1995)
10	Fosfato total dissolvido e fosfato inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Espectrofotometria/ (GOLTERMAN; CLYMO; OHMSTAD, 1978)
11	Fósforo Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Espectrofotometria/ (APHA, 1995)
12	SiO_2 (mg.L^{-1})	Espectrofotometria/ (GOLTERMAN; CLYMO; OHMSTAD, 1978)
13	Metais totais (Fe, Ni, Cr, Zn, Pb, Cu, Cd, Mn, Co e Mg) - (mg.L^{-1})	Espectrofotometria / (APHA, 1995)
14	Pesticidas Organoclorados ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Cromatografia gasosa (extração em fase sólida)/ (feito no IQSC/USP)

4.4 VARIÁVEIS DO SEDIMENTO

As amostras de sedimento foram coletadas em todas as estações de amostragem, com auxílio de draga de Eckmann, sendo imediatamente homogeneizadas e armazenadas em potes plásticos de 1L. Elas foram deixadas à 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 4.5.

Tabela 4.5 - Metodologias utilizadas nas análises das variáveis físicas, químicas 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 ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Espectrofotometria/ (ANDERSEN, 1976)
4	Nitrogênio orgânico total (%)	(APHA, 1995)
5	Metais potencialmente biodisponíveis (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn, Zn, Pb, Co e Mg) (mg.Kg^{-1})	Espectrofotometria (Absorção Atômica por Chama e Forno de grafite)/ (SILVÉRIO, 1999)

4.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS

As análises físicas e químicas da água e sedimento geram uma quantidade muito grande de dados, o que acaba dificultando a análise quando uma visão geral é requerida. Dessa forma buscou-se um método que integrasse todos os dados obtidos e buscassem correlações entre eles para possibilitar análises gerais do banco de dados gerados. A Análise de Componentes Principais (PCA) foi o método escolhido para sintetizar as informações recolhidas ao longo da pesquisa. Segundo Miller e Miller (2005), essa é uma forma de reduzir a quantidade de dados quando existe uma correlação entre eles. A PCA consiste em achar combinações lineares dos dados analisados e a partir dessas combinações, identifica-se a nova variável que se relaciona mais com a maior quantidade de dados, sendo essa chamada de PC1. A variável que se relaciona mais com a segunda maior quantidade de dados é chamada de PC2, e assim por diante.

A PCA, em uma análise mais geral, relaciona dados de variáveis diferentes entre si (pH, turbidez, condutividade, etc) criando novas variáveis (genéricas) e relacionando todos esses dados com essas novas variáveis. Isso permite uma análise direta entre esses dados, pois agora eles estão relacionados com as mesmas variáveis.

A partir dessas novas variáveis criadas, pode-se empregar o método Cluster, que agrupa dados próximos entre si no espaço multidimensional criado por essas novas variáveis. Para a construção das matrizes de similaridade 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. Para testar o grau de deformação, utilizou-se o coeficiente de correlação cofenético (CCC). Esse coeficiente nada mais é do que a associação entre os objetos reconstituídos a partir do dendrograma. Os valores de CCC maiores do que 0,8 indicam que o dendrograma fornece representação razoável da matriz de parecência original (BINI; BICUDO; BICUDO, 2004).

4.6 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA

Para caracterização qualitativa dos principais problemas que atingem a bacia hidrográfica utilizou-se o protocolo de avaliação de habitat modificado por Barbosa (2003), com base nos protocolos de Hannaford et. al. (1997), Barbour et. al. (1999) e Callisto et. al. (2002), na qual são analisados vários componentes que consistem em: estabilidade e diversidade de fundo, desenvolvimento de remansos e corredeiras, acomodação do substrato, deposição de sedimentos, condições de fluxo, alterações no canal do rio, presença de vegetação ripária e extensão da vegetação ripária. O protocolo utilizado na presente pesquisa encontra-se no Anexo 1.

4.7 ANÁLISE DA COMUNIDADE DE PEIXES

4.7.1 Coleta de peixes

4.7.1.1 *Na represa do Lobo*

Na primeira coleta, as capturas foram realizadas com 2 baterias de redes de espera (permaneceram durante 12 horas nos locais, sendo colocadas às 18h:00min e retiradas às 6h:00min da manhã seguinte), contendo 8 redes de 10 metros de comprimento cada, com diferentes tamanhos de malhas (3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 e 12 cm, entre nós opostos). As baterias de redes foram montadas nos pontos de coleta P1 e P3, sendo as redes dispostas uma ao lado da outra, amarradas e todas paralelas à margem. Ocorreu, no entanto, durante essa primeira coleta, ataque de um animal (identificado, durante a retirada das redes, como sendo uma ariranha) às redes do ponto P3. Esse ataque resultou na perda de todos os exemplares de peixes e no aparecimento de buracos de até 50 cm de diâmetro nas redes.

Então, diante de tal imprevisto, na segunda coleta foi adotado um procedimento diferente. Foram montadas 3 baterias de redes de espera (com os mesmos comprimentos e tamanhos de malhas das redes da primeira coleta) distribuídas nos pontos P1, P2 e P3. As redes foram dispostas da mesma forma da primeira coleta, sendo que, dessa vez, foram

montadas às 18h00min, sendo realizada despescas de todas as redes às 23h00min e as retiradas às 06h00min da manhã do dia seguinte.

Entretanto, novamente ocorreu um ataque às redes do ponto de amostragem P3, embora alguns peixes tenham permanecido nas redes parcialmente danificados, como mostra a Figura 4.11. Diante disso, nas coletas seguintes foram realizadas mais despescas com intervalos menores de tempo entre elas a fim de evitar ataques de animais às redes. O procedimento então adotado nas 3^a e 4^a coletas consistiu em armar as redes às 18h00min, fazer duas despescas durante a madrugada e retirar as redes às 06h00min do dia seguinte.



Figura 4.11 - Peixes parcialmente danificados, recolhidos nas redes de espera do ponto de amostragem P3 na segunda coleta (Foto: Kenzo Gabriel Matsubara em 06/08/2010)

4.7.1.2 *Nos tributários*

Na primeira coleta de peixes nos pequenos cursos de água foi utilizada uma peneira, padronizando-se o número de lances e o número de peixes, até que se completassem dez lances consecutivos sem peixes (RIBEIRO, 1994). Na segunda coleta, diante da pouca eficiência da peneira verificada na primeira coleta, foi utilizado um puçá com alça comprida que possibilitava o acesso a partes mais restritas dos riachos. Foram feitas cerca de 40 batidas em cada ponto de amostragem, até que fosse capturada uma quantidade significativa de peixes. Verificou-se, então, uma maior eficiência, optando por esse método nas coletas seguintes. Na 4^a coleta, devido às fortes chuvas ocorridas no período, os pontos de coleta de

peixes no Rio Itaqueri e Ribeirão do Lobo ficaram inacessíveis, não sendo possível a realização da coleta nesses pontos.

4.7.2 Procedências e análises iniciais das amostras

Os peixes capturados em cada coleta foram separados em sacos plásticos contendo informações sobre a época do ano, local e tipo de aparelho usado na coleta. Em seguida, os exemplares foram fixados em formalina 10% e conservados em álcool 70%, sendo armazenados em recipientes plásticos e transportados para o laboratório do Núcleo de Estudos de Ecossistemas Aquáticos (NEEA), do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA), do Departamento de Hidráulica e Saneamento (SHS), da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP), em São Carlos, São Paulo, onde foram identificados com o auxílio de chaves de identificação (CASTRO et al., 2004).

4.7.3 Observação dos pontos de coleta

Além da coleta ictiológica foram feitos registros das condições de entorno da área amostrada, que levaram em consideração o grau de urbanização da região próxima aos pontos de coleta, a presença ou não de mata-ciliar, o grau de sombreamento das margens do rio, a existência de cultura ou pecuária próxima às margens, a construção de barramentos nos trechos a montante e a jusante dos pontos de coleta e a ocorrência de despejo de efluentes industriais e domésticos na área. Tal análise já foi apresentada na Tabela 4.3.

4.7.4 Análises estatísticas, frequência relativa e diversidade de espécie

As análises de Cluster e PCA realizadas sobre as coletas de peixes seguem os mesmos princípios das realizadas sobre as amostras de água e sedimento, já descritas no item 4.5.

O cálculo da frequência relativa e a classe de ocorrência podem ser determinadas da seguinte maneira (cf. DAJOZ, 1972):

$$C = \frac{n}{N} \cdot 100$$

em que

C : frequência relativa (%)

n : número de vezes em que a espécie foi coletada

N : número total de coletas

Classe de ocorrência:

constante quando $C \geq 50\%$

acessória quando $25\% < C < 50\%$

accidental quando $C \leq 25\%$

O índice de diversidade de espécies de Shannon-Wiener (H'), discutido no item 5.5.3, é obtido pela equação:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

em que

S : número de espécies;

p_i : proporção da espécie i , estimada como $\frac{n_i}{N}$

n_i : medida de importância da espécie i (número de indivíduos, biomassa)

N : número total de indivíduos.

Na prática o valor máximo de H' é $\ln S$, e o mínimo é $\ln \left(\frac{N}{N-S} \right)$.

4.7.5 Análises ecomorfológicas

De acordo com Teixeira e Bannemann (2007), foram tomadas medidas absolutas (Tabela 4.6) para posterior cálculo dos atributos utilizados nas análises ecomorfológicas (Tabela 4.7).

As medidas de comprimento foram tomadas com paquímetro digital.

Tabela 4.6 - Medidas absolutas utilizadas nas análises morfométricas

Medida	Sigla	Explicação(TEIXEIRA; BANNEMANN, 2007)
Comprimento padrão	CP	distância entre a ponta do focinho e a extremidade da última vértebra caudal
Comprimento da cabeça	CC	distância entre a ponta do focinho e a extremidade posterior do opérculo
Altura da linha do olho	ALO	altura tomada da borda ventral da cabeça ao meio do olho, na mesma linha da altura da cabeça
Altura da cabeça	AC	distância entre a borda ventral à dorsal da cabeça na mesma linha da altura do olho
Altura máxima do corpo	AMC	máxima distância entre a borda ventral e dorsal do corpo (exceto nadadeiras)
Largura máxima do corpo	LMC	máxima distância transversal do corpo
Comprimento do pedúnculo	CPe	distância entre a borda posterior da base da nadadeira anal à borda posterior da última vértebra
Altura do pedúnculo	APe	altura do pedúnculo tomada na região de menor altura
Largura do pedúnculo	LPe	distância transversal tomada na mesma região da altura do pedúnculo
Largura da boca	LB	distância entre as extremidades laterais da boca

Tabela 4.7 - Atributos utilizados nas análises ecomorfológicas

Atributo	Sigla	Fórmula	Interpretação (TEIXEIRA; BANNEMANN, 2007)
Índice de compressão do corpo	ICC	AMC/LMC	Valores elevados indicam peixe lateralmente comprimido, relacionando-se a peixes que ocupam habitats de águas lentas, podendo indicar também preferência por águas superficiais
Altura relativa do corpo	ARC	AMC/CP	Atributo inversamente relacionado com ambientes de hidrodinamismo elevado e diretamente relacionado com a capacidade de desenvolver deslocamentos verticais
Comprimento relativo do pedúnculo	CRPe	CPe/CP	Pedúnculos longos indicam bons nadadores, inclusive peixes bentônicos habitantes em ambientes de hidrodinamismo elevado
Índice de compressão do pedúnculo	ICPe	APe/LPe	Pedúnculos comprimidos indicam indivíduos de natação lenta e pouca manobrabilidade, podendo afetar o desempenho em arrancadas rápidas à medida que aumenta a altura dos corpos entre as diferentes espécies
Comprimento relativo da cabeça	CRC	CC/CP	Atributo diretamente relacionado ao tamanho relativo do alimento consumido
Altura relativa do olho	ARO	ALO/AC	Altos valores indicam olhos dorsalmente posicionados, característico de peixes bentônicos

A partir dos atributos calculados, foram feitas análises de componentes principais (PCA) e de *Cluster*, através do software livrePAST, desenvolvido pela Universidade de Oslo (Noruega). Apenas as espécies que continham três ou mais indivíduos capturados por estação de amostragem em cada período de coleta foram analisadas.

4.7.6 Análise de conteúdo estomacal

Foram realizadas análises dos conteúdos estomacais das espécies de peixes nativas e introduzidas no reservatório e tributários recolhidas nas quatro coletas. A análise dos estômagos foi realizada usando um microscópio estereoscópico e os itens foram identificados até a categoria taxonômica possível. O método usado para a análise foi a composição percentual, que é a frequência de ocorrência em relação à soma de todas as ocorrências. Foram analisados 10 exemplares de cada espécie por ponto de amostragem e, nos pontos que continham menos de 10 exemplares de uma única espécie, todos os indivíduos da espécie foram analisados. Para cada item alimentar encontrado foram calculados:

- composição percentual = porcentagem do volume de dado item alimentar em relação ao volume total de massa alimentar encontrada no estômago;
- frequência de ocorrência = fração de estômagos em que dado item alimentar aparece;
- dominância específica = dominância do item alimentar em relação a todos os indivíduos analisados, calculado a partir do volume relativo de cada item.

Dessa forma, foi possível analisar a preferência alimentar de cada espécie a partir do método gráfico de Costello (1990) modificado por Amundsen, Gabler e Staldivik (1996). Tal método consiste em plotar um gráfico sendo o eixo X a frequência de ocorrência do item alimentar e o eixo Y a dominância específica desse item.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DA ÁGUA

5.1.1 pH

Os valores de pH obtidos estão representados na Figura 5.1 e constam no Apêndice A. Percebe-se a natureza ácida da água em todas as coletas, que apresentaram, quase sempre, valor abaixo da faixa ideal para rios de classe II, de acordo com a resolução CONAMA 357/05, que estipula um pH mínimo de 6 e máximo de 9.

Porém, apesar de os valores se encontrarem abaixo da faixa ideal de pH, é natural a água da bacia hidrográfica ser ácida por consequência da natureza ácida dos solos predominantes. São eles o Latossolo Vermelho-Amarelo, ocorrendo em aproximadamente 31% da área da bacia, sendo encontrados em todo o entorno da represa, assim como nas cabeceiras de seus afluentes e as areias quartzozas, ocorrendo em 27% da área, principalmente nas planícies aluvionais e baixadas marginais da represa.

Argenton (2004), em seu trabalho, encontrou, para os mesmos rios e represa, valores de pH variando de 4 a 6,3, o que é muito próxima para a faixa de 3,7 a 7,1 obtida no presente estudo.

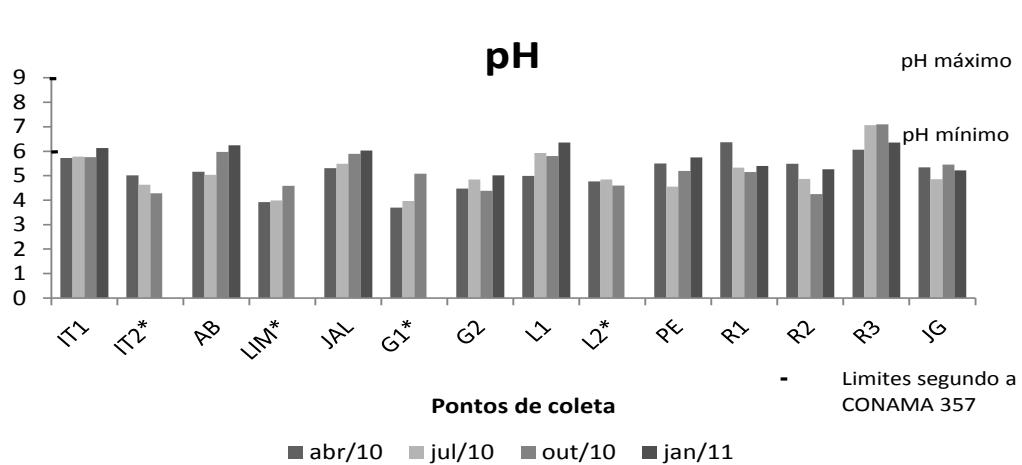


Figura 5.1 - Variação espacial e temporal dos valores de pH das amostras de água coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.2 Condutividade

Segundo Allan e Castillo (2007), a condutividade é a medida da condutância da água (capacidade desta de conduzir corrente elétrica (ESTEVES, 1988) e uma medida aproximada dos íons totais dissolvidos. Esses íons são, na maioria, quatro cátions (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) e quatro ânions (HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} e Cl^-). Outros íons, incluindo os de N e P, são biologicamente importantes, mas não oferecem muita contribuição para os íons totais. Ainda segundo o autor, a principal fonte natural desses íons é o intemperismo nas rochas sedimentares, porém, os efluentes antropogênicos também contribuem para o aumento da condutividade. Sendo assim, esse é um indicador de poluição.

No caso da bacia hidrográfica em questão, existe tanto predomínio de rochas magmáticas quanto de sedimentares. Segundo Hutchinson (1957 apud ESTEVES, 1988), se uma bacia possui rochas sedimentares, a composição iônica da água é determinada pela composição das rochas, já que essas são mais friáveis. Agora, se o predomínio for de rochas magmáticas, a composição iônica da água é, em geral, dominada pela água da chuva. Como a composição rochosa da bacia é dividida, além dela ser relativamente pequena, a condutividade da água é um bom indicador de poluição. Segundo Espíndola e Brigante (2003), quanto mais poluída estiver a água, maiores serão os valores de condutividade, em função do aumento do conteúdo mineral.

Entretanto, o pH pode ter grande influência sobre os valores de condutividade elétrica. Em águas ácidas, o íon H^+ pode ser responsável pela condução de corrente elétrica

(ESTEVES, 1988). Verifica-se que os 4 pontos de coleta com maior média de condutividade (Figura5.2 e ApêndiceA), IT1, AB, JAL e L1 (média das quatro coletas de 29,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 28,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 40,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 38,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente) não foram coincidentes com os pontos de menor média de pH, que foram I2 (4,64), LIM (4,16), G1 (4,25) e G2 (4,68). Dessa forma, nesse caso, o pH não foi fator determinante para os valores de condutividade.

Percebeu-se também uma tendência de diminuição da condutividade da 3^a para a 4^a coleta, principalmente nos 4 pontos de amostragem onde a média anual da condutividade foi maior (IT1, AB, JAL e L1). Isso, por um lado, contradiz a afirmação de Esteves (1988) de que a atividade iônica de uma solução é fortemente dependente de sua temperatura (aumenta cerca de 2% a cada °C) porque a temperatura em todos os pontos subiu da 3^a para a 4^a coleta (Figura5.4). Provavelmente seja pelo fato de que a vazão em todos os pontos, apesar de não ter sido medida, foi perceptivelmente maior na última coleta, o que pode ter provocado uma grande diluição, diminuindo a condutividade. Ainda mais tendo em vista que houve uma tendência de aumento da condutividade da 2^a para a 3^a coleta enquanto que todas as temperaturas subiram entre essas duas coletas e a vazão nos rios foi praticamente a mesma.

Portanto, os altos valores de condutividade dos pontos de coleta IT1, AB, JAL e L1 são decorrentes de efluentes antrópicos lançados nos corpos d'água. Os efluentes da cidade de Itirapina são lançados no córrego da Água Branca, pouco depois do ponto de coleta AB. O ponto JAL é o primeiro ponto de coleta a jusante desse lançamento de esgoto, dessa forma, a alta condutividade é em função desse lançamento. Já no entorno do ponto AB ocorre a criação de animais, havendo, inclusive, fezes espalhadas por todo o local, o que pode ter contribuído para a alta condutividade. Os pontos de amostragem IT1 e L1 encontram-se em locais relativamente preservados, porém, com a prática de agricultura em pequenos sítios com criação de animais e, muito provavelmente, sem tratamento de efluentes, sendo essas as possíveis causas da alta condutividade. Entre os pontos de amostragem da represa, o ponto R1 foi o que apresentou os mais altos valores medidos (máximo de 17 $\mu\text{S}/\text{cm}$, na 3^a coleta). Isso se deve ao fato de ele estar localizado logo após a foz do ribeirão do Itaqueri, que por sua vez recebe as águas do córrego Água Branca (contaminado com esgoto de Itirapina), além de possuir a mineradora de areia em suas margens.

Todos os locais de amostragens permaneceram com valores de condutividade abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Níveis superiores a esse valor indicam ambientes impactados (CETESB, 2010). Porém, isso não significa que o ambiente não está em processo de degradação.

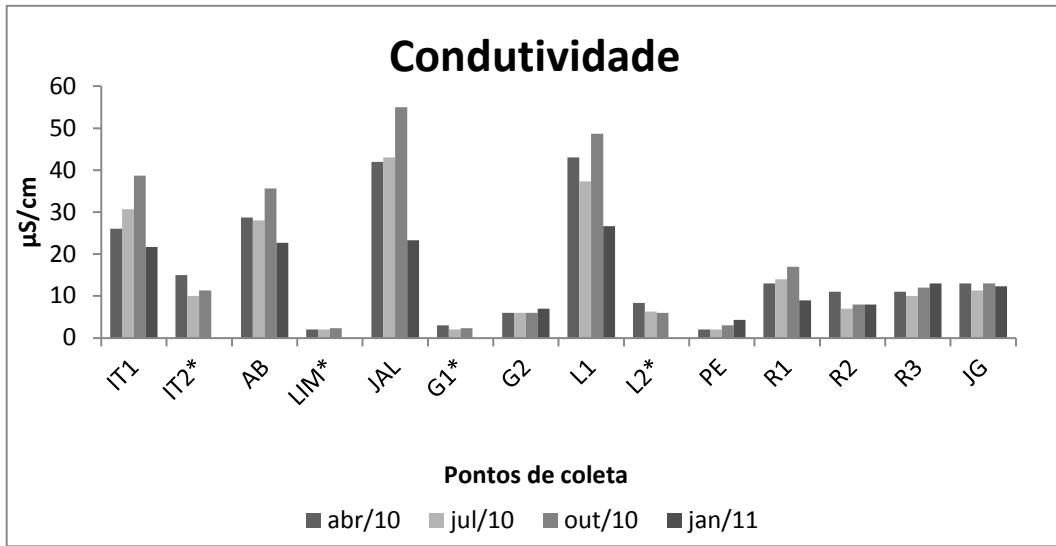


Figura 5.2 - Variação espacial e temporal dos valores de condutividade das amostras de água coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.3 Oxigênio dissolvido (OD)

Nos processos aeróbios, o oxigênio dissolvido é fundamental para a respiração dos microrganismos aeróbios que realizam a degradação da matéria orgânica (JORDÃO; PESSÔA, 2005). Dessa forma, quanto mais matéria orgânica na água, maior será o consumo de OD. Sendo assim a concentração de OD é uma importante medida indireta de poluição.

Pode-se observar que, em quase todos os pontos de coleta, houve um aumento de OD na 2^a coleta. Conforme a temperatura abaixa, a concentração de saturação de OD na água aumenta (a capacidade de diluição de oxigênio na água aumenta). A concentração de saturação também diminui com a diminuição da pressão atmosférica (ESTEVES, 1988). O mês da 2^a coleta apresentou as menores temperaturas (Figura 5.4), assim é natural que a concentração de OD nesse período seja maior. A pressão atmosférica não muda significativamente nos diferentes pontos da bacia.

Em geral, as concentrações de oxigênio dissolvido foram relativamente boas, uma vez que, de acordo com a CONAMA 357/05, os valores devem permanecer acima de 5mg/L em rios de classe II. Todos os pontos de amostragem, exceto em JAL (média de 4,29 mg/L), tiveram as medições das 4 coletas acima desse valor (Figura 5.3 e Apêndice A), lembrando que o ponto JAL está localizado a jusante do lançamento de esgoto da cidade de Itirapina.

Na 3^a coleta na represa o equipamento de medição de OD apresentou problemas na célula, portanto existe uma falha nos dados dos três pontos de amostragem correspondentes nesse período, dessa forma, esses dados não foram contabilizados. Talvez o mesmo erro possa ter ocorrido na medição de OD do ponto de amostragem R1 na 4^a coleta, quando esse ponto apresentou valor de 2,6 mg/L. Tal valor não foi descartado pelo motivo de esse ponto estar localizado logo após a foz do córrego Itaqueri, que recebe o esgoto de Itirapina através do córrego Água Branca, cujo ponto a jusante do lançamento é o JAL, que apresenta valores baixos de OD. Apesar disso, não existe confiabilidade nesse dado, pois, na 4^a coleta, o ponto JAL estava com uma concentração de OD de 5,42 mg/L, bem superior ao valor 2,6 mg/L do ponto R1. A tendência é que haja uma autodepuração ao longo do curso d'água. Após a entrada da fonte de poluição, o equilíbrio entre as comunidades é afetado, resultando numa desorganização inicial, seguida por uma tendência posterior à reorganização (VON SPERLING, 2005). Nesse caso, a concentração de OD tende a subir, o que não acontece se esse dado for considerado.

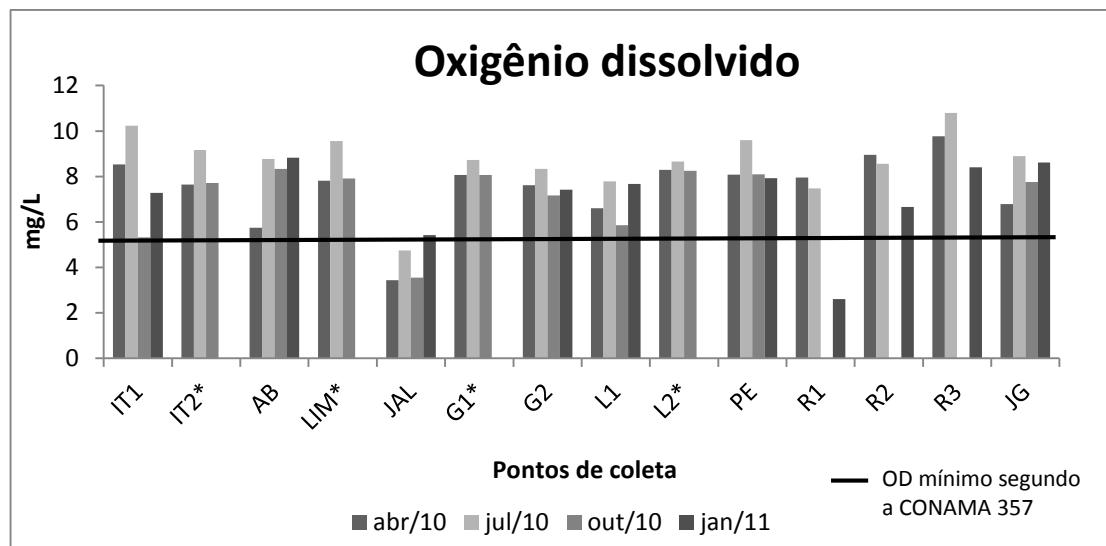


Figura 5.3 - Variação espacial e temporal das concentrações de oxigênio dissolvido das amostras de água coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.4 Temperatura

Os dados de temperatura da água dos rios ou da represa apresentam variações, as quais são consequências tanto do regime climático normal quanto das variações sazonais e diurnas.

Quando as medidas de dados são tomadas na superfície da água, elas estão sujeitas a fatores como a latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003).

A variação de temperatura foi como a esperada de acordo com as diferentes épocas do ano e manteve certo padrão em todos os pontos de amostragem e em todas as coletas (Figura 5.4 e Apêndice A). A média na primeira coleta foi 22,5°C, na segunda 16,9°C, na terceira 19,8°C e na quarta 24,5°C.

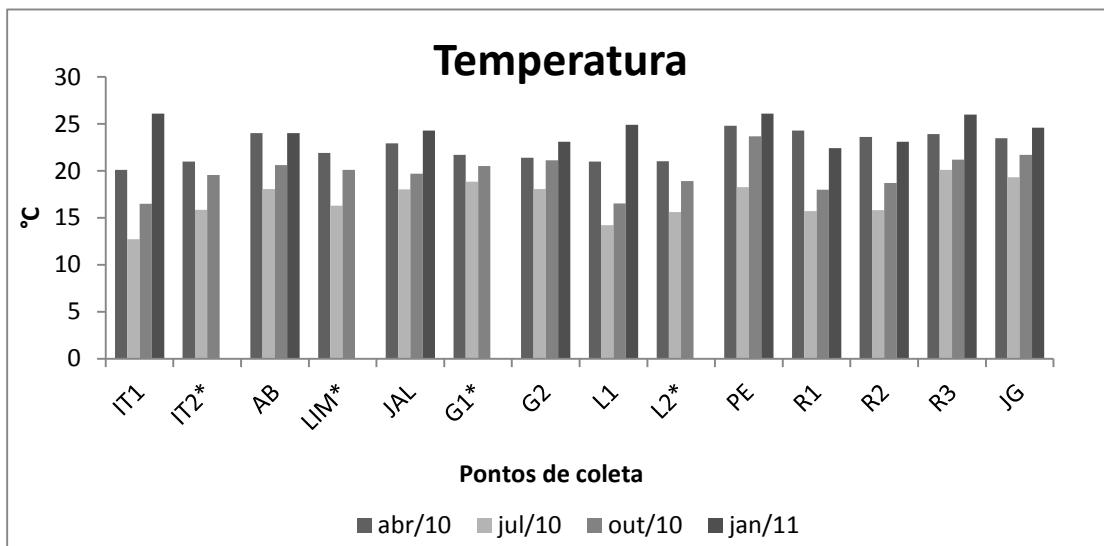


Figura 5.4 - Variação espacial e temporal dos valores de temperatura das amostras de água coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.5 Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. É causada por sólidos em suspensão na água de origem natural ou antropogênica, sendo os de origem natural partículas de rocha, argila, silte, algas e outros microrganismos e os de origem antropogênica despejos domésticos e industriais, microrganismos, atividades de mineração e erosão por causas antrópicas (VON SPERLING, 2005 e CETESB, 2010).

O registro de medidas de turbidez mostra valores relativamente baixos (Apêndice A e Figura 5.5). A resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite de 100 UNT (Unidade

Nefelométrica de Turbidez) para rios de classe II, enquanto que o máximo valor observado foi de 30 UNT, no ponto IT1 na 4^a coleta.

O ponto de coleta IT1 foi o que apresentou a maior média de turbidez (25 UNT) seguido pelo L1 (16UNT). Esse dois pontos se encontram em uma área relativamente preservada da bacia hidrográfica. Porém, em relação a esse parâmetro, é preciso considerar que as águas da maioria dos rios brasileiros são naturalmente turvas em decorrência da natureza geológica de sua bacia de drenagem (DIAS e VARGAS DE MELO, 1998 apud ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003). Portanto, o tipo de solo da região deve ter influenciado a turbidez da água. Além disso, em estações chuvosas, os valores de turbidez tendem a ser maiores em decorrência da erosão associada ao mal uso do solo (CETESB, 2010), fato que pode ser notado na Figura 5.5, onde os valores de turbidez do período seco são, na maioria dos casos, menores que o restante. Um grande aumento de turbidez também existe no ponto de amostragem JAL na 4^a coleta, que também foi provocado pelas chuvas.

O lançamento de esgoto doméstico e atividades de mineração não foram significativos para o aumento da turbidez no caso desse estudo. Isso porque tanto os pontos de coleta JAL e R1 que são degradados pelo lançamento do esgoto da cidade de Itirapina a jusante, quanto o IT2, que sofre com a mineração de areia a jusante, não apresentaram diferenças perceptíveis em relação aos outros pontos.

Os pontos de amostragem da represa (R1, R2 e R3) e o ponto logo a jusante da barragem (JG) possuem certo grau de turbidez em decorrência de proliferação de algas, evidenciada pela análise de clorofila *a* analisada no item 5.1.6,e a constante movimentação de embarcações na represa que provoca grande agitação da água e a consequente ressuspensão de material e erosão das margens não protegidas pela violência dessa movimentação das águas (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003).

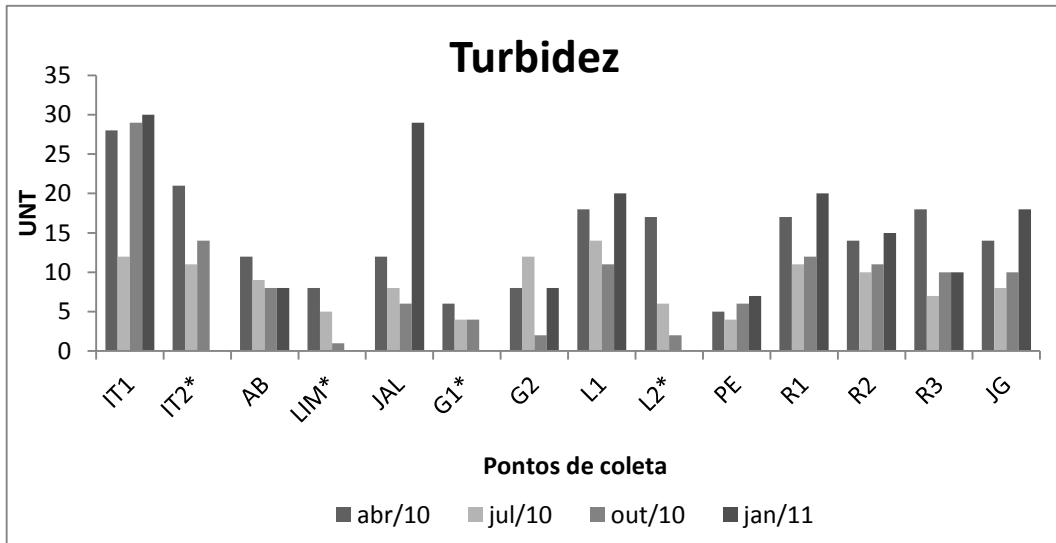


Figura 5.5 - Variação espacial e temporal dos valores de turbidez das amostras de água coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.6 Nível de eutrofização da água

Para avaliar o nível de eutrofização da água foram utilizados os procedimentos descritos e utilizados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2010). O Índice do Estado Trófico (IET) temporfinalidade classificarcorpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (CETESB, 2010).

O cálculo do IET utiliza três parâmetros: transparência (disco de Secchi), clorofila e fósforo total. Para o cálculo do IET neste trabalho, foram aplicadas apenas duas variáveis: clorofila *a* e fósforo total, uma vez que os valores de transparência muitas vezes não são representativos do estado de detrofia, pois estapode serafetada pela elevada turbidez decorrente de material mineral e suspensão não apenas pela densidade de organismos planctônicos (CETESB, 2010).

As categorias de classificação da água de rios e reservatórios estão representadas nas Tabelas 5.1 e 5.2, respectivamente.

Tabela 5.1 - Classificação do estado trófico da água de rios (CETESB, 2010)

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

Tabela 5.2 - Classificação do estado trófico da água de reservatórios (CETESB, 2010)

Classificação do Estado Trófico - Reservatórios				
Categoria (Estado trófico)	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m ⁻³)	Clorofila a (mg.m ⁻³)
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

A clorofila é um dos pigmentos responsáveis pelo processo fotossintético. A clorofila *a* é a mais universal das clorofilas (*a*, *b*, *c*, e *d*) e representa, aproximadamente, de 1 a 2% do peso seco do material orgânico em todas as algas planctônicas e é, por isso, um indicador da biomassa algal. Assim a clorofila *a* é considerada a principal variável indicadora do estado trófico dos ambientes aquáticos (CETESB, 2010).

As algas, ou fitoplâncton, são os principais organismos responsáveis pela produção primária dos ecossistemas aquáticos (CETESB, 2010). Nos rios e córregos, principalmente aqueles cuja velocidade da correnteza é alta, essa produção primária está tipicamente restrita à habitats bentônicos envolvendo algas e cianobactérias (DUDGEON, 2008). Nutrientes (principalmente P inorgânico dissolvido, N nas formas amônia e nitrato e sílica), luz e corrente com baixa velocidade são considerados importantes para o crescimento das algas (ALLAN; CASTILLO, 2007).

Para os cálculos do IET, os dados de fósforo total obtidos estão apresentados no item 5.1.8.2. Os dados de clorofila *a* estão representados na Figura 5.6 e no Apêndice A. Pode-se observar que as maiores concentrações de clorofila *a* encontram-se nos pontos de coleta localizados no reservatório (R1, R2 e R3) e no ponto logo a jusante (JG). Inclusive, valores

obtidos nos pontos R1 (67,89 µg/L na 3^a coleta), R3 (43,25 µg/L na 2^a coleta e 74,87 µg/L na 3^a coleta) e JG (35,22 µg/L na 2^a coleta e 64,17 µg/L na 3^a coleta) estão acima do permitido, de acordo com a resolução CONAMA 357/05, que estabelece o limite de 35 µg/L de clorofila *a* para rios de classe II.

Os tributários da represa apresentaram baixas concentrações de clorofila *a* e, de um modo geral, sem variações significativas tanto temporal quanto espacialmente. A alta velocidade da água, nesse caso, foi fator determinante para essas baixas concentrações, uma vez que a concentração de nutrientes, apresentadas no item 5.1.8, não apresentou relação com a concentração de clorofila *a* (o ponto de amostragem JAL, que apresentou as maiores concentrações em quase todos os casos de nutrientes, apresentou concentrações de clorofila *a* muito próximas dos outros pontos de amostragem dos tributários).

Já os pontos de amostragem da represa e o JG, jusante, tiveram concentrações mais altas de clorofila *a* em função da própria dinâmica da represa que, por apresentar características muito próximas de um ambiente lêntico, propicia o crescimento de fitoplâncton. Ou seja, ambientes com menor velocidade de água propicia um maior acúmulo de nutrientes, os quais ficam mais disponíveis à utilização pelos produtores. Além disso, menor fluxo de água também favorece o estabelecimento de algas, uma vez que, no caso de maior velocidade da água, muito da produção está restrita às algas perifíticas, as quais se fixam em substratos ou no leito do rio, mais próximos ao sedimento. Valores bem mais elevados foram obtidos em R1, R2 e R3 na 3^a coleta (outubro/2010), o que pode estar relacionado com o maior aporte de nutrientes ao sistema em decorrência do início do período chuvoso. Na estação P2, no entanto, esses valores não foram tão elevados, mas enfatiza-se que a mesma se localiza na saída do Ribeirão do Lobo, sistema que vem apresentando elevada contribuição de sedimento em função da expansão da monocultura, como cana-de-açúcar e *Eucaliptus*. Outra possível explicação para os valores elevados em R1 e R3 é que a menor intensidade do vento promove a maior sedimentação de partículas, reduzindo a turbidez e aumentando a intensidade de luz, o que poderia contribuir para o aumento da produção primária. No caso da estação JG, ela somente reflete o aumento da produção ocorrida dentro do reservatório, uma vez que se localiza a jusante do mesmo. De qualquer forma, é nítida a diferença entre os pontos de amostragem dos rios e do reservatório.

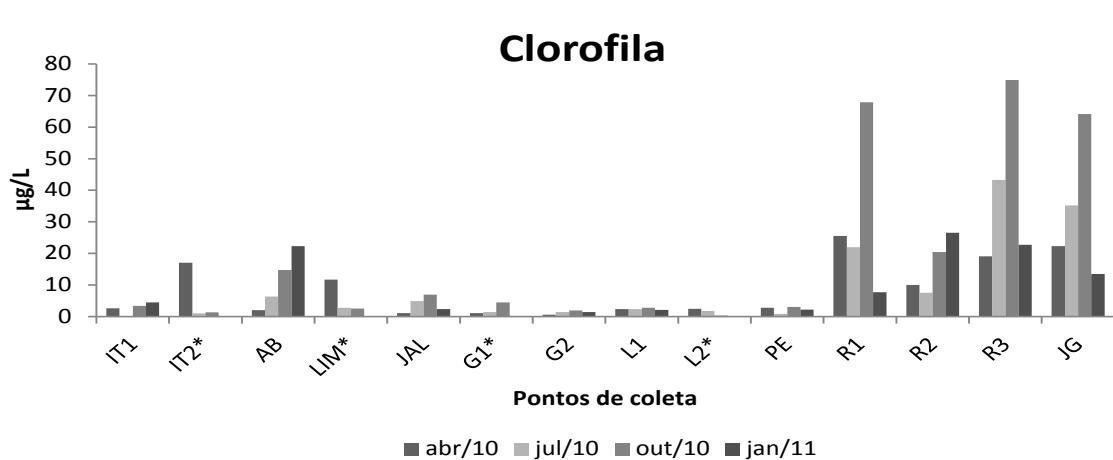


Figura 5.6 - Variação espacial e temporal das concentrações de clorofila das amostras de água coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

Os resultados dos cálculos de IET estão representados na Figura 5.7 e no Apêndice A. Observa-se uma tendência dos tributários de permanecerem no estado mesotrófico. Porém os pontos de amostragem AB e JAL apresentaram um maior grau de trofia devido ao maior aporte de fósforo total provido de lançamento de efluentes a jusante do ponto JAL e agricultura e criação de animais no AB. Já nos pontos de coleta da represa observa-se uma tendência de eutrofização da água.

Tabela 5.3 - Classificação dos pontos de amostragem quanto ao nível de trofia(*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

	1 ^a coleta	2 ^a coleta	3 ^a coleta	4 ^a coleta
IT1	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Supereutrófico
IT2*	Supereutrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	-
AB	Mesotrófico	Eutrófico	Supereutrófico	Hipereutrófico
LIM*	Eutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	-
JAL	Mesotrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Eutrófico
G1*	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	-
G2	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
L1	Mesotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Eutrófico
L2*	Mesotrófico	Mesotrófico	Oligotrófico	-
PE	Mesotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
R1	Eutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico	Supereutrófico
R2	Mesotrófico	Mesotrófico	Supereutrófico	Hipereutrófico
R3	Eutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico	Hipereutrófico
JG	Supereutrófico	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Supereutrófico

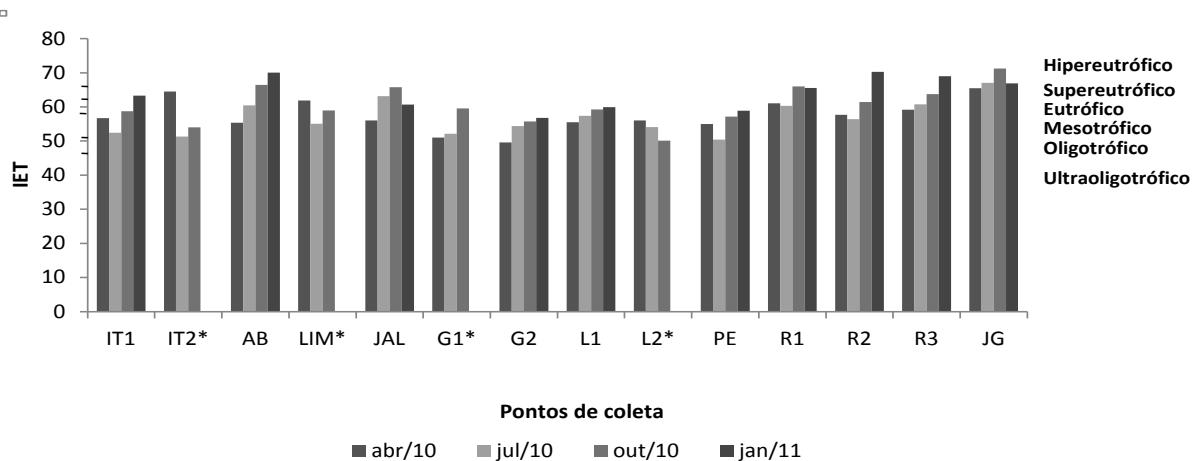


Figura 5.7 - Resultados obtidos do índice de estado trófico para os 14 pontos de coleta distribuídos na bacia hidrográfica da represa do Lobo (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.7 Material em suspensão

As concentrações de material em suspensão nas amostras foram baixas e constantes tanto temporal quanto espacialmente nas três primeiras coletas. Porém, na quarta coleta podemos observar picos de concentração de material em suspensão em quase todos os pontos de coleta, exceto por três (G2, R3 e JG), como apresentado na Figura 5.8 e no Apêndice A.

Os valores elevados verificados na 4^a coleta são decorrentes da alta pluviosidade no mês de janeiro de 2011, período no qual se realizou as coletas. A chuva carrega para os corpos d'água sedimento e outros materiais localizados na superfície dos solos da bacia hidrográfica, aumentando, assim, a concentração de material em suspensão da água.

A alta concentração observada durante a primeira coleta no ponto de amostragem JAL pode ter relação com algum lançamento pontual temporalmente e coincidente com o momento da coleta, porém os dados de nutrientes obtidos (item 5.1.8) não reforçam tal hipótese, pois as concentrações de nutrientes nesse ponto na 1^a coleta não foram superiores as demais. Assim, é mais provável que isso se deve à maneira incorreta de como a amostra foi coletada, incorporando partículas de sedimento.

Essa hipótese de coleta incorreta da amostra também se aplica ao alto valor encontrado no ponto de coleta L1 na 1^a coleta (40,57mg/L). Nesse caso, a porcentagem de matéria orgânica do material em suspensão da amostra (Figura 5.9 e Apêndice A) é baixa (3,63%), se comparada às outras três coletas seguintes (33,8%, 35,27% e 18,44%), o que evidencia a

presença de sedimento, que possuía 99,67% de matéria inorgânica na sua composição (item 5.2.1), na amostra de água.

Já nos pontos de amostragem da represa, o material em suspensão é decorrente da presença de fitoplâncton em maior quantidade que os tributários, como já evidenciado no item 5.1.6, e pela ressuspensão de sedimento provocada pelo movimento constante de barcos (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003). Os pontos de coleta R1 e R2 estão localizados à jusante dos pontos IT1 e L1, respectivamente, o que explica o aumento de concentração de material em suspensão na 4^a coleta.

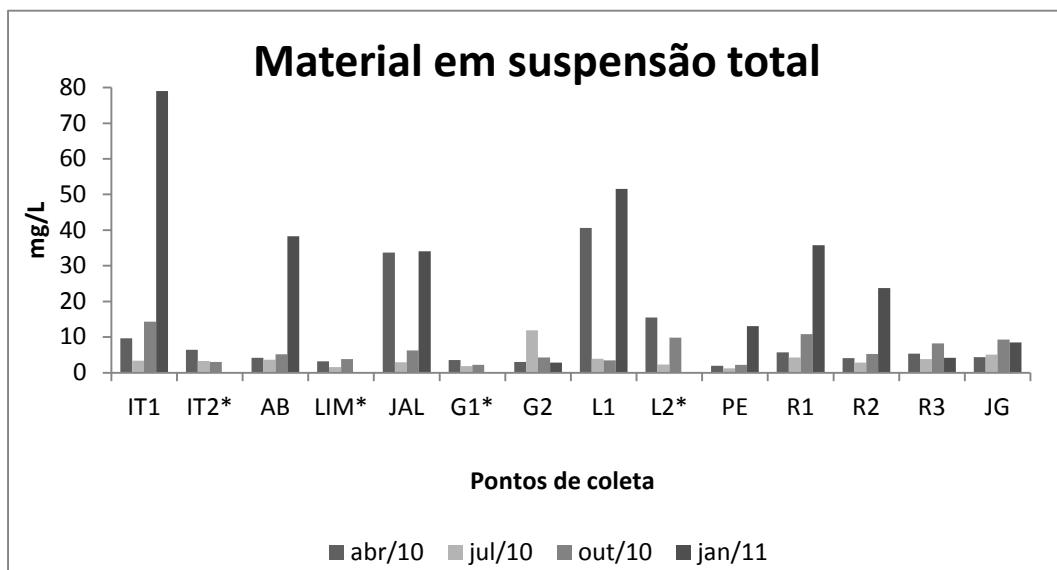


Figura 5.8 - Variação espacial e temporal das concentrações de material em suspensão total das amostras de água coletadas (* amostras não coletadas em janeiro de 2011)

A parcela de matéria orgânica do material em suspensão das amostras de água foi maior nos pontos de coleta da represa do que nos tributários. A represa naturalmente apresenta valores maiores por consequência da maior densidade de fitoplâncton. O ponto PE também apresentou alta porcentagem de matéria orgânica no material em suspensão. Esse ponto apresenta muita matéria orgânica a sua volta como macrófitas e algas filamentosas, além dele estar localizado logo a jusante de uma pequena represa construída no córrego das Perdizes.

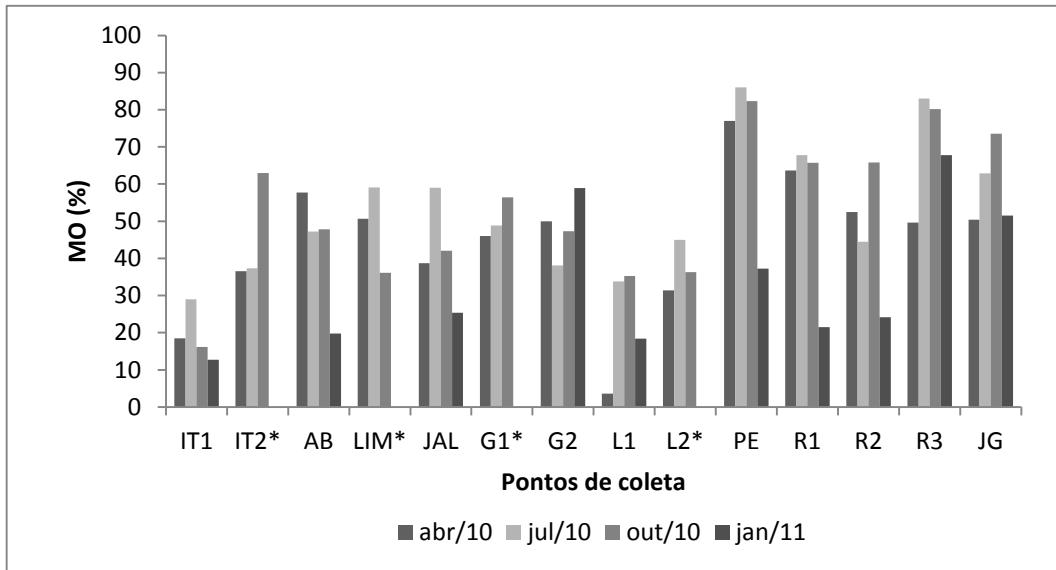


Figura 5.9 - Variação espacial e temporal da fração orgânica do material em suspensão total das amostras de água coletadas (* amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.8 Nutrientes

5.1.8.1 Nitrogenados

Dentro do ciclo do nitrogênio na biosfera, este se alterna entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: (a) nitrogênio molecular (N_2), escapando para a atmosfera, (b) nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), (c) amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), (d) nitrito (NO_2^-) e (e) nitrato (NO_3^-) (VON SPERLING, 2005). As concentrações das formas nitrito, nitrato, íon amônio e nitrogênio orgânico total constam no Apêndice A e estão representadas nas Figuras 5.10 e 5.11.

Dentre as fontes pontuais de nitrogênio está o esgoto doméstico, que é rico em compostos nitrogenados, como proteínas, aminoácidos e amônia, bem como em gorduras e açúcares (ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003).

O nitrito (NO_2^-) (fase intermediária entre a amônia e o nitrato) é encontrado em baixas concentrações notadamente em ambientes oxigenados. Em altas concentrações é extremamente tóxico à maioria dos organismos aquáticos (ESTEVES, 1988). A resolução CONAMA 357/05 determina que as máximas concentrações de nitrito e nitrato em rios de classe II sejam 1 mg/L e 10 mg/L, respectivamente. Assim, todos os pontos de amostragem

estão com valores de nitrito e nitrato dentro da norma, sendo as concentrações mais altas encontradas no ponto JAL (média de 74,74 µg/L para o nitrito e 422,94 µg/L para o nitrato).

O íon amônio (NH_4^+) é muito importante para os organismos produtores, especialmente porque sua absorção é energeticamente mais viável. Altas concentrações desse íon podem ter grandes implicações ecológicas, como, por exemplo, influenciando fortemente a dinâmica do oxigênio dissolvido do meio, uma vez que para oxidar 1 mg do íon amônio são necessários cerca de 4,3 mg de oxigênio. Em pH básico, o íon amônio se transforma em amônia (NH_3 livre, gasoso), que, dependendo das concentrações, podem ser tóxicas para os peixes (ESTEVES, 1988). As concentrações de amônio encontradas foram, em sua maioria, baixas. Os maiores valores registrados foram também no ponto de coleta JAL, que apresentou média das quatro coletas de 265,87 µg/L.

Segundo von Sperling (2005), pode-se obter indicações sobre o estágio da poluição eventualmente ocasionada por algum lançamento de esgoto a montante de um ponto a partir da determinação da forma predominante de nitrogênio presente em um curso d'água. Se a poluição é recente, o nitrogênio estará basicamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia e, se antiga, basicamente na de nitrato (as concentrações de nitrito são normalmente mais reduzidas).

As concentrações de nitrogênio orgânico total permaneceram relativamente constantes, apresentando maiores valores no ponto de coleta JAL, com média de 1,17 mg/L. Dessa forma observa-se que o ponto JAL é o mais degradado, com uma predominância de nitrogênio na forma orgânica, o que indica poluição recente do corpo d'água por esgoto doméstico, o que efetivamente ocorre, no despejo de esgoto da cidade de Itirapina. As fontes de nutrientes dos outros pontos são geralmente decorrentes de poluição não pontual relacionadas a atividades agrícolas, por exemplo, assim, com as chuvas essa poluição é carregada até os corpos d'água, evento que é intensificado pelo desmatamento (ARGENTON, 2004).

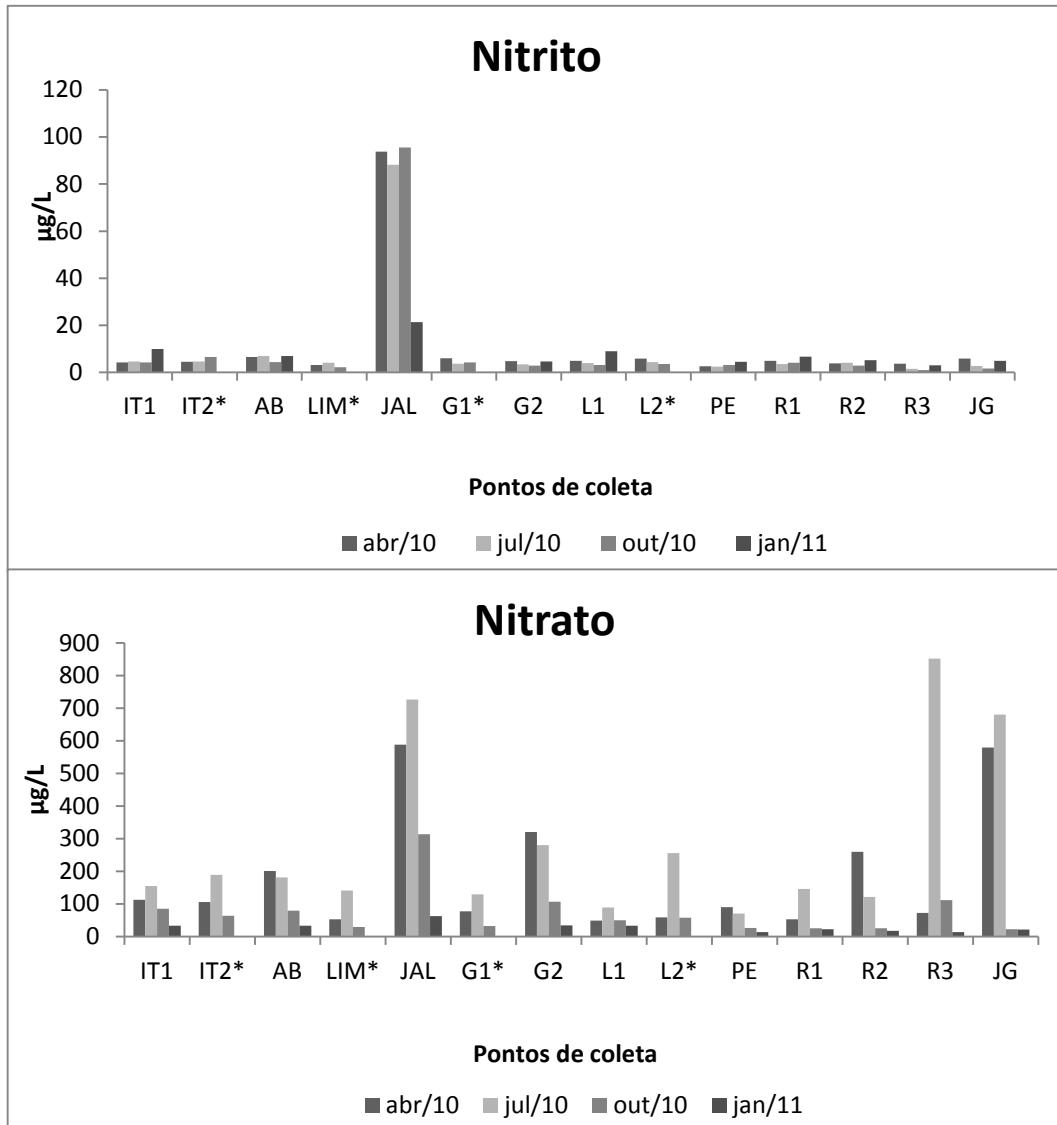


Figura 5.10 - Variação espacial e temporal das concentrações das diferentes formas de nitrogênio das amostras de água coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

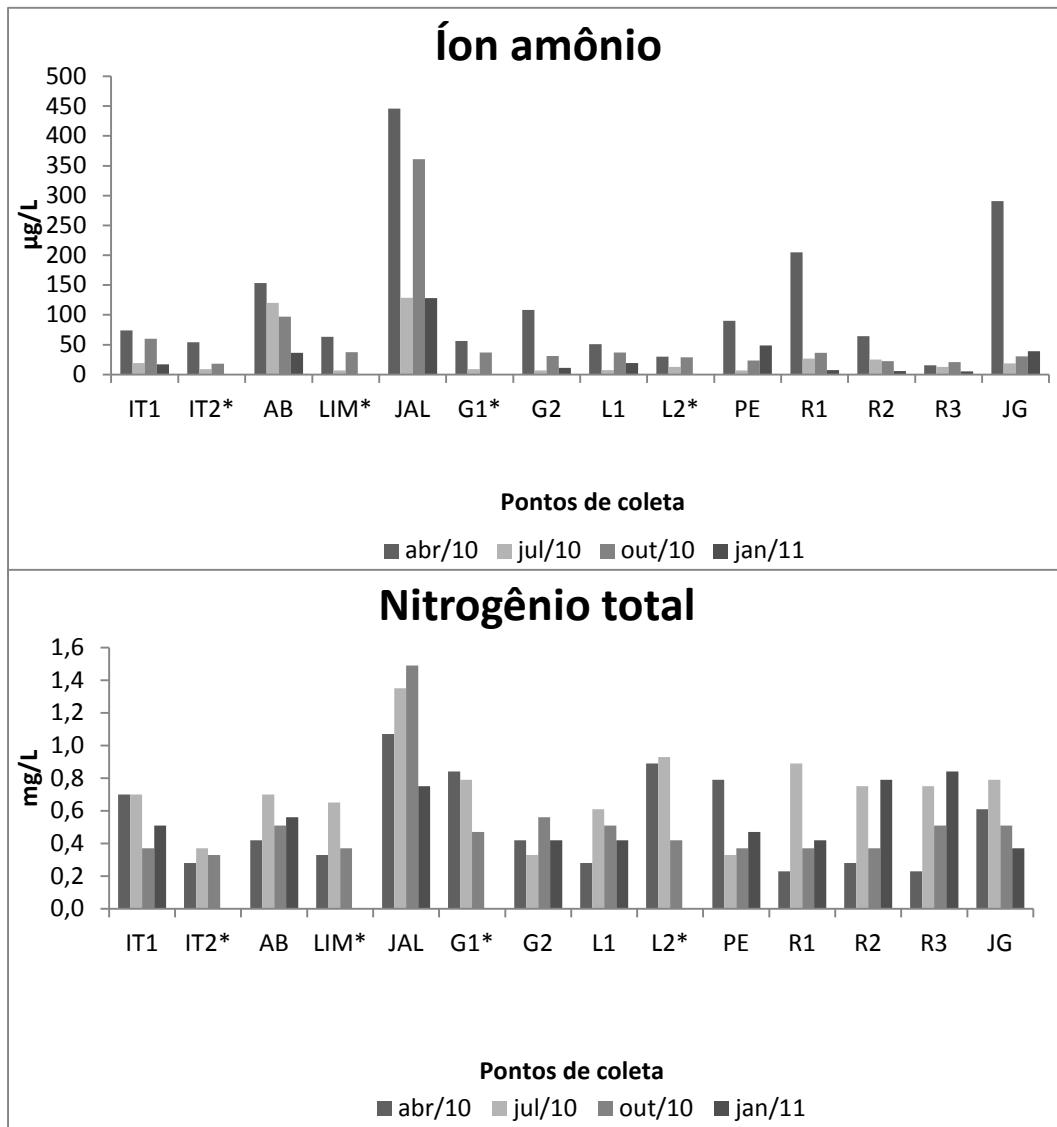


Figura 5.11 - Variação espacial e temporal das concentrações das diferentes formas de nitrogênio das amostras de água coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.8.2 Fosfatados

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de fósforo inorgânico (ortofosfato e polifosfato) e fósforo orgânico. Os polifosfatos são moléculas complexas com mais de um átomo de fósforo. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. As formas em que os ortofosfatos se apresentam na água são H_3PO_4 , $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} e dependem do pH (VON SPERLING, 2005). Como em águas continentais a faixa de pH mais freqüente situa-se entre 5 e 8, as espécies iônicas predominantes são $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} (ESTEVES,

1988). A principal forma de fósforo assimilável pelos vegetais aquáticos é a inorgânica. Portanto, sua quantificação é imprescindível (ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003).

O fósforo é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (VON SPERLING, 2005).

Todo fósforo presente em águas naturais encontra-se na forma de fosfato, que pode ser originado de fontes naturais como as rochas da bacia de drenagem, material particulado da atmosfera e decomposição de matéria orgânica, além de fontes artificiais, como os esgotos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais e o deflúvio superficial agrícola, que carreia compostos químicos a partir dos fertilizantes (ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003 e VON SPERLING, 2005).

A resolução CONAMA 357/05 determina que a concentração de fósforo total não deve exceder 30 µg/L em ambientes lênticos e 50 µg/L em ambientes lóticos. Todos os pontos de amostragem analisados apresentaram valores acima do permitido.

Pode-se observar que o ponto de coleta JAL apresenta elevada concentração de fósforo (Figura 5.12 e Apêndice A). Isso se deve ao lançamento de esgoto da cidade de Itirapina logo a jusante. Os outros pontos de amostragem apresentaram uma certa uniformidade entre si, com concentrações maiores nas 3^a e 4^a coleta. Isso pode ser devido a um maior aporte de materiais providos dos solos da bacia hidrográfica por consequência do regime de chuvas mais constantes no período.

Quanto aos pontos de coleta localizados na represa, podemos observar que os pontos R1 e R2 apresentam concentrações levemente superiores de fósforo em comparação ao ponto R3. Isso se deve ao fato de eles estarem localizados na foz do rio Itaqueri e do ribeirão do Lobo, respectivamente. Esses dois são responsáveis por 85% da água que chega na represa, com vazão média de 3,11 e 0,99 m³/s, respectivamente (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003). Dessa forma, a concentração um pouco maior de fósforo encontradas nos pontos das bacias do Itaqueri e do Lobo (IT1, IT2, AB, LIM, JAL, L1 e L2) em comparação aos outros pontos (G1, G2 e PE) são refletidas nos pontos R1 e R2.

Porém, apesar de maiores, as concentrações dos pontos de amostragem R1 e R2 não são muito superiores ao ponto R3 devido à presença de áreas alagadas na cabeceira do reservatório (pontos R1 e R2). As áreas alagadas têm grande influência sobre a qualidade da água da represa, pois funcionam como filtros que retêm nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI; RODRIGUES, 2003).

Os valores obtidos nesse trabalho foram superiores aos obtidos por Tundisi, Matsumura-Tundisi e Rodrigues (2003) nos anos de 2000 e 2001. Na foz do rio Itaqueri, os autores encontraram valores (média) de fósforo inorgânico, fósforo total dissolvido e fósforo total de 11,13 $\mu\text{g/L}$, 21,16 $\mu\text{g/L}$ e 46,61 $\mu\text{g/L}$, respectivamente. Os valores médios de três coletas encontrados nesse trabalho foram 33,33 $\mu\text{g/L}$, 47,41 $\mu\text{g/L}$ e 136,95 $\mu\text{g/L}$ para o ponto R2. Outros pontos de amostragem analisados pelos autores também revelaram valores menores dos encontrados nesse trabalho, o que demonstra a crescente deteriorização da qualidade da água da bacia hidrográfica em estudo.

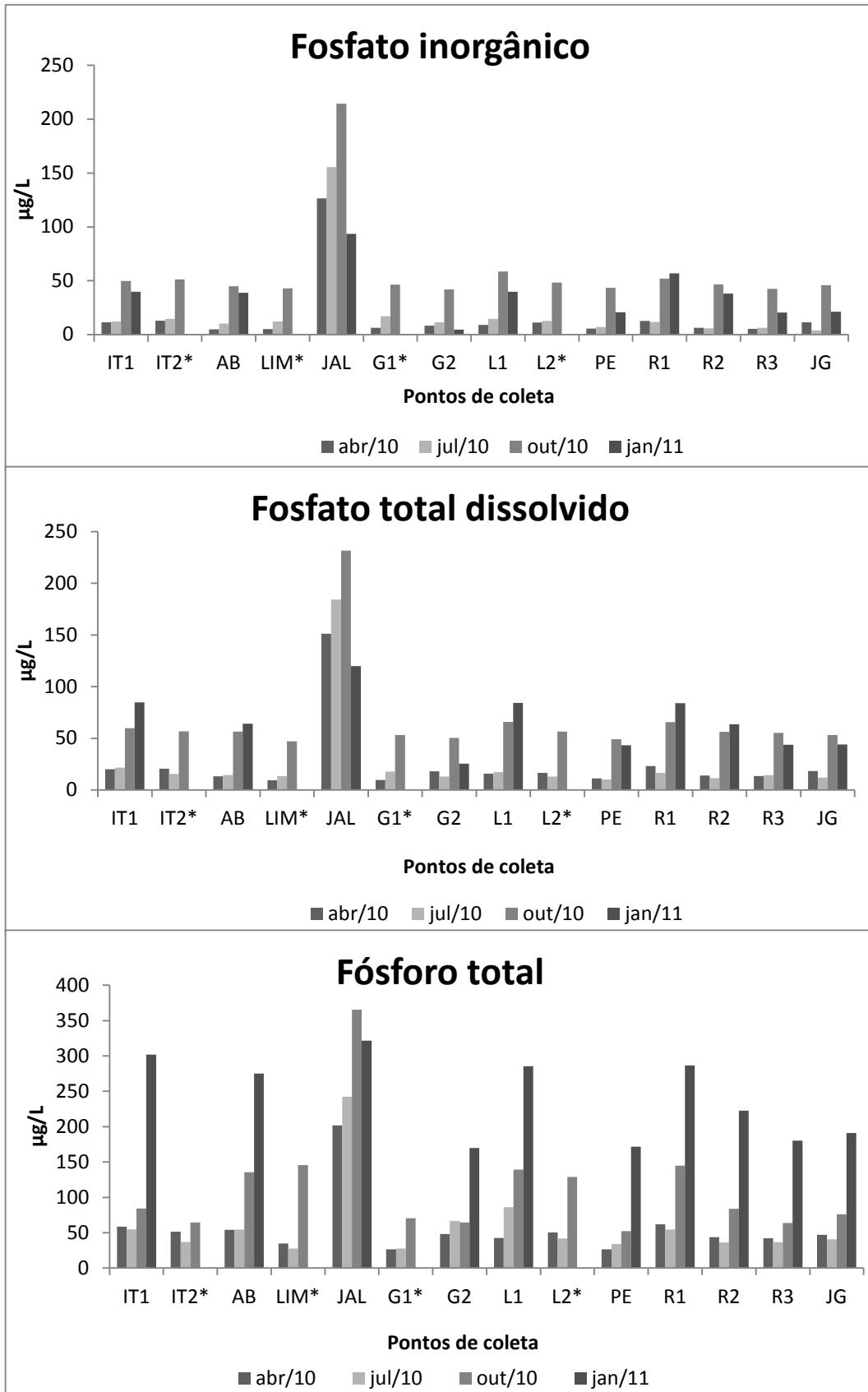


Figura 5.12 - Variação espacial e temporal das concentrações das diferentes formas do fósforo das amostras de água coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.8.3 Silicato reativo

A sílica presente no ambiente aquático é proveniente principalmente da decomposição de minerais de silicato de alumínio, que são mais freqüentes em rochas sedimentares do que magmáticas. Em limnologia, determina-se o chamado silicato reativo, que é a forma pela qual a sílica é assimilável pelos organismos (ESTEVES, 1988).

O silicato é limitante para as diatomáceas, que o absorvem para a produção de suas carapaças (ALLAN, 1997 apud ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003). Sua importância como nutriente reside no fato de que as diatomáceas são importantes produtores primários na cadeia trófica aquática, especialmente nos rios. A principal forma dissolvida é o ácido silícico, que tem como fonte natural o intemperismo das rochas e como fonte antrópica os efluentes urbanos (ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003).

Percebe-se, pela Figura 5.13 e Apêndice A, que as concentrações de silicato reativo encontradas nas duas primeiras coletas foram bem maiores do que nas duas últimas coletas. Os pontos de coleta onde as concentrações foram maiores foram no IT1 e L1, o que pode ser devido à presença de rochas sedimentares nas cabeceiras do ribeirão do Lobo e rio Itaqueri.

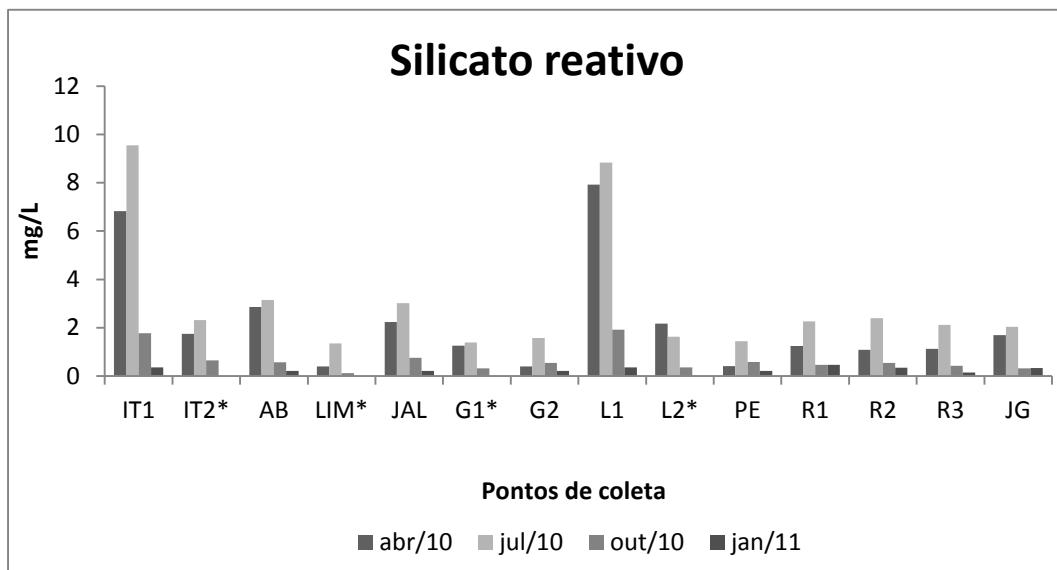


Figura 5.13 - Variação espacial e temporal das concentrações de silicato reativo das amostras de água coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.9 Metais

Em termos de ecossistemas aquáticos, os metais têm grande importância, pois fazem parte de vários processos importantes no metabolismo dos organismos destes ecossistemas. Nesse trabalho foram determinadas concentrações de chumbo (Pb), níquel (Ni), cádmio (Cd) e cromo (Cr), que são geralmente tóxicos para uma grande variedade de organismos, e de cobre (Cu), ferro (Fe), magnésio (Mg), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobalto (Co), que são elementos essenciais aos seres vivos mas que podem ser tóxicos se estiverem presentes em grande quantidade (ESTEVES, 1988).

A origem antrópica dos metais pode ser através de fontes industriais e, de maneira especial, das áreas agrícolas através do processo de lixiviação do solo (CORBI et al., 2006). Já as principais fontes naturais de metais para o ambiente aquático continental são o intemperismo de rochas e a erosão de solos ricos nestes materiais, além da própria atmosfera, que contribui com a precipitação úmida ou seca de metais providos de queimadas naturais, partículas de origem vulcânica e aerossóis marinhos. As emissões industriais fazem parte da parcela antrópica de contribuição com metais para a atmosfera (ESTEVES, 1988).

O transporte de metais em rios é realizado principalmente sob forma dissolvida ou ligada ao material particulado em suspensão. A concentração de metais nos ecossistemas lacustres é função, em grande parte, das características geológicas de suas bacias de drenagem. Dessa forma, a maioria dos metais faz parte, embora em pequenas concentrações, dos ecossistemas aquáticos. No entanto, com a industrialização do mundo moderno, a concentração destes elementos tem aumentado de maneira surpreendente (ESTEVES, 1988).

As concentrações de metais obtidas constam no Apêndice A. A seguir, foi feita uma análise gráfica das concentrações obtidas para cada metal, sendo que na Tabela 5.4 se encontra uma síntese de todos os valores obtidos temporal e espacialmente.

5.1.9.1 Chumbo

O chumbo está presente no ar, no tabaco, nas bebidas e nos alimentos. Nestes, o chumbo tem ampla aplicação industrial, com a fabricação de baterias, tintas,

esmaltes, inseticidas, vidros, ligas metálicas etc. A presença de metal na água ocorre por deposição atmosférica ou lixiviação do solo. (CETESB, 2010).

A resolução CONAMA 357/05 estabelece para rios de classe II o limite de 0,01 mg/L de chumbo. Todos os pontos de amostragem apresentaram valores maiores ou iguais a esse limite (Figura 5.14). O ponto R3 atingiu 0,91 mg/L de chumbo na primeira coleta. Tal concentração relativamente alta de chumbo nas águas pode ser explicada, em partes, pela composição natural do solo da bacia hidrográfica (Latossolo Vermelho-Amarelo) que, em geral, possui em sua composição cerca de 90 mg/kg de chumbo (ANGELOTTI-NETTO et al., 2004).

Na primeira coleta foram registradas as maiores concentrações do metal, sendo os pontos de coleta LIM e PE os com maiores valores, com concentrações de 0,52 mg/L e 0,51 mg/L, respectivamente.

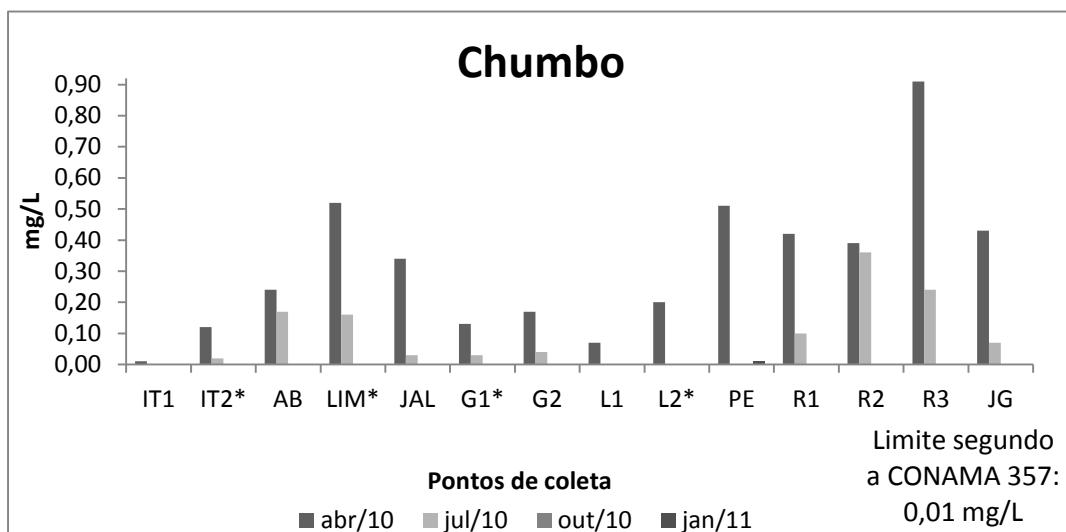


Figura 5.14 - Variação espacial e temporal das concentrações de chumbo das amostras de água coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.9.2 Níquel

A maior contribuição antropogênica de níquel para o meio ambiente é aqueimada combustíveis, além da mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição, fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados (CETESB, 2010).

A resolução CONAMA 357/05 determina que a máxima concentração de níquel permitida em rios de classe II é 0,025 mg/L. Apenas as concentrações obtidas na 2^a coleta apresentaram valores acima disso, sendo nos pontos de coleta IT1 (0,029 mg/L), IT2 (0,048 mg/L), LIM (0,032 mg/L), G1 (0,036 mg/L), G2 (0,079 mg/L), PE (0,030 mg/L), R2 (0,078 mg/L) e JG (0,037 mg/L). Os valores encontram-se representados na Figura 5.15.

Os pontos de amostragem G1 e G2 localizam-se em uma região onde predomina latossolo vermelho-amarelo, areia quartzzoza vermelho-amarelo e latossolo vermelho-escuro (SOUZA, 1993). As concentrações naturais de níquel no latossolo vermelho-amarelo é 41 mg/kg de solo e no latossolo vermelho-escuro 140 mg/kg de solo (ANGELOTTI-NETTO et al, 2004). Isso pode ser uma das causas para as altas concentrações de níquel nesses pontos. Os pontos de coleta AB, LIM e PE se encontram em regiões próximas a esses solos.

Um erro na leitura da amostra do ponto JAL na 2^a coleta pode ter ocorrido. Isso porque o metal foi detectado nos pontos AB e no LIM, mas no JAL, logo a jusante desses dois pontos, o metal não foi detectado.

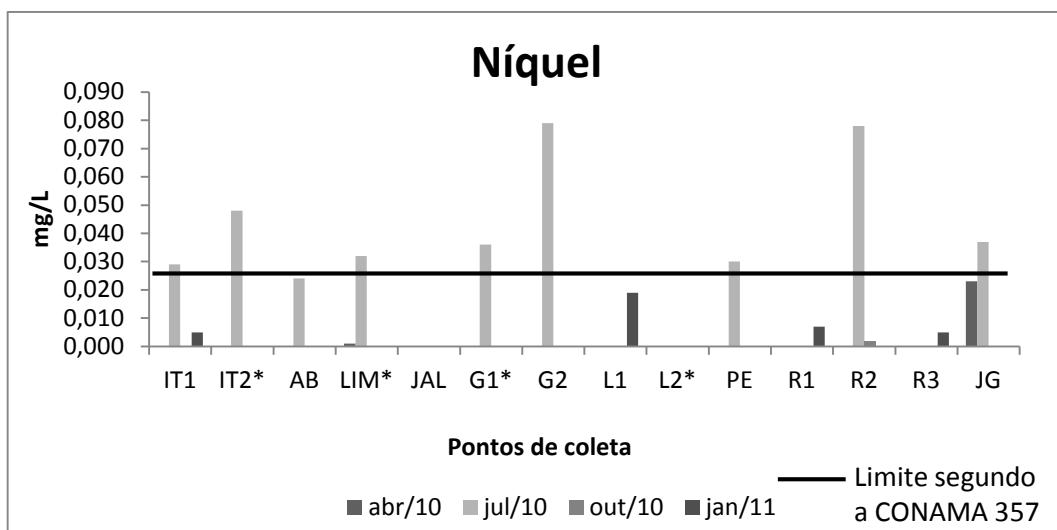


Figura 5.15 - Variação espacial e temporal das concentrações de níquel das amostras de água coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.9.3 Cádmio

O cádmio é liberado ao ambiente por efluentes industriais, principalmente de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos, bem como por poluição difusa causada por

fertilizantes e poluição do ar local (CETESB, 2010). Embora bastante comum na litosfera, o cádmio apresenta baixíssimas concentrações nas rochas e no solo (entre 0,1 e 0,8 mg/kg) (NRIAGU e SPRAGUE, 1987 apud ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003).

Normalmente a concentração de cádmio em águas não poluídas é inferior a 1 µg/L. A água potável apresenta baixas concentrações, geralmente entre 0,01 e 1 µg/L, entretanto pode ocorrer contaminação devido à presença de cádmio como impureza no zinco de tubulações galvanizadas, soldas e alguns acessórios metálicos (CETESB, 2010). A resolução CONAMA 357/05 estabelece o limite de 0,001 mg/L para rios de classe II.

Esse metal não foi detectado em nenhuma das coletas.

5.1.9.4 Cobre

As fontes de cobre para o meio ambiente incluem minas de cobre ou de outros metais, corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir do uso agrícola do cobre e precipitação atmosférica de fontes industriais (CETESB, 2010).

O cobre é essencial para as plantas, pois atua em reações enzimáticas para realizar funções vitais, como para a síntese de clorofila. Para o metabolismo animal, o cobre é importante na síntese da hemoglobina. Porém, concentrações elevadas de cobre podem ser prejudiciais aos organismos em geral (ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003).

Os compostos de cobre são comumente utilizados como praguicidas nas lavouras, como, por exemplo, o sulfato de cobre usado no combate a fungos (U. S. EPA, 1976 apud ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003). Milhares de peixes são mortos nos rios brasileiros em decorrência da aplicação desses compostos nas lavouras (BRANCO e ROCHA, 1987 apud ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003). Para peixes, muitas vezes para o homem, as doses elevadas de cobre são extremamente nocivas. Concentrações de 0,5 mg/L são letais para trutas, carpas, bagres, peixes vermelhos de aquários ornamentais e outros (CETESB, 2010).

Esse metal não foi detectado em nenhuma das coletas.

5.1.9.5 Ferro

O ferro é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, por isso, seus compostos são encontrados em todos os corpos d'água, mesmo em concentrações reduzidas (ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003).

As maiores concentrações de metal encontradas foram as de ferro. Observa-se valores elevados nos pontos de coleta IT1, L1 e R1 (4,82 mg/L, 4,869 mg/L e 4,332 mg/L, respectivamente) na 4^a coleta. Segundo a CETESB (2010), nas águas superficiais o nível deferro aumenta nestas estações chuvosas devido ao carreamento desoloso e a ocorrência de processos de erosão das margens.

Todos os pontos de coleta apresentaram concentração de ferro acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 (0,3 mg/L) para rios de classe II. Os valores encontram-se representados na Figura 5.16.

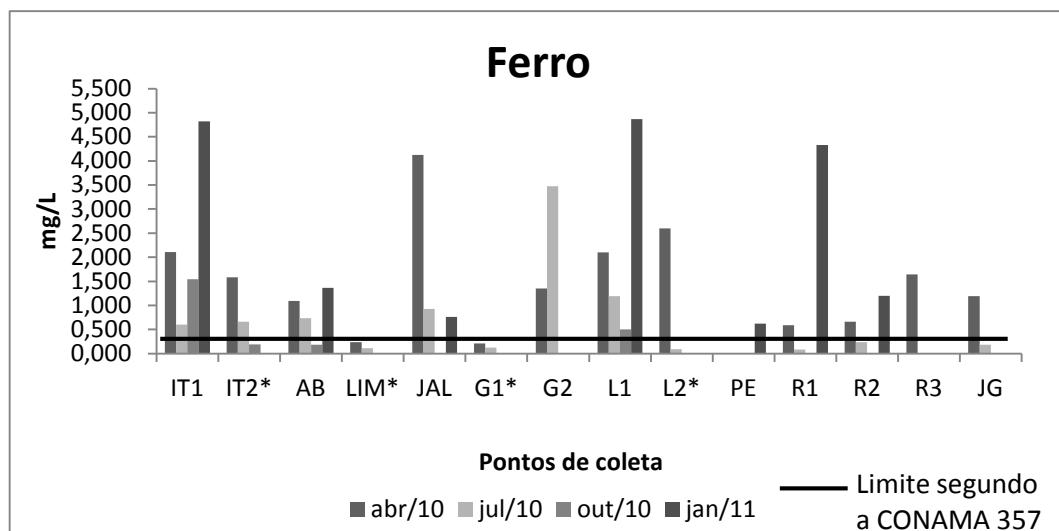


Figura 5.16 - Variação espacial e temporal das concentrações de ferro das amostras de água coletadas (* amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.9.6 Magnésio

As concentrações de magnésio não apresentaram variação muito significativa entre as quatro coletas realizadas. A concentrações obtidas nos pontos de amostragem da represa e JG (logo a jusante da represa) foram muito semelhantes, com médias de 0,458 mg/L, 0,386 mg/L, 0,433 mg/L e 0,414 mg/L, para os pontos de coleta R1, R2, R3 e JG, respectivamente. Quanto

aos pontos de amostragem localizados nos tributários da bacia hidrográfica, as maiores concentrações foram encontradas nos pontos IT1 e L1, com concentrações atingindo 1,874 mg/L e 2,307 mg/L, respectivamente. A resolução CONAMA 357/05 não estabelece limites de concentração de magnésio. Os valores encontram-se representados na Figura 5.17.

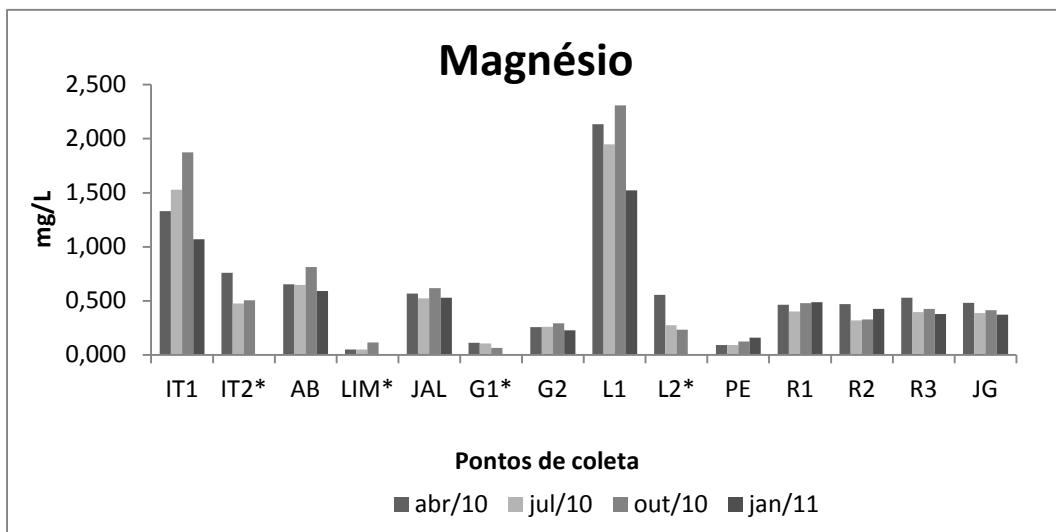


Figura 5.17 - Variação espacial e temporal das concentrações de magnésio das amostras de água coletadas (* amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.9.7 Manganês

O manganês é usado em diversos setores, como indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros. Ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água. Raramente atinge concentrações de 1,0 mg/L em águas superficiais naturais, normalmente, está presente em quantidades de 0,2 mg/L ou menos (CETESB, 2010).

Esse metal foi detectado em cinco pontos de coleta (AB, JAL, G2, L1 e L2 sendo 0,002 mg/L, 0,027 mg/L, 0,011 mg/L, 0,026 mg/L e 0,028 mg/L, respectivamente) durante a 1^a coleta e em apenas um ponto de coleta (G2, 0,026 mg/L) durante a 2^a. Nas 3^a e 4^a coletas o metal não foi detectado em nenhum dos pontos de coleta. Além disso, todas as concentrações obtidas encontraram-se abaixo do limite máximo estabelecido para rios de classe II pela CONAMA 357/05, de 0,1 mg/L. Os valores encontram-se representados na Figura 5.18.

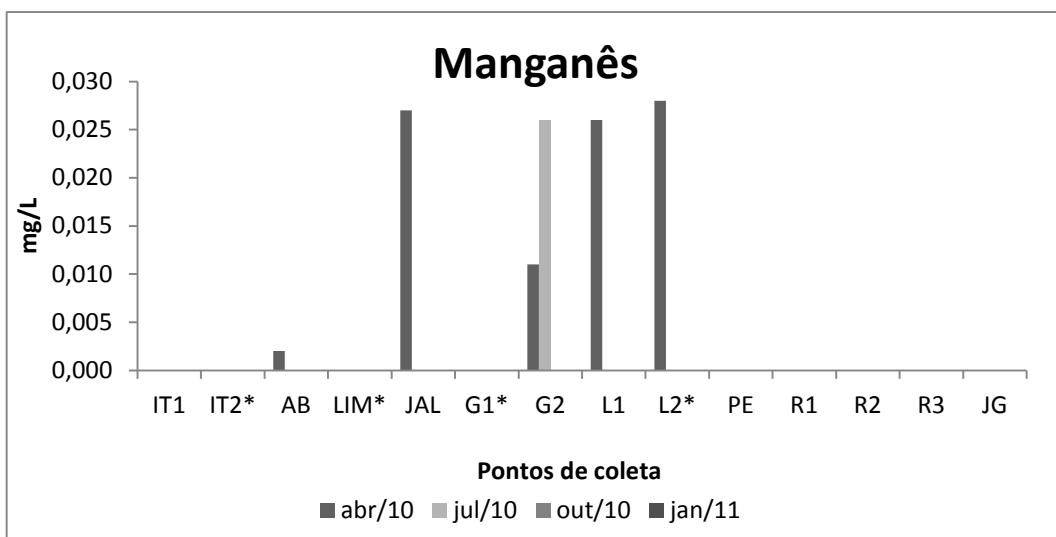


Figura 5.18 - Variação espacial e temporal das concentrações de manganês das amostras de água coletadas (* amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.9.8 Zinco

O zinco e seus compostos são muito usados na fabricação de ligas de latão, galvanização do aço, na borracha como pigmento branco, suplementos vitamínicos, protetores solares, desodorantes, xampus, etc (CETESB, 2010). O zinco é essencial ao metabolismo humano, tomando parte em diversos compostos enzimáticos como a insulina. Esse metal se acumula no fígado, próstata, pâncreas, suco pancreático e no líquido seminal (FATMA, 1981 apud ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003). A agressão provocada pelo zinco em animais aquáticos é modificada por fatores ambientais como dureza, oxigênio dissolvido e temperatura. Seu efeito tóxico é potencializado com o aumento da temperatura e a consequente redução do oxigênio dissolvido (U. S. EPA, 1976 apud ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003).

As concentrações de zinco obtidas ficaram todas, exceto pelo ponto de amostragem G2 na 4^a coleta (2,622 mg/L), muito próximas do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 de 0,18 mg/L. Os valores encontram-se representados na Figura 5.19.

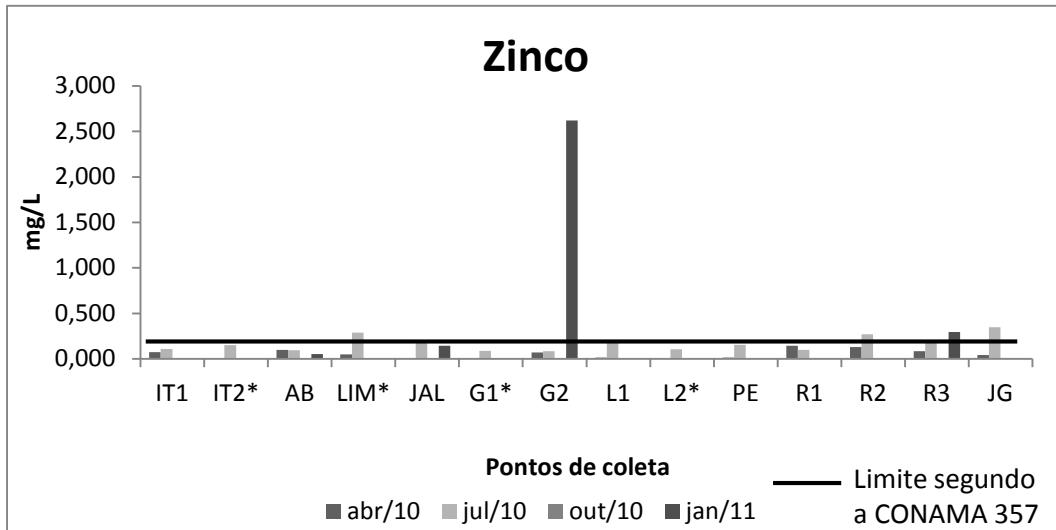


Figura 5.19 - Variação espacial e temporal das concentrações de zinco das amostras de água coletadas (* amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.1.9.9 Cromo

O cromo é utilizado na produção de ligas metálicas, estruturas da construção civil, fertilizantes, tintas, pigmentos, curtumes, preservativos para madeira, entre outros usos. A maioria das águas superficiais contém entre 1 e 10 µg/L de cromo. A concentração do metal na água subterrânea geralmente é baixa (<1 µg/L). Na forma trivalente, o cromo é essencial ao metabolismo humano e sua carência causa doenças. Na forma hexavalente, é tóxico e cancerígeno. Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente (CETESB, 2010). Segundo a resolução CONAMA 357/05, a concentração máxima de cromo permitida em rios de classe II é 0,05 mg/L. Esse metal não foi detectado em nenhuma das coletas.

5.1.9.10 Cobalto

O cobalto apenas foi detectado em duas coletas. Na 1ª coleta, no ponto de amostragem G2 (0,004 mg/L) e na 2ª coleta no ponto R1 (0,023 mg/L). Ambas as concentrações estão abaixo do limite, estabelecido pela resolução CONAMA 357/05, sendo de 0,05 mg/L para rios de classe II.

5.1.9.11 Síntese da análise de metais

Conforme mencionado anteriormente, pode-se verificar na Tabela 5.4, uma síntese de todos os valores de metais que foram encontrados nos tributários e rios, durante o período de estudo, verificando-se que chumbo, ferro, zinco e níquel foram os que apresentaram valores mais elevados em relação à resolução.

Tabela 5.4 - Ocorrência de concentrações de metais nas águas, próximas e acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05, nas quatro campanhas de coleta na bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo/Itaqueri.

Metal	1 ^a coleta													
	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
Pb														
Ni	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fe										ND				
Mn	ND	ND		ND		ND				ND	ND	ND	ND	ND
Zn		ND			ND	ND			ND					
Cr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND		ND						

Metal	2 ^a coleta													
	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
Pb	ND							ND	ND	ND				
Ni					ND			ND	ND		ND		ND	
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fe										ND			ND	
Mn	ND	ND	ND	ND	ND	ND		ND						
Zn														
Cr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND

Metal	3 ^a coleta													
	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
Pb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ni	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND		ND	ND
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fe				ND	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Metal	4 ^a coleta													
	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
Pb	ND	-	ND	-	ND	-	ND	ND	-		ND	ND	ND	ND
Ni	-	-	ND	-	ND	-	ND		-	ND		ND		ND
Cd	ND	-	ND	-	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND
Cu	ND	-	ND	-	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND
Fe	-					-	ND		-				ND	ND
Mn	ND	-	ND	-	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND
Zn	ND	-	-		-	-	ND		-	ND	ND	ND		ND
Cr	ND	-	ND	-	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND
Co	ND	-	ND	-	ND	-	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND

(-) Ausência de dados(ND) Metal não detectado

 Concentração do metal acima do limite do CONAMA

 Concentração do metal próximo do limite do CONAMA

5.1.10 Pesticidas

Agrotóxicos, pesticidas, praguicidas, defensivos agrícolas, biocidas, xenobióticos e fitossanitários são os vários termos existentes para definir uma série de compostos químicos utilizados no controle de insetos, ácaros, ervas daninhas, fungos e outras formas de vida animal e vegetal, que prejudicam a lavoura, pecuária e os produtos dela advindos (RIGOLIN-SÁ, 1998 apud CAMPAGNA, 2005).

Neste trabalho, foram analisados os seguintes pesticidas nas amostras de águas da bacia hidrográfica do Lobo: aldrin+dieldrin, clordano(isômeros), DDT(isômeros), endossulfan, endrin, endosulfansulfato, heptacloroepóxido+heptacloro, hexaclorobenzeno, lindano (γ -BHC), metolacloro, metoxicloro e toxafeno.

Os resultados obtidos na primeira análise de pesticidas, realizados pelos Instituto de Química da USP, estiveram abaixo dos limites de detecção dos métodos utilizados. Em função dos custos envolvidos na análise e frente às demais informações já obtidas, optou-se em não mais incluir essas informações no presente estudo, uma vez que seria uma abordagem complementar e não objeto de estudo maior.

5.1.11 Análise estatística das variáveis limnológicas da água

A PCA de todos os dados das 4 coletas mostra uma boa correlação entre os dados e permite uma separação inicial em grupos menores para uma análise mais focada. Essa PCA teve seus três principais componentes explicando 66,68 % da variância total dos dados. Assim, torna-se coerente uma análise de agrupamentos, apresentada graficamente na Figura 5.20.

Analizando o dendrograma, pode-se observar as chaves formadas na altura do eixo vertical (distância euclidiana média) de 0,5. Essa altura determina 4 grupos. O primeiro deles é formado por todos os pontos de amostragem da 1^a e 2^a coleta, com exceção do JAL. O grupo II é composto por todas as estações de amostragem da 3^a e 4^a coleta, com exceção de JAL na 3^a coleta. O grupo III é composto somente por JAL na 3^a coleta, sendo o quarto grupo constituído por esse ponto de amostragem nas duas primeiras coletas.

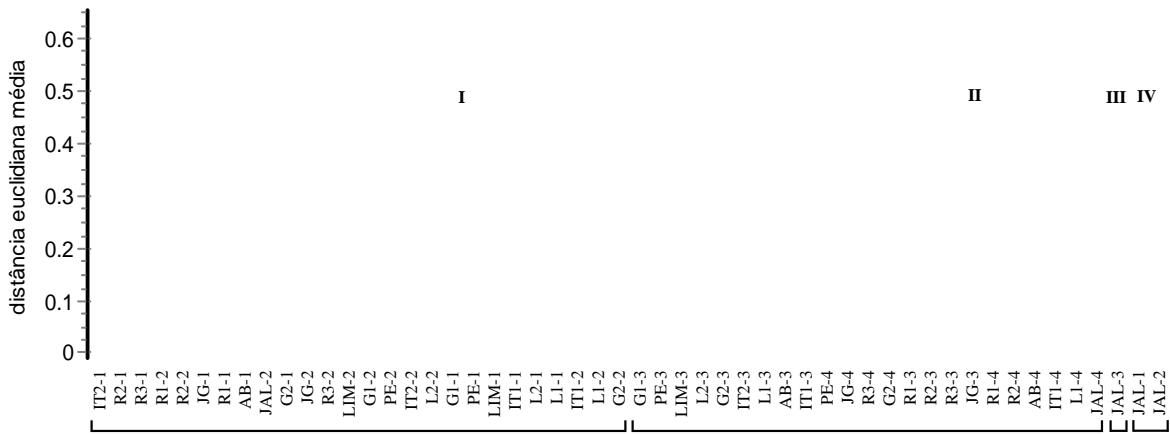


Figura 5.20 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para todos os períodos de coleta com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,8316)

Observa-se, portanto, uma tendência de organização sazonal dos grupos formados. Dessa forma, torna-se pertinente a realização de uma análise dos pontos de amostragem por coleta realizada para possibilitar a identificação das tendências organizacionais dentro de cada período em que as coletas de amostras foram realizadas. Da mesma forma como foi feito para todas as amostras de todos os períodos de coleta, para cada período realizou-se uma PCA e as variáveis comuns principais foram selecionadas para então realizar a análise de agrupamento (Cluster).

5.1.11.1 Primeira coleta (abril/2010)

A PCA realizada para a 1^a coleta obteve os três primeiros componentes explicando, juntos, 69,03% da variância total dos dados. Já a análise de agrupamento apresentou Coeficiente de Correlação Cofenético (CCC) aceitável (0,9192), estando acima do valor de referência 0,8. Dessa forma, torna-se possível uma análise de agrupamento.

Cortando-se o eixo vertical do dendrograma obtido (Figura 5.21) no valor 0,27, é possível distinguir quatro grupos. O primeiro deles é constituído por AB, JG, G2, R2, R1, IT1, IT2, L2 e R3, e engloba todos os pontos de coleta da represa e o ponto à jusante, ambos os pontos de coleta do rio Itaqueri, os pontos mais à jusante do córrego Geraldo e do ribeirão do Lobo e o ponto mais à montante do córrego Água Branca.

O grupo II é formado por LIM, G1 e PE. Sendo LIM e G1 localizados em uma região de mata ciliar preservada, o que se influenciou nos baixos valores de condutividade, turbidez, material em suspensão e nutrientes encontrados nesses locais.

O grupo III é constituído por L1, que, nessa coleta, foi caracterizado por apresentar elevados valores de condutividade, turbidez, material em suspensão, silicato reativo e magnésio.

Já o último grupo, o IV, composto apenas por JAL, local de lançamento dos efluentes do município de Itirapina. Esse ponto de coleta apresentou, na coleta de abril, valores de oxigênio dissolvido e nutrientes notavelmente diferentes dos demais.

Para essa análise, as variáveis limnológicas que mais contribuíram para a explicação dos dados, considerando a primeira componente principal da PCA, foram os compostos fosfatados (fosfato inorgânico, fosfato total dissolvido e fósforo total), o nitrito, o material em suspensão, a condutividade, o ferro e o oxigênio dissolvido.

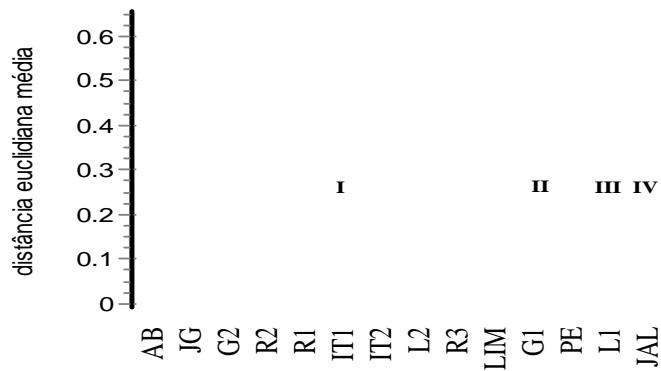


Figura 5.21 - Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de abril/2010 (1^a coleta) com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,9192)

5.1.11.2 Segunda coleta (julho/2010)

A PCA realizada para a 2^a coleta obteve os três primeiros componentes explicando, juntos, 64,06% da variância total dos dados. A análise de agrupamento apresentou Coeficiente de Correlação Cofenético (CCC) também aceitável (0,9307). Dessa forma, torna-se possível, mais uma vez, uma análise de agrupamento. (Figura 5.22)

A partir do dendrograma obtido, a um nível de corte de 0,23 na distância euclidiana média, é possível distinguir seis grupos. O primeiro deles é constituído por todos os pontos de

amostragem da represa e o rio à jusante, além dos pontos de coleta mais à jusante do rio Itaqueri e ribeirão do Lobo (IT2, L2, R1, R2, JG e R3).

Já o segundo grupo é formado por LIM, G1 e PE, que já haviam ficado agrupados na análise de agrupamento realizada para a 1^a coleta.

O grupo III é formado por G2, sendo o grupo IV composto pelos pontos de coleta mais à montante do rio Itaqueri e ribeirão do Lobo (IT1 e L1).

O grupo V é constituído por AB e o grupo VI pelo ponto de coleta JAL, que apresentou um maior grau de dissimilaridade em relação às outras estações de coleta (distância euclidiana média de aproximadamente 0,6).

As variáveis com maiores fatores de explicação para essa PCA, considerando a primeira componente principal, foram o fósforo total, fosfato total dissolvido, nitrito, condutividade e pH.

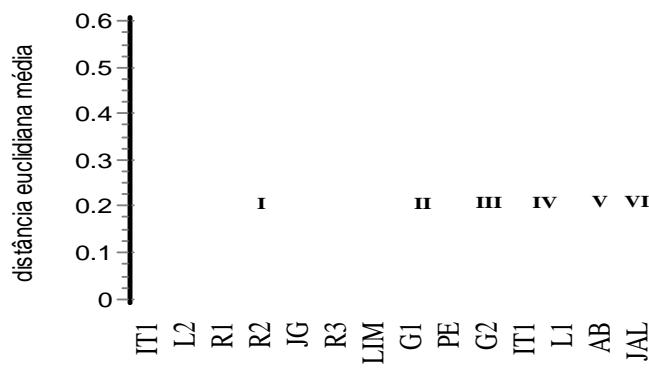


Figura 5.22 - Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de julho/2010 (2^a coleta) com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,9307)

5.1.11.3 Terceira coleta (outubro/2010)

Na PCA realizada para a 3^a coleta, considerando os três primeiros componentes, o percentual de explicação da variância total foi de 62,33%. A análise de agrupamento também pode ser considerada satisfatória, já que apresentou um CCC maior que 0,8 (0,9243). A um nível de corte de 0,3 na distância euclidiana média, foi possível identificar quatro grandes grupos (Figura 5.23).

O primeiro deles é formado por G1, PE, LIM, L2, G2, IT2 e JG. O grupo II foi constituído pelos pontos de coleta da represa (R1, R2 e R3). Já o grupo III é formado pelo

ponto mais à montante do ribeirão do Lobo (L1), do rio Itaqueri (IT1) e do córrego Água Branca (AB1). O grupo IV, conforme ocorrido nas análises de agrupamento das coletas anteriores, foi composto somente por JAL.

Para essa análise, as variáveis limnológicas com os maiores fatores de explicação, considerando a primeira componente principal, foram os compostos fosfatados, nitrogênio total, nitrito e nitrato e a condutividade.

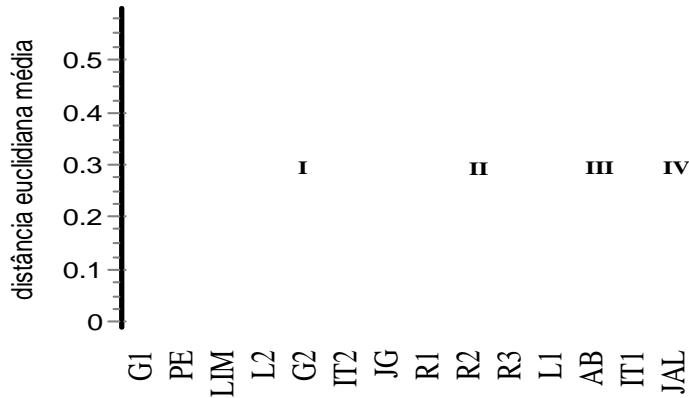


Figura 5.23 - Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de outubro/2010 (3^a coleta) com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,9243)

5.1.11.4 Quarta coleta (janeiro/2011)

Na PCA feita para a 4^a coleta, os três primeiros componentes explicaram juntos 69,08% da variância total dos dados. O valor de CCC foi menor do que 0,8 (0,7786), porém a análise de agrupamento será considerada pois o valor está próximo de 0,8 (valor de referência).

Por meio do dendrograma obtido, a um nível de corte de 0,25 na distância euclidiana média, foi possível identificar quatro grupos (Figura 5.24). O primeiro grupo é formado por dois pontos de coleta da represa (R1 e R2), pelos pontos de coleta mais a montante do ribeirão do Lobo (L1) e rio Itaqueri (IT1) e pelo ponto AB.

O grupo II foi composto por JAL isolado, conforme já havia ocorrido nas análises anteriores.

Já o grupo III reuniu os pontos de coleta G2 e R3, sendo o grupo IV formado por PE e JG.

Os parâmetros que melhor explicaram a variância dos dados, considerando a primeira componente principal, foram os compostos fosfatados, o nitrito, material em suspensão, condutividade, turbidez, ferro e magnésio.



Figura 5.24 - Dendrograma obtido a partir da PCA feita para o período de coleta de janeiro/2011 (4ª coleta) com os dados das variáveis limnológicas da água (CCC = 0,7786)

5.1.11.5 Análise geral dos resultados obtidos para o compartimento água

Pode-se dividir as estações de coleta em 3 grupos, referentes à degradação dos cursos d'água analisada ao longo do ano.

O primeiro grupo é formado pelos pontos de amostragem LIM, G1 e PE. Os dois primeiros possuem mata ciliar relativamente preservada em seu entorno e o PE não apresenta grandes fatores impactantes a montante, o que contribui para baixos valores de condutividade, turbidez, material em suspensão e nutrientes.

O segundo grupo abrange os pontos de coleta do rio Itaqueri (IT1 e IT2), do ribeirão do Lobo (L1 e L2), o ponto mais à jusante do córrego Geraldo (G2), o ponto mais à montante do córrego Água Branca (AB), os pontos de coleta da represa (R1, R2, e R3) e o ponto a jusante da represa (JG). Eles apresentam um nível intermediário de degradação dos corpos d'água esão impactados pelo plantio de *Eucalyptus* e *Pinus*. Nos pontos de coleta da represa há o efeito do lançamento de efluentes nos rios contribuintes, sendo impactados também pelos condomínios do entorno.

Já o terceiro grupo é composto somente por JAL (junção dos córregos Água Branca e Limoeiro). O local sofre influência do despejo de esgoto da cidade de Itirapina, o que reflete nos baixos valores de oxigênio dissolvido e altos valores de condutividade e nutrientes encontrados ao longo do período de amostragem.

5.2 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DO SEDIMENTO

5.2.1 Matéria orgânica

Segundo Esteves (1988), o sedimento pode ser classificado em orgânico e mineral. Para o sedimento ser considerado orgânico, deve ter mais de 10% de seu peso seco composto por matéria orgânica. Os pontos de coleta AB, R1, R2 e R3 tiveram suas amostras de sedimento classificadas como orgânica em pelo menos uma das coletas (Figura 5.25 e Apêndice B).

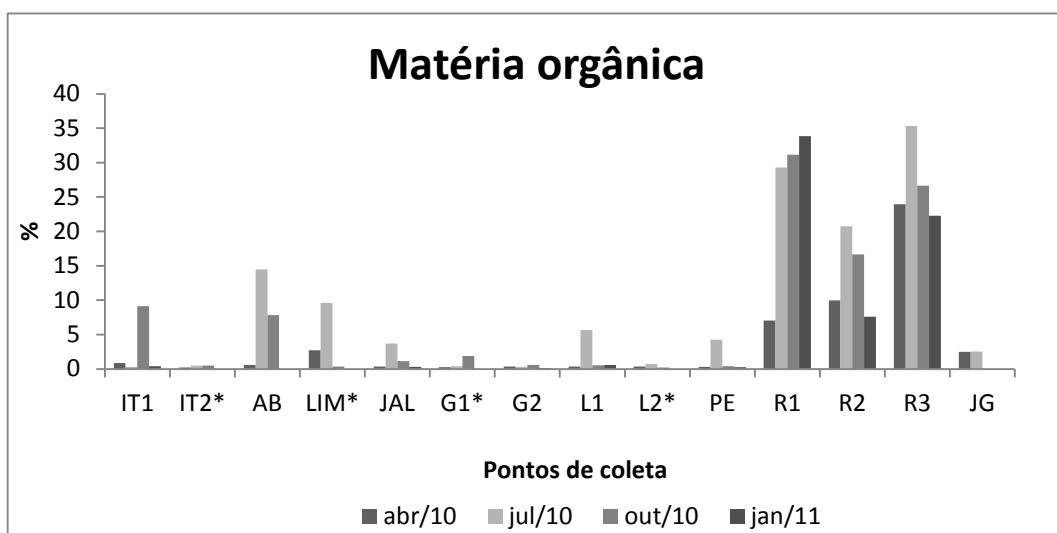


Figura 5.25 - Variação espacial da quantidade de matéria orgânica que compunha as amostras de sedimento coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.2 Nutrientes

A fonte de matéria orgânica e nutrientes para o substrato é a coluna d'água. A entrada para os sedimentos se dá, expressivamente, por processos abióticos de adsorção às argilas e complexação química com óxidos de alumínio e ferro. O processo abiótico, bastante rápido, é seguido de processos bióticos de absorção de matéria orgânica e dos nutrientes pelos organismos (DAHN, 1981 apud ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003).

O processo de liberação e absorção de matéria orgânica e de nutrientes entre o sedimento e a coluna d'água é dinâmico, e, uma vez que suas concentrações são suficientemente elevadas, podem manter a produtividade aquática em níveis elevados, provocando eutrofização crônica dos corpos d'água (ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003).

Os valores encontrados para os nutrientes nas amostras de sedimento dessa pesquisa encontram-se no Apêndice B.

5.2.2.1 Nitrogênio orgânico total

As porcentagens de nitrogênio orgânico total obtidas nos pontos de amostragem localizados em rios foram bastante variáveis, tanto temporalmente quanto espacialmente (Figura 5.26). Os valores máximos e mínimos para os quatro períodos de coleta, abrangendo apenas os pontos localizados em rios, foram: 1^a coleta = 0,28% (em IT1) e 0,07%; 2^a coleta = 0,12% (em JAL) e 0,02%; 3^a coleta = 1,91% (em IT1) e 0,07%; e 4^a coleta = 0,07% (em AB) e 0,02%. A maior variação temporal observada nos rios foi no ponto IT1, que variou de 0,05% (4^a coleta) a 1,91% (3^a coleta).

Na represa, as porcentagens encontradas foram superiores, o que é natural em ambientes lênticos. Porém, mesmo sendo superiores, esses valores não são muito altos. Rodgher (2001), em seu trabalho nos reservatórios do rio Tietê, encontrou valores superiores, chegando a registrar 45,96%. O ponto de coleta R1 apresentou grande variação temporal, com concentração variando de 0,05% (1^a coleta) a 9,4% (2^a coleta).

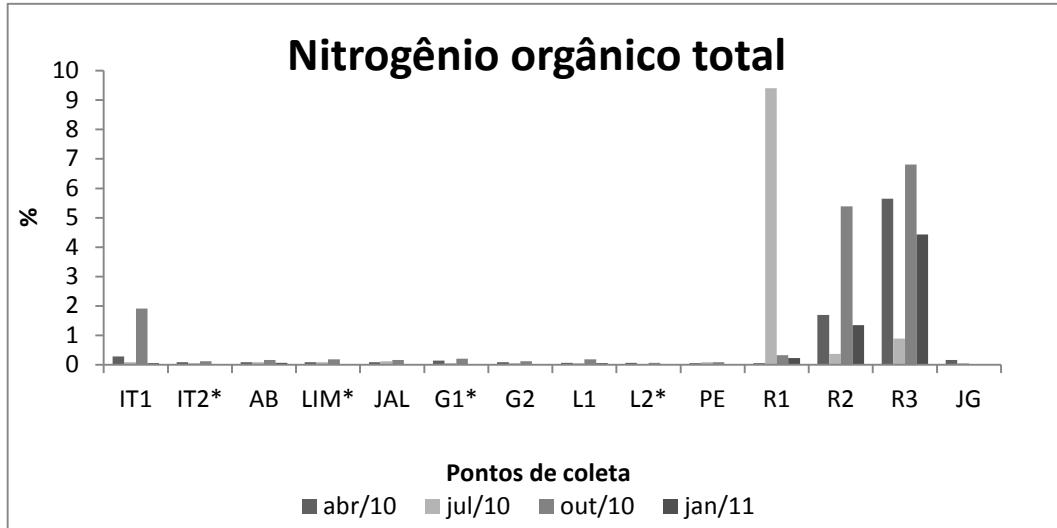


Figura 5.26 - Variação espacial e temporal das porcentagens de nitrogênio orgânico total das amostras de sedimento coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.2.2 Fósforo total

Os valores de fósforo total, nos pontos de amostragem localizados nos rios, foram, em geral, maiores na 3^a coleta (Figura 5.27). O ponto IT1 foi o que apresentou o maior valor entre esses (5,092 µg/g). Os maiores valores, entretanto, foram encontrados na represa, onde os pontos R1, R2 e R3 apresentaram variação temporal da concentração de fósforo total muito semelhante, ocorrendo um crescimento da 1^a até a 3^a coleta para então um decaimento na 4^a coleta.

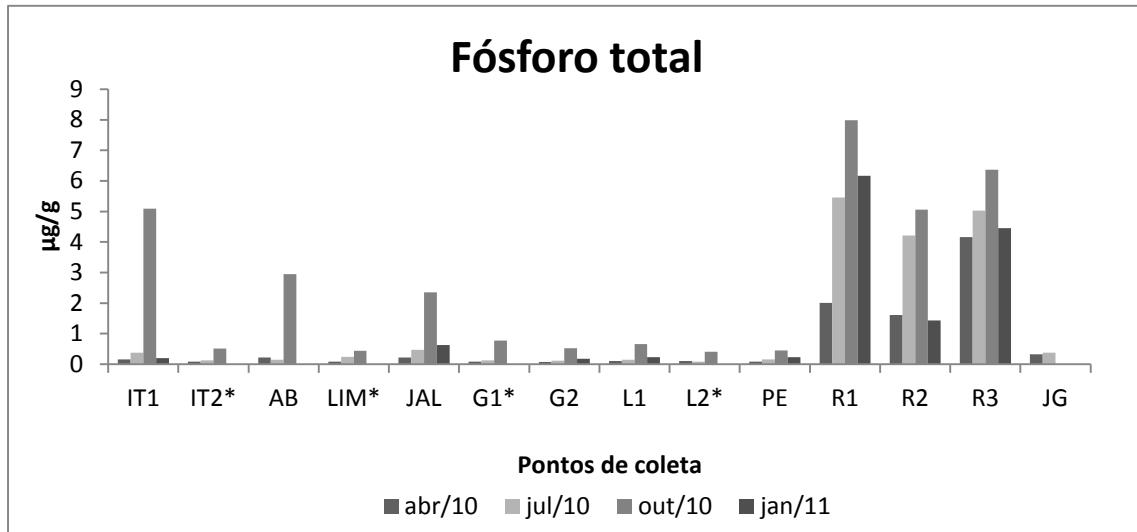


Figura 5.27 - Variação espacial e temporal das concentrações de fósforo total das amostras de sedimento coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.3 Metais biodisponíveis

A quantificação de metais do sedimento nesse trabalho foi em relação aos metais biodisponíveis aos organismos, pois é essa fração de metal que pode causar toxicidade à biota aquática. A fração biodisponível de um metal será responsável pela contaminação de organismos bentônicos e da coluna d'água, sendo a cadeia trófica a rota responsável pela bioacumulação e pela biomagnificação (TONISSI, 1999 apud ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003).

De um modo geral, as amostras dos pontos de coleta R1, R2 e R3 apresentaram as maiores concentrações de metais. Isso se deve ao fato de que, na represa, as frações finas (argila e silte) de sedimento são predominantes (ver item 5.2.4). Essas partículas de menor tamanho apresentam maior potencial de adsorção de metais (ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003). Os valores obtidos constam no Apêndice B. Uma análise gráfica das concentrações obtidas para cada metal foi feita a seguir.

5.2.3.1 Chumbo

As concentrações de chumbo nas amostras dos tributários não tiveram variação significativa entre si (Figura 5.28). O ponto de amostragem, entre os tributários, mais contaminado pelo metal foi o LIM, com uma concentração de 14,75 mg/kg na 1^a coleta. Esses valores, entretanto, estão mais altos do que os encontrados por Espíndola e Brigante (2003) em um estudo no rio Mogi-Guaçu, em que a maior concentração de chumbo biodisponível obtida foi de 4,3 mg/kg. Já para os valores encontrados nas represa, o maior foi obtido no ponto R3 (24,75 mg/kg). Um valor relativamente baixo, se comparado com o valor 143,3 mg/kg obtido por Rodgher (2001) em seu estudo nos reservatórios do rio Tietê.

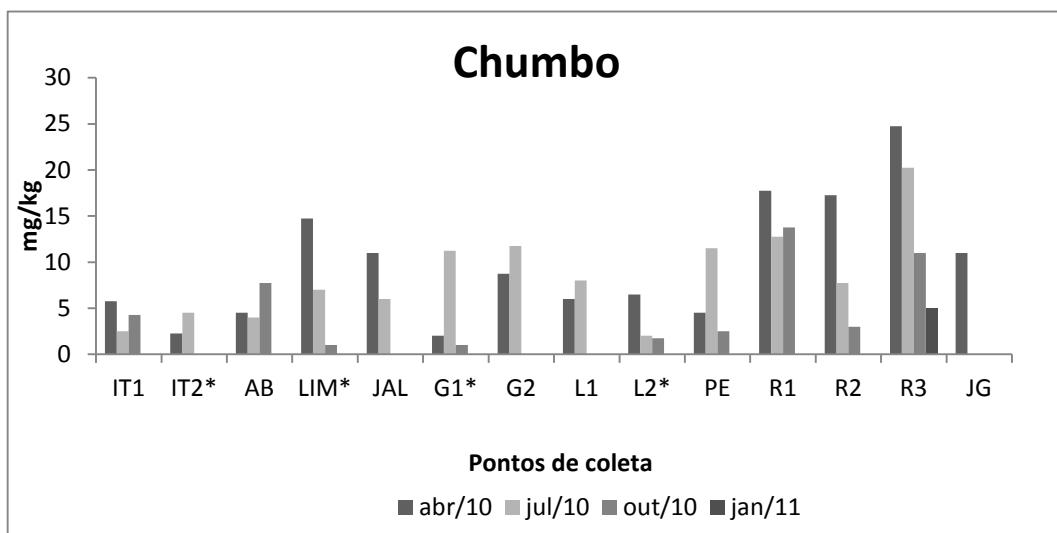


Figura 5.28 - Variação espacial e temporal das concentrações de chumbo biodisponível das amostras de sedimento coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.3.2 Níquel

Os pontos de coleta IT1, IT2, AB, JAL e PE (2,250 mg/kg, 1,425 mg/kg, 1,625 mg/kg, 1,750 mg/kg e 1,750 mg/kg, respectivamente) se destacaram em relação aos demais, com as maiores concentrações de níquel no sedimento entre os pontos de amostragem localizados nos tributários (Figura 5.29). Percebe-se uma redução da concentração do metal na 4^a coleta, o que provavelmente foi causado pelo aumento da vazão dos rios, o que ocasionou uma maior diluição do metal. Isso também mostra que o aumento da vazão contribuiu mais para a diluição do que para o carreamento de metais do solo para os corpos d'água, o que indica que

o solo da bacia hidrográfica não está tão poluído pelo metal em questão ou ainda que as primeiras chuvas foram mais responsáveis pelo lixiviamento do solo

Espíndola e Brigante (2003) não detectaram o metal níquel biodisponível em estudo realizado no rio Mogi-Guaçu.

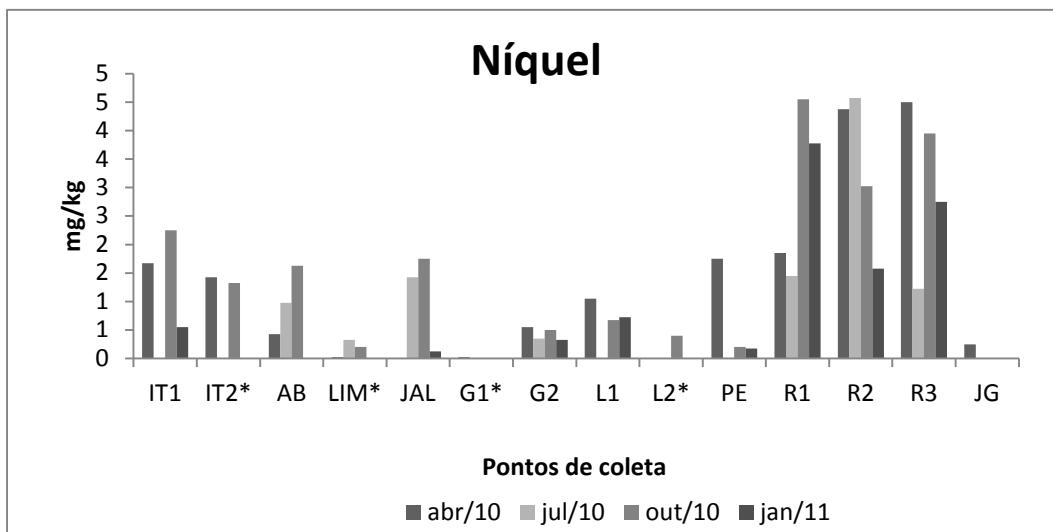


Figura 5.29 - Variação espacial e temporal das concentrações de níquel biodisponível das amostras de sedimento coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.3.3 Cádmio

O cádmio foi o metal que apresentou as menores concentrações no sedimento entre todos os outros analisados (Figura 5.30). Ele foi detectado apenas nos pontos de coleta IT1, LIM, JAL, PE, R1, R2 e R3 e apenas nas duas primeiras coletas. A maior concentração obtida entre os pontos dos tributários foi no ponto JAL (0,750 mg/kg) e, entre os pontos de amostragem da represa, no R3 (1,025 mg/kg). Dessa mesma forma, Espíndola e Brigante (2003) encontraram as menores concentrações de metal biodisponível no sedimento como sendo a do cádmio, em estudo realizado no rio Mogi-Guaçu.

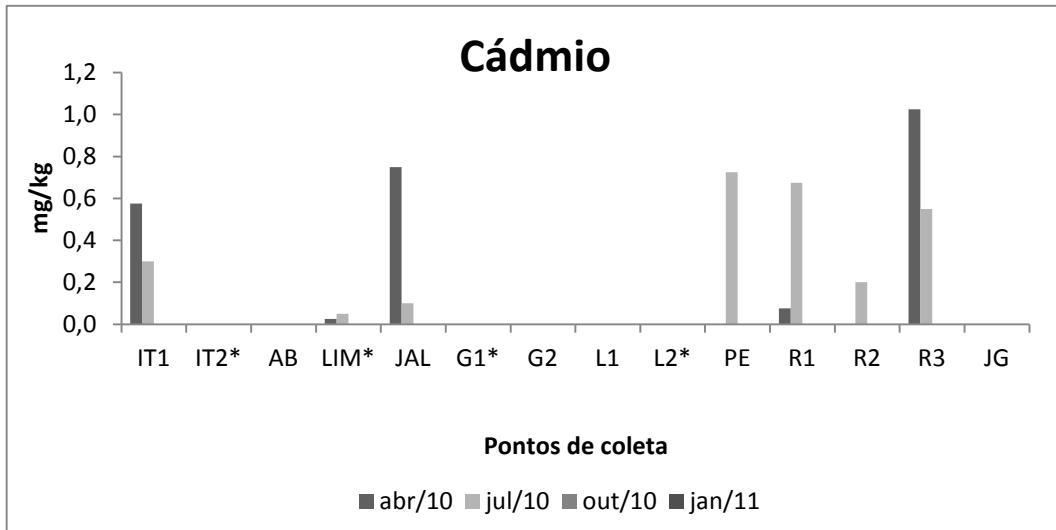


Figura 5.30 - Variação espacial e temporal das concentrações de cádmio biodisponível das amostras de sedimento coletadas (* amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.3.4 Cobre

Valores discrepantes de concentrações de cobre biodisponível em relação aos pontos de amostragem dos tributários foram encontrados nos pontos IT1 (10,775 mg/kg) e AB (8 mg/kg), ambos na 3^a coleta (Figura 5.31). São valores condizentes aos encontrados por Espíndola e Brigante (2003), em estudo no rio Mogi-Guaçu, que encontrou valores máximos de 17,4 mg/kg e 14,7 mg/kg. Os pontos de coleta da represa foram os que apresentaram as maiores concentrações, sendo, porém, relativamente baixas, se comparadas com o valor de 97,67 mg/kg encontrado por Rodgher (2001) em estudo realizado em reservatórios do rio Tietê.

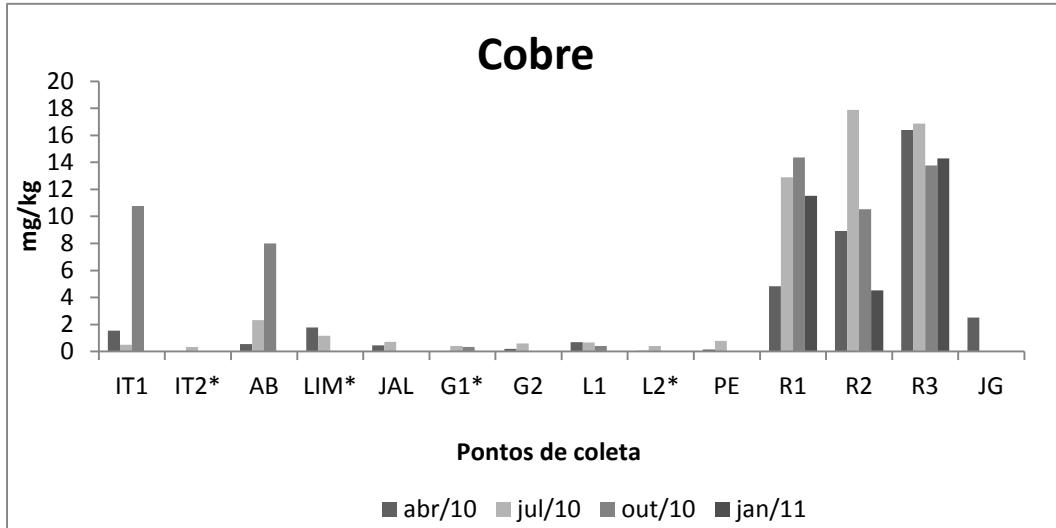


Figura 5.31 - Variação espacial e temporal das concentrações de cobre biodisponível das amostras de sedimento coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.3.5 Ferro

O metal que apresentou as maiores concentrações foi o ferro (Figura 5.32). Os pontos IT1 e AB chegaram a atingir 2.065,2 mg/kg e 1.859,2 mg/kg, respectivamente, na 3^a coleta. Entretanto, abaixo das concentrações de 2216,3 mg/kg, 2.374,1 mg/kg e 2.511,25 mg/kg dos pontos R1, R2 e R3, respectivamente, na 2^a coleta. Apesar de altas, relativamente aos valores desse estudo, essas concentrações são bem inferiores às encontradas por Espíndola e Brigante (2003) em estudo realizado no rio Mogi-Guaçu, onde obteve valores compreendidos na faixa de 175 mg/L a 31,32 mg/L.

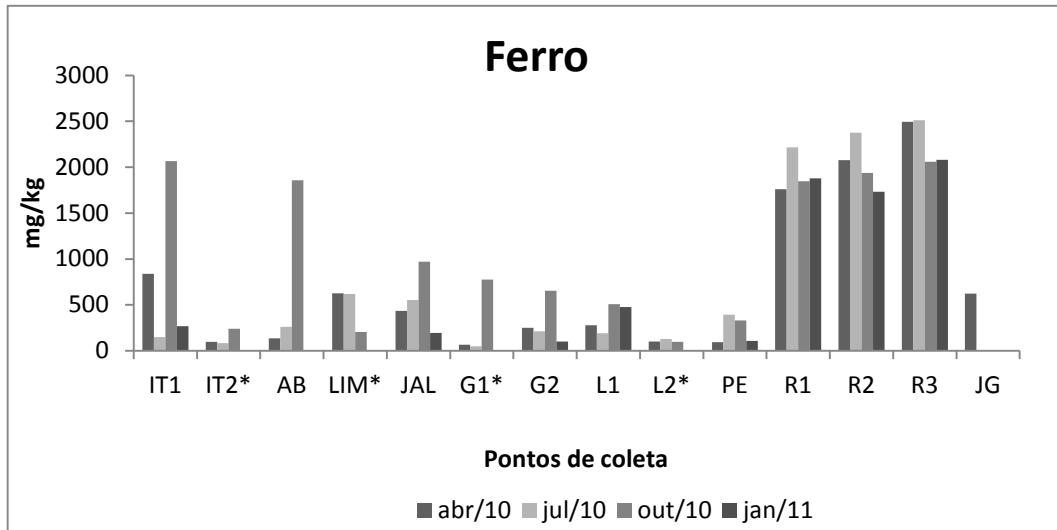


Figura 5.32 - Variação espacial e temporal das concentrações de ferro biodisponível das amostras de sedimento coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.3.6 Magnésio

A faixa de variação das concentrações de magnésio encontrada (0,723 mg/kg no ponto de coleta L2 a 140,703 mg/kg no ponto R1) foi bem próxima da faixa encontrada por Espíndola e Brigante (2003) em estudo realizado no rio Mogi-Guaçu (4 mg/kg a 180 mg/kg). Os pontos IT1 e L1 apresentaram os maiores valores médios, 62,241 mg/kg e 34,485 mg/kg, respectivamente (Figura 5.33). Rodgher (2001) encontrou o valor de 999,1 mg/kg em um reservatório do rio Tietê. O maior valor encontrado no reservatório foi 140,703 mg/kg no ponto R1.

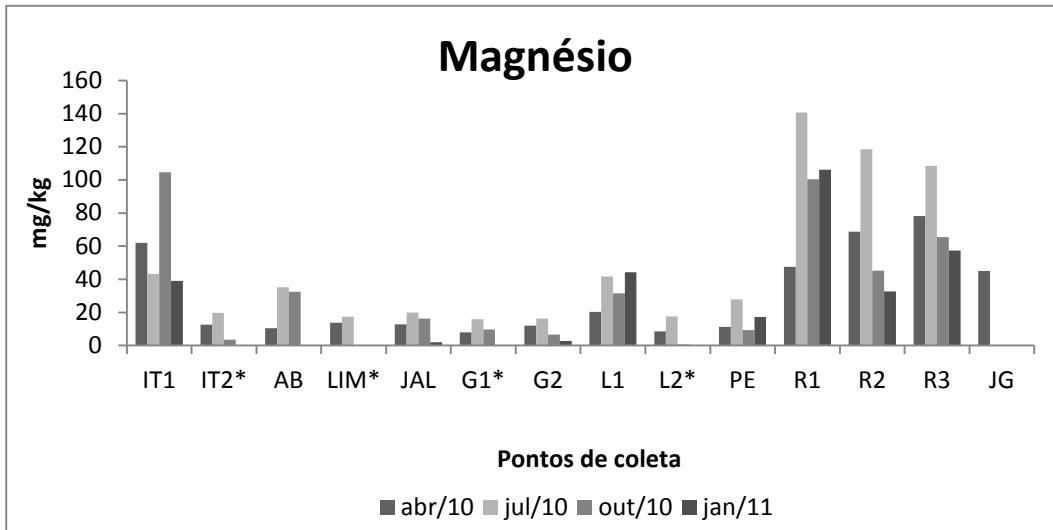


Figura 5.33 - Variação espacial e temporal das concentrações de magnésio biodisponível das amostras de sedimento coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.3.7 Manganês

O ponto de amostragem IT1 apresentou um aumento de concentração de manganês biodisponível (Figura 5.34), apresentando o valor de 631,068 mg/kg, na 3^a coleta. Dentre todas as análises de metal biodisponível, o manganês foi o único em que um ponto localizado em ambiente lótico obteve concentração de metal mais alta do que qualquer ponto localizado em ambiente lêntico.

A maior parte dos pontos de amostragem dos rios permaneceram com valores baixos de manganês, como o IT2, LIM, JAL, G1, G2, L1, L2, PE e JG com valores variando de 0 a 42,625 mg/kg.

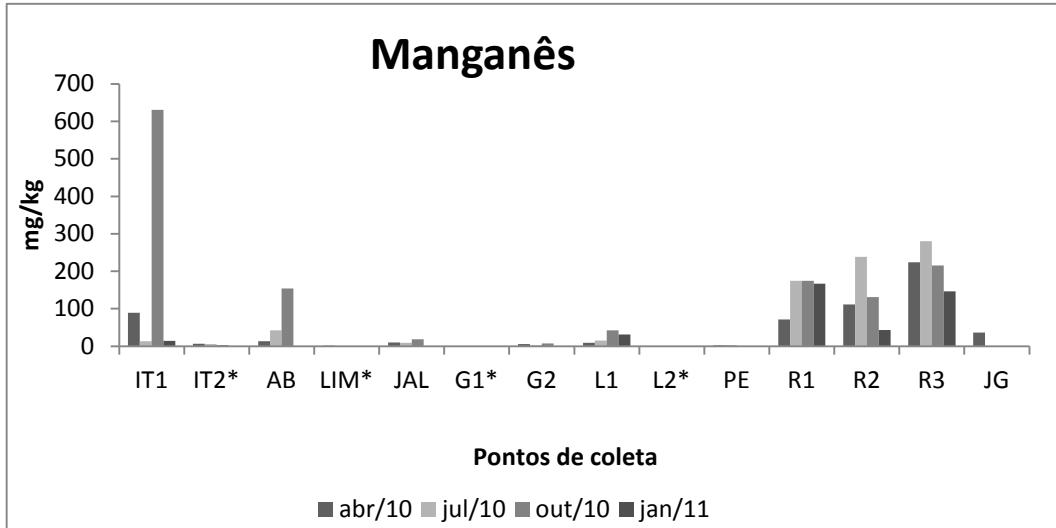


Figura 5.34 - Variação espacial e temporal das concentrações de manganês biodisponível das amostras de sedimento coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.3.8 Zinco

O metal zinco, quando biodisponível, foi detectado nos pontos de coleta localizados em rios apenas no IT1, AB e JAL. Na 2^a coleta obteve-se concentrações de 0,393 mg/kg e 1,120 mg/kg, nos pontos AB e JAL, respectivamente, e na 3^a coleta obteve-se 13,173 mg/kg, 11,420 mg/kg e 1,035 mg/kg, nos pontos IT1, AB e JAL, respectivamente. Já nos pontos localizados na represa foi detectado em todos os pontos e em todas as coletas (Figura 5.35).

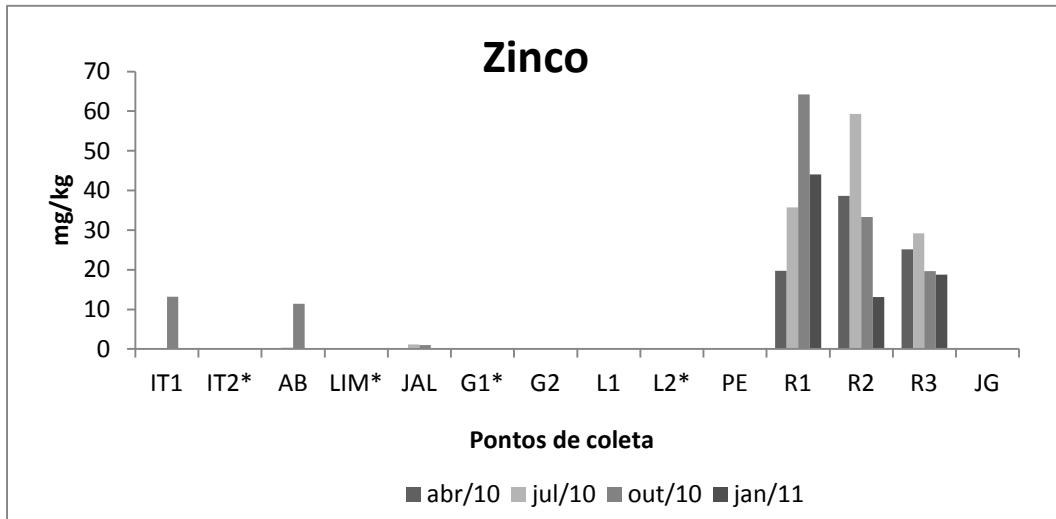


Figura 5.35 - Variação espacial e temporal das concentrações de zinco biodisponível das amostras de sedimento coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.3.9 Cromo

O cromo apenas foi detectado na 1^a e na 2^a coleta (Figura 5.36). De um modo geral, nos pontos de amostragem localizados em rios, a concentração da 1^a coleta foi menor do que a concentração da 2^a coleta, já nos pontos de amostragem da represa acontece o contrário, inclusive no PE, que está localizado logo a jusante de uma pequena represa. Verifica-se, dessa forma, que nos rios a concentração maior desse metal ocorre na época de seca, quando a vazão é menor, e o contrário para a represa.

Espíndola e Brigante (2003), em estudo realizado no rio Mogi-Guaçu, encontraram resultados semelhantes. Nesse estudo, de forma parecida, o metal não foi detectado em alguns momentos e as concentrações variaram, quando detectado o metal, de 0,02 mg/kg a 9,8 mg/kg. Nos corpos de água da bacia hidrográfica do Lobo faixa foi de 0,150 mg/kg no ponto G2 a 5,175 mg/kg no ponto AB, entre os pontos localizados em rios.

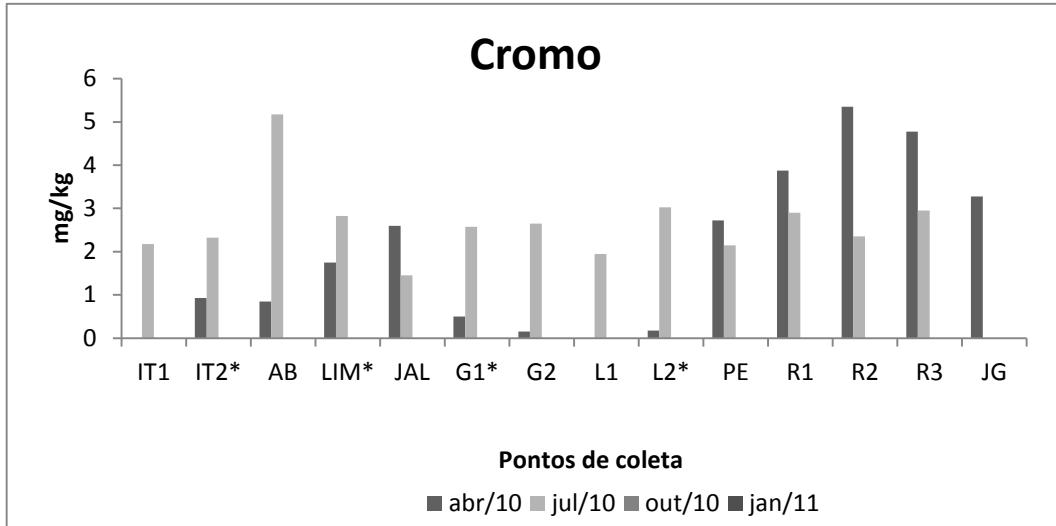


Figura 5.36 - Variação espacial e temporal das concentrações de cromo biodisponível das amostras de sedimento coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.3.10 Cobalto

O cobalto biodisponível foi detectado em apenas 3 pontos de coleta localizados em rios (Figura 5.37). Sendo eles o IT1 e AB, na 3^a coleta, com valores de 7,675 mg/kg e 2,7 mg/kg, respectivamente, e o L1, na 1^a coleta, com valor de 0,125 mg/kg. As ocorrências mais freqüentes e maiores ocorreram nos pontos localizados na represa (R1, R2 e R3).

Algo semelhante ocorreu no estudo de Espíndola e Brigante (2003) no rio Mogi-Guaçu, em que o cobalto biodisponível não foi detectado na maioria das análises e, quando detectado, alcançou valor máximo de 10 mg/kg.

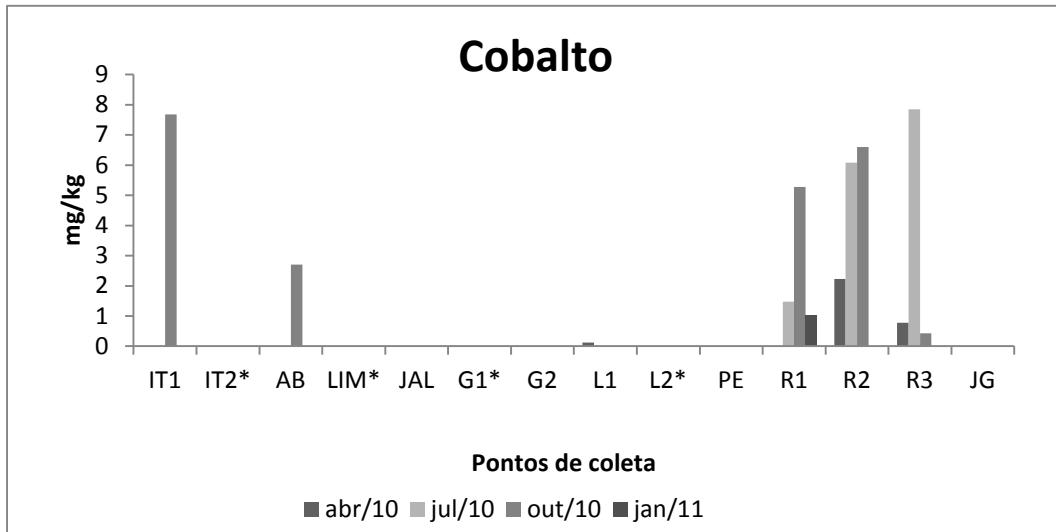


Figura 5.37 - Variação espacial e temporal das concentrações de cobalto biodisponível das amostras de sedimento coletadas (*amostras não coletadas em janeiro de 2011)

5.2.4 Granulometria

As análises granulométricas mostram, de modo geral, que o sedimento dos pontos de coleta localizados nos tributários da represa e o JG apresentam granulometria arenosa, enquanto que os pontos da represa possuem grande fração de areia fina e silte.

Ocorreram variações temporais nas amostras, o que pode ser verificado nas Figuras 5.38, 5.39, 5.40 e 5.41 e no Apêndice B. Os pontos de amostragem IT1, JAL, G2, L1 e PE tiveram suas frações de areia fina, silte ou argila reduzidas das primeiras coletas para a 4^a coleta enquanto que as frações de areia média ou grossa aumentaram. Segundo Allan (1997 apud ESPÍNDOLA; BRIGANTE, 2003), nos ambientes lóticos o fluxo de água geralmente é turbulento, promovendo a suspensão do sedimento. Esse material suspenso é constituído basicamente de argila, silte e areia fina, que requer pouca velocidade da corrente e baixa turbulência para permanecer em suspensão, sendo carregados rio abaixo. O substrato remanescente passa a ser constituído de maior fração de partículas de diâmetro maior, como areia média e grossa. O período referente à 4^a coleta foi de intensa precipitação, o que aumentou a vazão e, consequentemente, a turbulência dos rios. Dessa forma, o processo acima explicado foi intensificado, alterando as porcentagens de cada fração das análises granulométricas.

O ponto de coleta R1 teve uma tendência de aumento das porcentagens das frações argila e silte e uma tendência de decaimento das porcentagens de areia média e grossa no

decorrer das quatro coletas. Isso se deve ao fato de ele estar localizado na represa logo após a foz do rio Itaqueri, que apresenta a maior contribuição de água para a represa. Dessa forma, existe um transporte de sedimento de granulometria fina pelo rio em função da turbulência natural dos ambientes lóticos. Quando encontra um ambiente lêntico, caso do ponto R1, a tendência dos grãos finos, antes em suspensão, é se depositar no fundo. Assim, ao longo do tempo, a fração argila e silte na represa tende a crescer.

Essa tendência de acúmulo de sedimento na represa pode ser verificada pelo fato de a concentração de material em suspensão dos pontos de amostragem da represa e do JG, logo a jusante, serem baixos (item 5.1.7). Em decorrência disso, a transferência de sedimento da represa para o rio Jacaré-Guaçú é pouca. A análise granulométrica do ponto JG resultou na fração areia média predominante, o que difere das frações mais finas que predominam na represa.

Percebe-se ainda, referente aos pontos de coleta da represa, um aumento da fração fina (argila e silte) da cabeceira da represa (R1 e R2) para a barragem (R3). Apenas na 1^a coleta isso não ocorreu, o que pode ser explicado pela forma de como a coleta é realizada, lançando-se uma draga que afunda até o sedimento e o recolhe, aleatoriamente. Na 1^a coleta a draga pode ter caído em um local em que a granulometria era diferente dos arredores. Esse aumento da fração fina se deve ao fato de o diâmetro relativo das partículas sedimentáveis ser dependente e diretamente proporcional à velocidade de sedimentação, ou seja, quanto maior o diâmetro, maior a velocidade (JORDÃO; PESSÔA, 2005). Dessa forma, como as partículas menores sedimentam com uma velocidade menor, elas levam um tempo maior para tal, atingindo, em maioria, a interface sedimento-água apenas próximo à barragem.

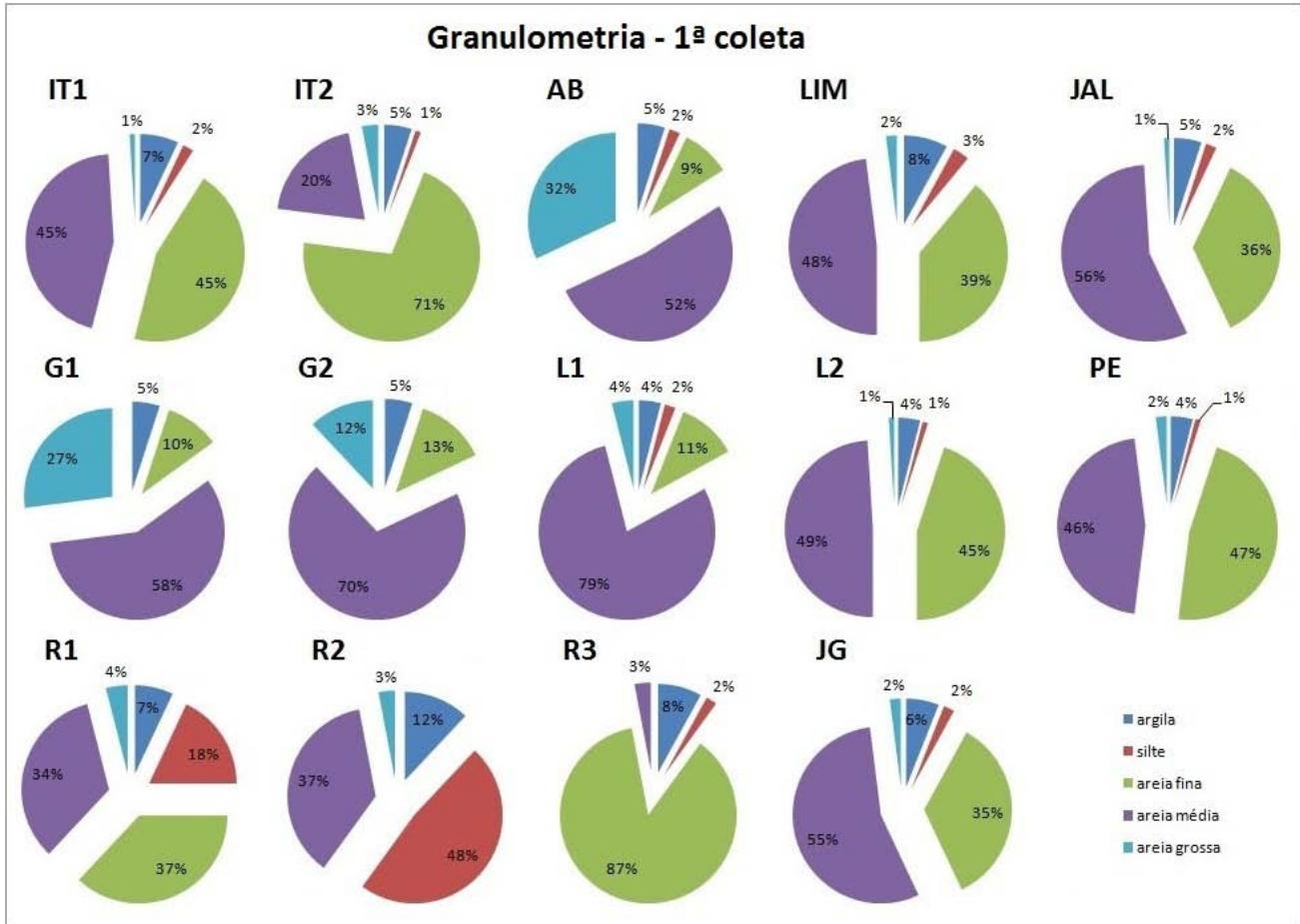


Figura 5.38 - Representação gráfica dos resultados da análise granulométrica realizada nas amostras de sedimento da 1^a coleta

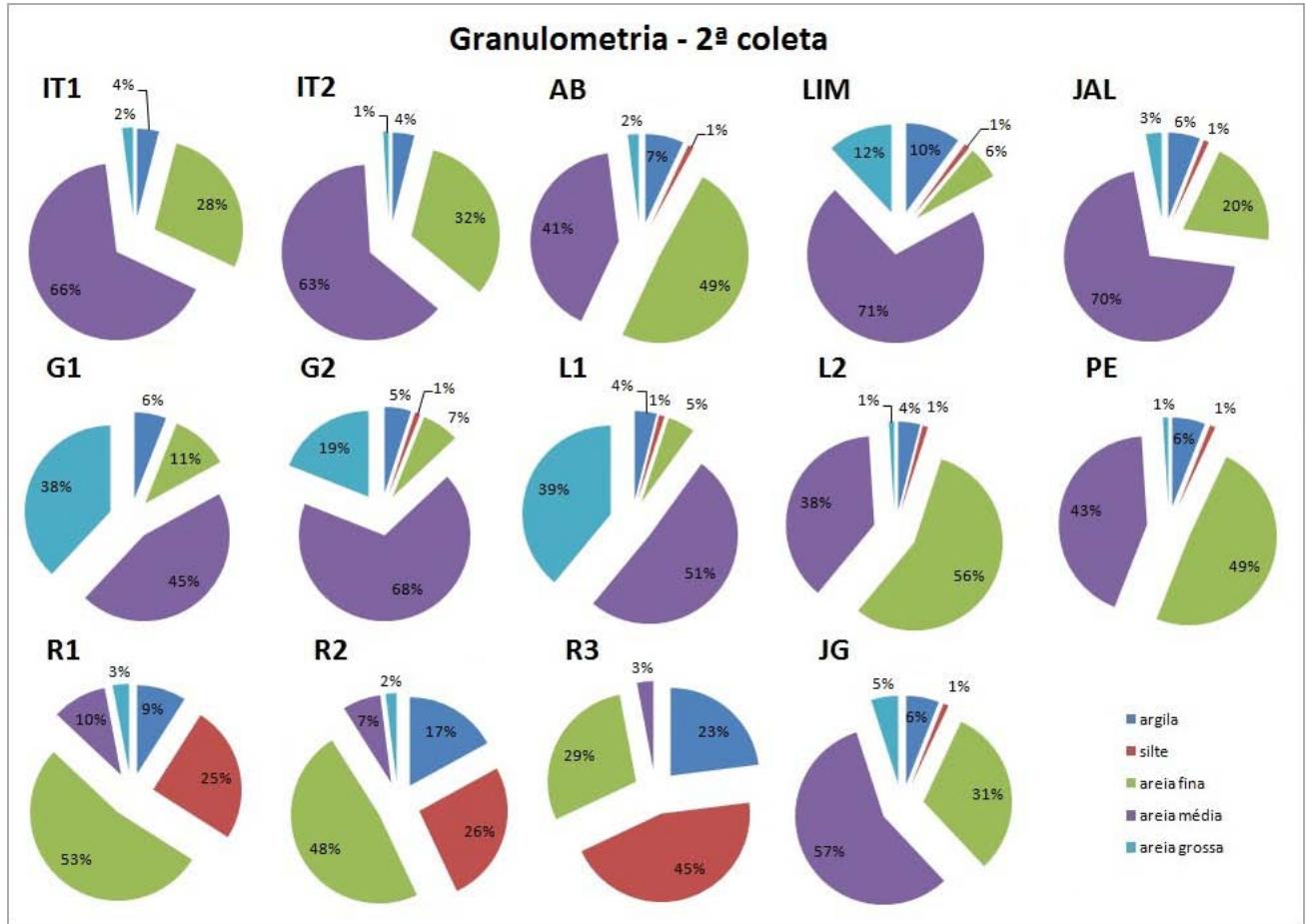


Figura 5.39 - Representação gráfica dos resultados da análise granulométrica realizada nas amostras de sedimento da 2^a coleta

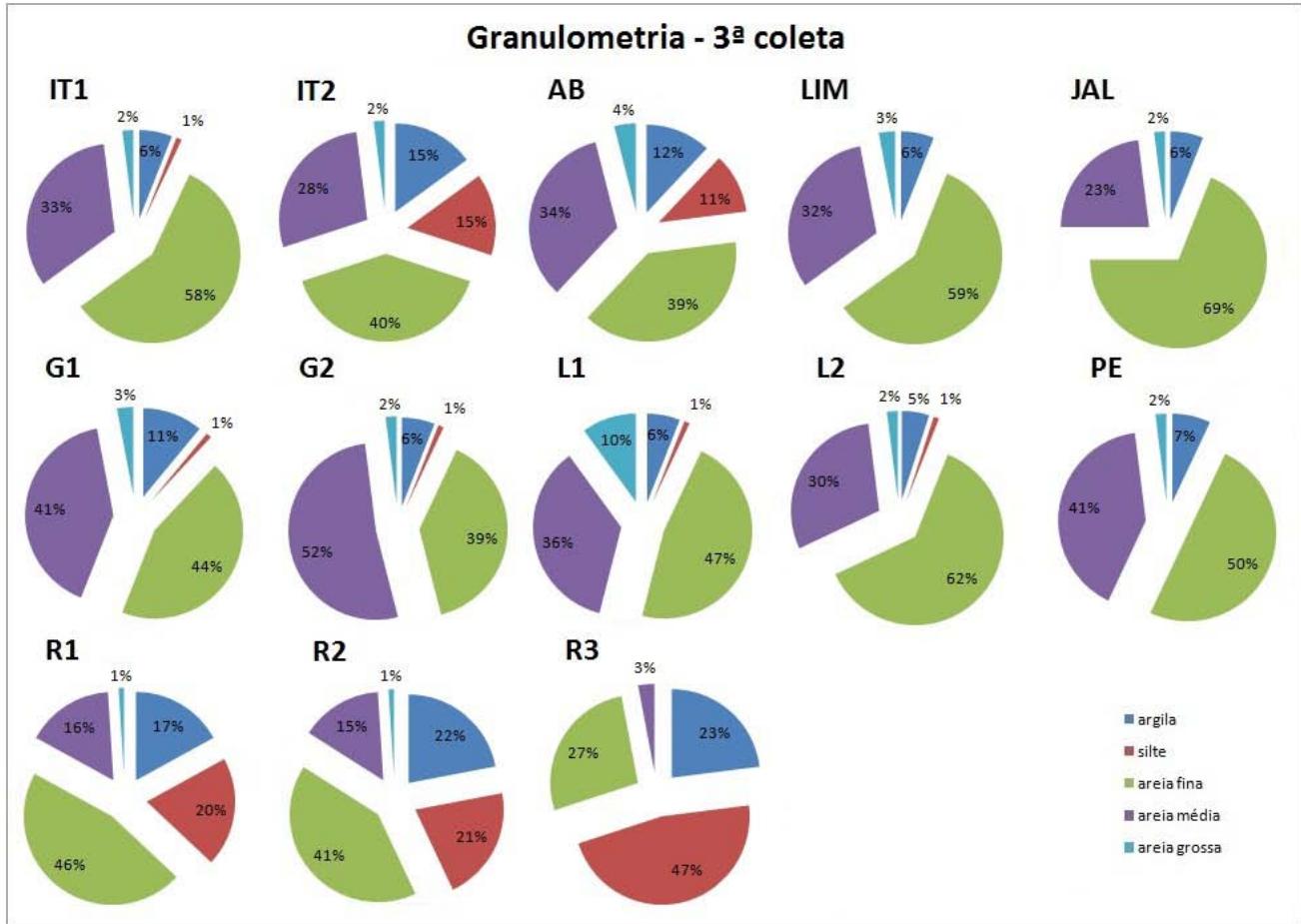


Figura 5.40 - Representação gráfica dos resultados da análise granulométrica realizada nas amostras de sedimento da 3^a coleta

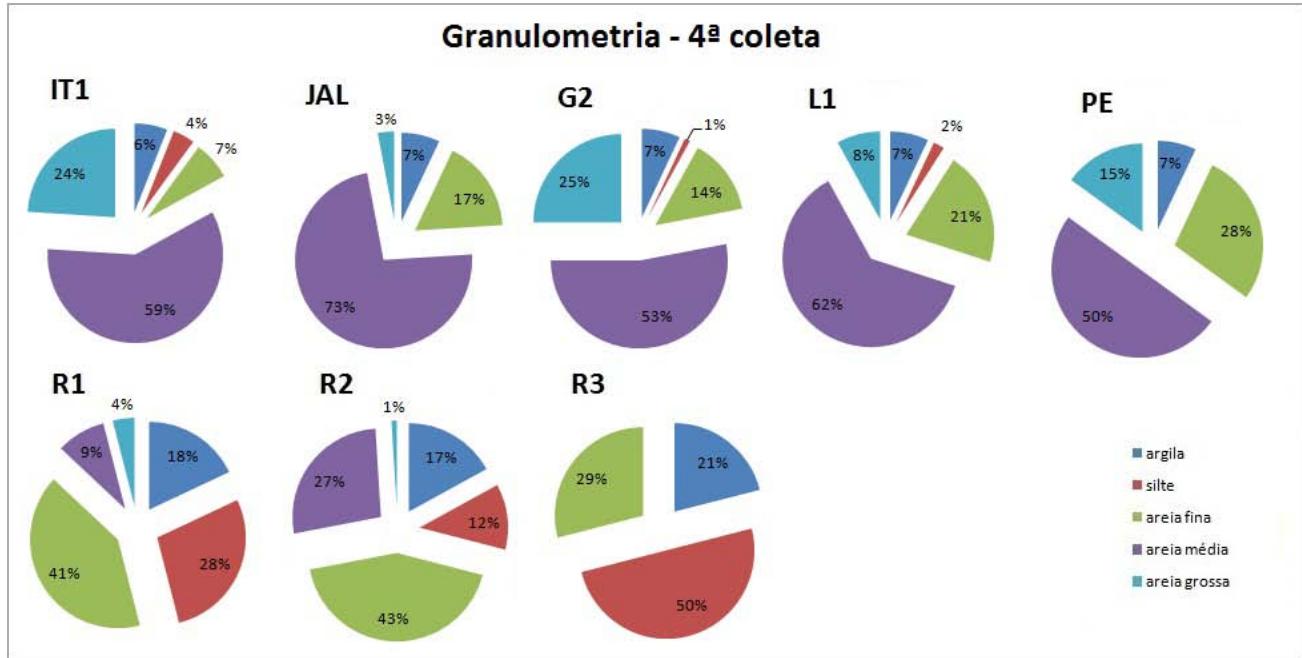


Figura 5.41 - Representação gráfica dos resultados da análise granulométrica realizada nas amostras de sedimento da 4^a coleta

5.2.5 Análise estatística das variáveis limnológicas do sedimento

Assim como nas análises estatísticas das variáveis limnológicas da água, foi feita uma PCA única para todos os períodos de coleta para verificar o efeito da sazonalidade nas variações dos parâmetros analisados, sendo que para essa PCA, os três primeiros componentes explicaram juntos 72,66% da variância total dos dados. Assim, a partir dela, pode-se realizar uma análise de agrupamento (Cluster) com as variáveis físicas e químicas das amostras de sedimentos de todos os períodos de coleta, resultando no dendrograma mostrado na Figura 5.42.

Cortando-se o eixo vertical (distância euclidiana média) na altura do valor 0,6, é possível identificar três grandes grupos. Eles acabam sendo bastante heterogêneos quanto aos períodos de coleta, o que não define uma sazonalidade aparente para o comportamento do sedimento. Fica evidente, porém, uma nítida variabilidade espacial dos pontos de coleta, uma vez que o grupo I é formado pelos pontos localizados nos ecossistemas lóticos e o grupo III é composto pelos pontos localizados no ecossistema lêntico (represa do Lobo), com exceção de JG na 2^a coleta e de IT1 e AB na 3^a coleta.

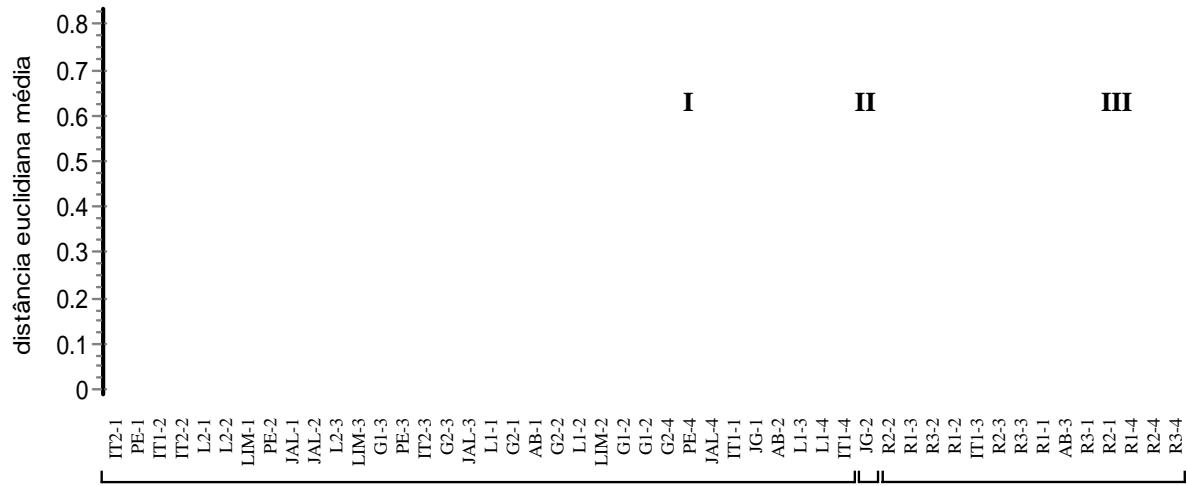


Figura 5.42 – Dendrograma obtido a partir da PCA feita para todos os períodos de coleta com os dados das variáveis limnológicas do sedimento (CCC = 0,8659)

Dessa forma, diferentemente de como foi trabalhado nas análises estatísticas das variáveis limnológicas da água, a análise de agrupamentos realizada para cada período de amostragem é dispensável. Torna-se nítido, nesse caso, a divisão em dois grandes grupos para as variáveis de sedimento: o primeiro engloba os pontos de coleta dos sistemas lóticos e o segundo os pontos de coleta dos sistemas lênticos. Porém, o ponto a jusante da represa (JG) apresenta características bastante distintas dos demais, podendo então ser tratado de maneira diferenciada.

5.3 VARIÁVEIS CLIMATOLÓGICAS

A Figura 5.43 revela a variação da precipitação acumulada mensal e a temperatura média de cada mês no período da pesquisa (Apêndice D). Nota-se a disparidade pluviométrica entre os meses considerados intermediários ou secos quanto ao regime de chuvas e os meses chuvosos. Janeiro de 2011, mês em que foi realizada a 4^a coleta de amostras, apresentou a maior precipitação acumulada mensal do período (544 mm). Dezembro de 2010 apresentou precipitação de 235 mm. Já o mês de agosto de 2010 apresentou ausência total de chuvas enquanto que maio e junho do mesmo ano apresentaram valores de 24 e 29 mm, respectivamente.

A variação da temperatura média do ar também pode ser notada, sendo a média calculada para o mês de dezembro de 2010 e fevereiro de 2011 de 24,2°C, enquanto que junho de 2010 apresentou média de 17,4°C.

A caracterização dos meses de coleta de amostra pode ser feita da seguinte maneira: abril e outubro de 2010 podem ser caracterizados como períodos intermediários quanto à precipitação enquanto que julho de 2010 caracteriza-se como período seco e janeiro de 2011 como período chuvoso.

Dessa forma conclui-se que a sazonalidade temporal é marcante na bacia hidrográfica do Lobo e influí significativamente na organização estrutural e funcional dos seus ecossistemas aquáticos (SANCHES, 2012).

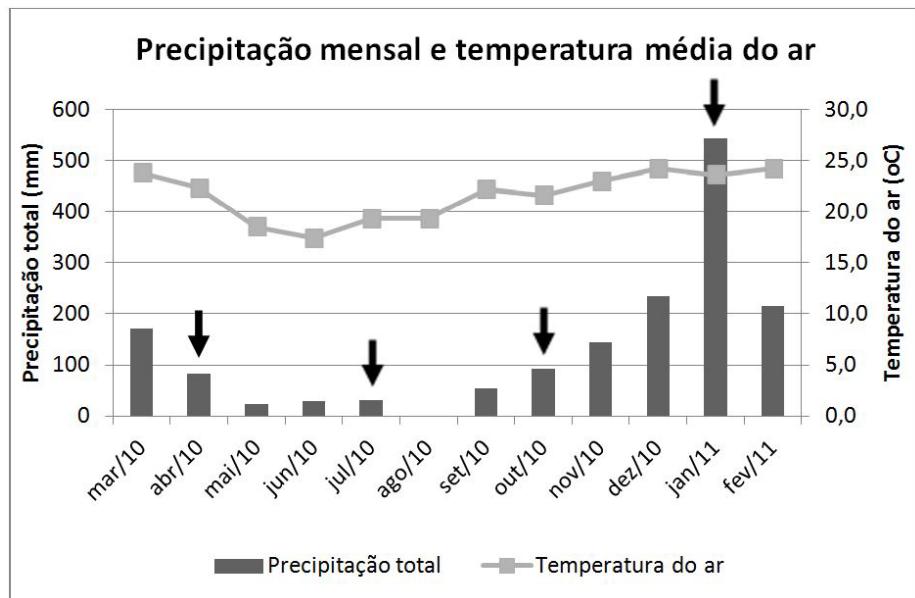


Figura 5.43 – Gráfico da precipitação mensal e temperatura média do ar no período da pesquisa. Dados obtidos na estação meteorológica do CRHEA/EESC/USP.

5.4 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DE HABITAT

Os resultados obtidos da aplicação do protocolo de avaliação de habitat nos pontos de coleta localizados em ambiente lótico estão representados graficamente nas Figuras 5.44 e 5.45 e apresentados no Apêndice C.

O protocolo permite avaliar parâmetros qualitativos com dados quantitativos (BARBOSA, 2003). Dessa forma, quanto maior for a pontuação de um local de coleta analisado, mais preservado será. Os pontos de amostragem mais preservados, segundo o protocolo, são o LIM (148 pontos), G1 (131 pontos) e L2 (151 pontos), enquanto os mais

degradados são AB (44 pontos) e PE (47 pontos). Verifica-se, avaliando-se os valores de forma independente, que as variáveis Presença de Vegetação na Área de Entorno e Extensão da Vegetação foram os itens que mais contribuíram negativamente na pontuação de algumas estações de coleta, devendo, portanto, serem alvo de ações mais efetivas de recuperação.

Nota-se que o ponto de amostragem JAL não é apontado pelo protocolo como tendo seu entorno mais degradado, ao contrário de sua água e sedimento que, como já mostradas nos itens 5.1 e 5.2, são os mais degradados da bacia hidrográfica. Isso se deve ao fato de que a principal causa da poluição no ponto JAL, o lançamento de esgoto da cidade de Itirapina, é pontual e não é aparente visualmente. Isso mostra que entornos aparentemente preservados não garantem qualidade ecológica adequada para a manutenção da vida em corpos d'água.

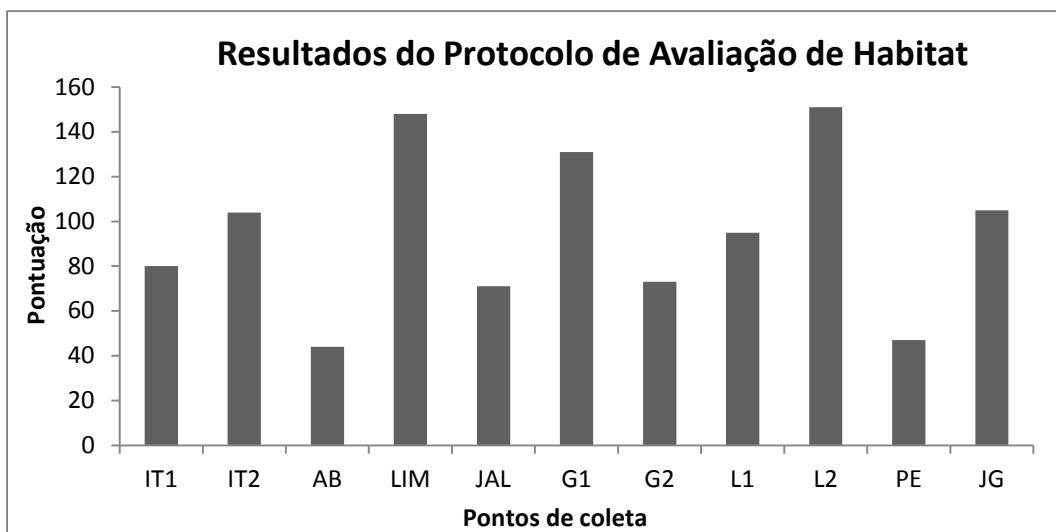


Figura 5.44 - Pontuação total do protocolo de avaliação de habitats para os pontos de amostragem localizados em rios

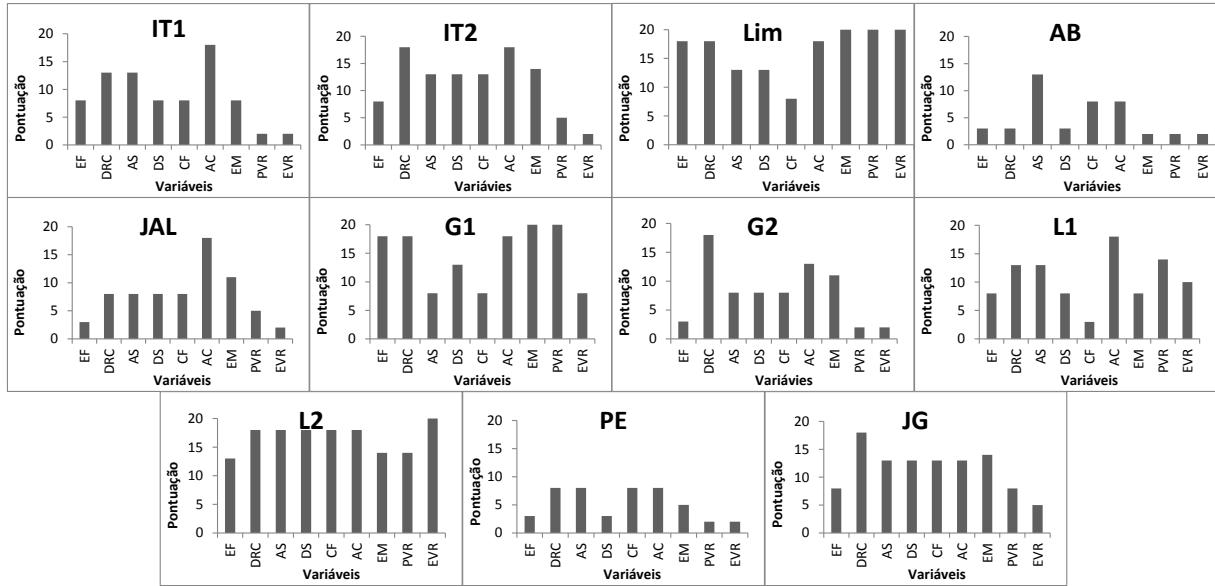


Figura 5.45 - Pontuação de cada variável do protocolo de avaliação de habitats nos pontos de coleta da bacia hidrográfica do Lobo (EF: Estabilidade e diversidade de fundo; DRC: Desenvolvimento de Remansos e Corredeiras; AS: Acomodação do substrato; DS: Deposição de sedimentos; CF: Condições de fluxo; AC: Alterações no canal do rio; EM: Estabilidade das margens; PVR: Presença de vegetação ripária; EVR: Extensão da vegetação ripária)

5.5 ANÁLISE DA COMUNIDADE ÍCTICA

5.5.1 Composição de espécies

No presente estudo, verificou-se a presença de 5 ordens (Characiformes, Siluriformes, Gymnotiformes, Perciformes e Cyprinodontiformes), 9 famílias (Characidae, Erythrinidae, Anostomidae, Callichthyidae, Loricariidae, Heptapteridae, Gymnotidae, Cichlidae e Pociliidae) e 19 espécies, conforme apresentado na Tabela 5.5. Verifica-se, ainda, que na represa do Lobo a riqueza de espécies foi de 12 táxons, enquanto que nos tributários foi 14 táxons. Do total de espécies identificadas no período de estudo, apenas 7 ocorreram em ambos os sistemas (*Astyanus altiparanae*, *Oligosarcus pintoi*, *Hoploterythinus unitaeniatus*, *Hoplosternum littorale*, *Hypostomus ancistroides*, *Geophagus brasiliensis* e *Tilapia rendalli*).

Tabela 5.5 – Listagem taxonômica resultante das quatro campanhas de coleta nas estações de amostragem da represa do Lobo e de seus tributários entre abril de 2010 e janeiro de 2011 (classificação conforme Buckup, Menezes e Ghazzi, 2007), com destaque para a presença das espécies na represa e tributários.

Ordem CHARACIFORMES

Família Characidae

Incertae Sedis

- Astyanax altiparanae* (GARUTTI & BRITSKI, 2000)
- Astyanax fasciatus* (CUVIER, 1819)
- Astyanax scabripinnis* (JENYNS, 1842)
- Hypessobrycon bifasciatus* (ELLIS, 1911)
- Oligosarcus pintoi* (CAMPOS, 1945)

Represa	Tributários
✓	✓
✓	
	✓
	✓
✓	✓

Família Erythrinidae

- Hoplerythrinus unitaeniatus* (AGASSIZ, 1829)

✓	✓
---	---

Família Anostomidae

- Leporinus fasciatus* (BLOCH, 1794)

✓	
---	--

Ordem SILURIFORMES

Família Callichthyidae

- Aspidoras fuscoguttatus* (NIJSSEN & ISBRÜCKER, 1976)
- Corydoras aeneus* (GILL, 1858)
- Hoplosternum littorale* (HANCOCK, 1828)

	✓
	✓
✓	✓

Família Loricariidae

Hypostominae

- Hypostomus ancistroides* (IHERING, 1911)

✓	✓
---	---

Família Heptapteridae

- Imparfinis schubarti* (GOMES, 1956)
- Pimelodella avanhandavae* (EIGNMANN, 1917)
- Rhamdia quelen* (QUOY & GAIMARD IN FREYCINET, 1824)

	✓
✓	
✓	

Ordem GYMNOTIFORMES

Família Gymnotidae

- Gymnotus cf. Carapo* (LINNAEUS, 1758)

	✓
--	---

Ordem PERCIFORMES

Família Cichlidae

- Cichla monoculus* (AGASSIZ IN SPIX & AGASSIZ, 1831)
- Geophagus brasiliensis* (GOY & GAIMARD, 1824)
- Tilapia rendalli* (BOLENGER, 1896)

✓	
✓	✓
✓	✓

Ordem CYPRINODONTIFORMES

Família Pociliidae

- Poecilia reticulata* (PETERS, 1859)

	✓
--	---

5.5.2 Abundância e biomassa das espécies

Nos períodos intermediários, seco e chuvoso, entre abril de 2010 e janeiro de 2011, foram capturados 792 indivíduos de peixes divididos entre 19 espécies, sendo 5 espécies ocorrendo exclusivamente na represa do Lobo e 7 espécies apenas nos tributários da represa. A biomassa total foi de 23,39 kg sendo o valor correspondente a cada espécie apresentado nas Tabelas 5.6 e 5.7.

Tabela 5.6 – Listagem das espécies, nome popular, número de indivíduos e biomassa da ictiofauna capturada na represa do Lobo entre abril de 2010 e janeiro de 2011

Espécie	Nome popular	Represa		Biomassa total (g)
		Absoluto	Relativo	
<i>Astyanax altiparanae</i>	tambiú	177	44,1	3911,7
<i>Astyanax fasciatus</i> *	lambari-rabo-vermelho	24	6,0	436,8
<i>Oligosarcus pintoi</i>	saicanga	10	2,5	137,0
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	jeju	7	1,7	814,1
<i>Leporinus fasciatus</i> *	piau	3	0,7	267,3
<i>Hoplosternum littorale</i>	tamboatá, caboja	5	1,2	543,5
<i>Hypostomus ancistroides</i>	cascudo	5	1,2	167,0
<i>Pimelodella avanhandavae</i> *	mandi	1	0,2	11,4
<i>Rhamdia quelen</i> *	bagre	5	1,2	395,5
<i>Cichla monoculus</i> *	tucunaré	9	2,2	2350,8
<i>Geophagus brasiliensis</i>	cará, acará	120	29,9	8568,0
<i>Tilapia rendalli</i>	tilápia	35	8,7	4977,0
Total		401	100	22580

* Espécies encontradas apenas na represa

Tabela 5.7 - Listagem das espécies, nome popular, número de indivíduos e biomassa da ictiofauna capturada nos tributários da represa do Lobo entre abril de 2010 e janeiro de 2011

Espécie	Nome popular	Rios		Biomassa total (g)
		Absolute	Relativo	
<i>Astyanax altiparanae</i>	tambiú	1	0,3	4,8
<i>Astyanax scabripinnis</i> *	lambari	137	35,0	423,3
<i>Hypessobrycon bifasciatus</i> *	lambarizinho	2	0,5	0,8
<i>Oligosarcus pintoi</i>	saicanga	1	0,3	6,0
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	jeju	3	0,8	95,6
<i>Aspidoras fuscoguttatus</i> *	cascudinho	4	1,0	2,0
<i>Corydoras aeneus</i> *	pedrinha	23	5,9	83,3
<i>Hoplosternum littorale</i>	tamboatá, caboja	2	0,5	10,0
<i>Hypostomus ancistroides</i>	cascudo	6	1,5	9,2
<i>Imparfinis schubarti</i> *	bagrinho	46	11,8	25,8
<i>Gymnotus cf. carapo</i> *	tuvira	11	2,8	3,0
<i>Geophagus brasiliensis</i>	cará, acará	28	7,2	86,8
<i>Tilapia rendalli</i>	tilápia	16	4,1	1,6
<i>Poecilia reticulata</i> *	barrigudinho	111	28,4	56,6
Total		391	100	808,6

* Espécies encontradas apenas nos tributários da represa

No reservatório houve uma dominância de tambiú (*Astyanax altiparanae*), representando 44,1% dos indivíduos coletados. Em seguida o cará (*Geophagus brasiliensis*) representou 29,9% dos indivíduos coletados, embora a biomassa total de cará (8568,0 g) represente mais que o dobro da biomassa de tambiú (3911,7 g). Para tilápia (*Tilapia rendalli*), que representou apenas 8,7% dos indivíduos da represa, obteve-se biomassa total de 4977,0 g, ou seja, maior que a biomassa de tambiú. A quarta espécie mais dominante foi o lambari-rabo-vermelho (*Astyanax fasciatus*), com 6,0% dos indivíduos e 436,8 g de biomassa.

Nos tributários do reservatório a espécie mais dominante foi o lambari (*Astyanax scabripinnis*), com 35,0% dos indivíduos coletados e 423,3 g de biomassa total, a maior entre todas as espécies. Em seguida, o barrigudinho (*Poecilia reticulata*) representou 28,4% dos indivíduos, apresentando biomassa total de 56,6 g. Em relação ao bagrinho (*Imparfinis schubarti*) sua densidade relativa foi de 11,8%, com biomassa total de 25,8 g. Para o cará, que obteve a maior biomassa total da represa, nos tributários apresentou apenas 86,8 g e 7,2% dos indivíduos. A tilápia, que apresentou a segunda maior biomassa da represa, nos tributários somou apenas 1,6 g e 4,1% dos indivíduos coletados.

Os indivíduos capturados nos tributários do reservatório foram, em grande parte, juvenis. A média de 0,1 g por tilápia nos rios contrasta com a média de 142,2 g por tilápia na

represa. O mesmo acontece para os carás, que possuem biomassa média de 3,1 g por indivíduo coletado em um tributário e 71,4 g por indivíduo coletado na represa. Essa disparidade na coleta é justificada pelos métodos distintos de captura utilizados na represa e nos tributários. As redes de espera utilizadas na represa favorecem a captura de indivíduos maiores, os adultos, enquanto que os juvenis atravessam a armadilha sem ficarem retidos. Já nos tributários da represa o fato de ser preciso entrar no corpo d'água e caminhar dentro dele para buscar lugares propícios para a coleta acaba afugentando os indivíduos adultos, que são mais rápidos e ágeis. A peneira e o puçá utilizados capturam as espécies de peixes que apresentam corpo naturalmente pequeno ou juvenil, por nadarem com velocidades inferiores aos peixes maiores.

Verifica-se que apenas 7 das 19 espécies presentes nas coletas foram registradas tanto no reservatório quanto nos tributários. Isso mostra a disparidade das espécies capturadas entre as que habitam ambientes lênticos ou lóticos e não apenas dessemelhança entre indivíduos coletados de corpo grande (na represa) e corpo pequeno (nos tributários). Esse fator, diferença entre tamanhos de corpo, é influenciador na seletividade e diferença de espécies capturadas na represa e nos rios, e agravado pelo método distinto de captura em cada ambiente. A distinção de espécies por preferência de habitat é evidenciada na coleta observando-se o tucunaré (*Cichla monoculus*) e o jundiá (*Rhamdia quelen*), que são peixes que têm preferência por ambientes lênticos, o que justifica o fato de terem sido capturados apenas no reservatório.

Os barrigudinhos (*Poecilia reticulata*) são extremamente adaptados a qualquer condição (DUFECH, 2009). É uma espécie cuja presença pode ser usada como bioindicadora, uma vez que é resistente e costuma estar presente nos ambientes degradados ambientalmente. Exemplares de barrigudinho não foram coletados na represa, uma vez que o método de amostragem nesse ambiente não permitia a coleta de peixes pequenos que não fiquem presos na menor rede de espera utilizada (distância de 3 cm entre nós opostos). Já nos tributários, o barrigudinho é a espécie de 28,4 % dos indivíduos coletados ao longo de toda a pesquisa. Ele foi capturado em quatro pontos distintos G2 (50 indivíduos), JAL (41 indivíduos), PE (5 indivíduos) e JG (15 indivíduos), sendo a proporção de barrigudinhos sobre o total de peixes coletados em cada ponto igual a 70,4%, 43,2%, 3,5% e 42,9% para G2, JAL, PE e JG, respectivamente. Isso aponta as estações de amostragem G2, JAL e JG como degradados ambientalmente, se considerarmos a presença de *Poecilia reticulata* como sendo um indicador de tal estado, uma vez que apresentaram número relativo da espécie alto.

Outra espécie que merece atenção quanto à sua presença são as pertencentes ao gênero *Astyanax*. No caso desse estudo, o lambari (*Astyanax scabripinnis*) representou 35,0% dos indivíduos capturados nos tributários da represa do Lobo, o maior índice entre os cursos d'água. O tambiú (*Astyanax altiparanae*) foi a espécie de 44,1 % dos peixes coletados na represa em todos os períodos de coleta, também o maior índice entre os pontos de amostragem da represa. Segundo Bannemann et al (2005), ambas as espécies são classificadas como generalistas quanto ao hábito alimentar. Espécies generalistas, ou oportunistas, quando presentes com alta abundância, são indicadoras de possível degradação ambiental (DUFECH, 2009).

5.5.3 Variação na composição e frequência das espécies

O monitoramento da comunidade íctica da represa do Lobo pode ser feito comparando-se os dados obtidos nesse estudo com os obtidos por Albino (1987) e por Marinelli (2002). Albino (op cit) avaliou amostras de peixes coletadas entre 1970 e 1985 pelo DEBE-UFSCar, em cinco pontos de amostragem na represa do Lobo enquanto Marinelli (op cit) optou por campanhas de amostragem nos meses de março e agosto de 2000, quando coletou indivíduos de peixes em quatro pontos de coleta na represa do Lobo.

As relações de ocorrência das espécies capturadas nas amostras, representadas em frequência relativa (constância) e a classe de ocorrência, dos estudos de Albino (1987), Marinelli (2002) e do presente estudo encontram-se na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Listagem e frequência de ocorrência das espécies de peixes catalogadas no presente estudo, por Albino (1987) e por Marinelli (2002) para a represa do Lobo

espécie	ocorrência das espécies nas amostras					
	frequencia relativa (%)			classe de ocorrência		
	Albino (1987)	Marinelli (2002)	neste estudo	Albino (1987)	Marinelli (2002)	neste estudo
<i>Astyanax altiparanae</i>	50	92	58	constante	constante	constante
<i>Astyanax fasciatus</i>	61	100	50	constante	constante	constante
<i>Astyanax scabripinnis</i>	39	50	ausente	acessória	constante	-
<i>Cetopsorhamdia iheringi</i>	11	ausente	ausente	accidental	-	-
<i>Cichla monoculus</i>	ausente	25	25	-	acessória	acessória
<i>Cichlasoma paranaense</i>	ausente	67	ausente	-	constante	-
<i>Corydoras aeneus</i>	ausente	42	ausente	-	acessória	-
<i>Cyphocharax modesta</i>	ausente	100	ausente	-	constante	-
<i>Cyprinus carpio</i>	ausente	12	ausente	-	accidental	-
<i>Geophagus brasiliensis</i>	33	100	75	acessória	constante	constante
<i>Gymnotus carapo</i>	25	87	ausente	acessória	constante	-
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	ausente	37	42	-	acessória	acessória
<i>Hoplias malabaricus</i>	33	83	ausente	acessória	constante	-
<i>Hoplosternum littorale</i>	ausente	8	25	-	accidental	acessória
<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i>	5	29	ausente	accidental	acessória	-
<i>Hypostomus ancistroides</i>	25	ausente	33	acessória	-	acessória
<i>Leporinus fasciatus</i>	ausente	ausente	17	-	-	accidental
<i>Leporinus friderici</i>	30	4	ausente	acessória	accidental	-
<i>Leporinus octofasciatus</i>	28	ausente	ausente	acessória	-	-
<i>Odontostilbe microcephala</i>	5	21	ausente	accidental	accidental	-
<i>Oligosarcus pintoi</i>	ausente	ausente	42	-	-	acessória
<i>Oreochromis niloticus</i>	ausente	80	ausente	-	constante	-
<i>Phalloceros caudimaculatus</i>	36	25	ausente	acessória	acessória	-
<i>Pimelodella avanhandavae</i>	ausente	ausente	só registro	-	-	accidental
<i>Pimelodella meeki</i>	ausente	só registro	ausente	-	accidental	-
<i>Rhamdia hilarii</i>	25	ausente	ausente	acessória	-	-
<i>Rhamdia quelen</i>	ausente	8	33	-	accidental	acessória
<i>Steindachnerina insculpta</i>	ausente	só registro	ausente	-	accidental	-
<i>Synbranchus marmoratus</i>	ausente	8	ausente	-	accidental	-
<i>Tilapia rendalli</i>	33	80	33	acessória	constante	acessória
Total de espécies	15	21	11			

Observação: só registro = obtido um único exemplar durante as amostragens

Apenas 4 espécies foram comuns em Albino (1987), Marinelli (2002) e nesse estudo (*Astyanax altiparanae*, *Astyanax fasciatus*, *Geophagus brasiliensis* e *Tilapia rendalli*), sendo que as espécies do *Astyanax* mantiveram a mesma classe de ocorrência (constante) nos três estudos, o que afirma a posição do gênero como frequente na represa ao longo de mais de 25 anos. O cará (*Geophagus brasiliensis*) era uma espécie classificada como acessória por

Albino (1981) mas que Marinelli (2002) classificou como sendo constante, o que permaneceu no presente estudo, o que pode indicar um aumento da população da espécie. A tilápia (*Tilapia rendalli*) voltou a ser classificada como acessória, depois de Martinelli (op cit) a classificar como constante. Porém, observa-se, de uma forma geral, que essas quatro espécies coincidentes nos três trabalhos possuem alta frequência de ocorrência, ou seja, estão presentes em grande parte das coletas.

As espécies *Hoplosternum littorale* e *Rhamdia quelen* não foram capturadas por Albino (1981), foram classificadas como acidentais por Marinelli (op cit) e por acessórias no presente estudo. Isso mostra que essas espécies são cada vez mais frequentes no reservatório. Algo semelhante ocorreu com o *Hypostomus ancistroides*, que foi classificada como espécie acessória por Albino (op.cit), não foi capturada por Marinelli (op cit) e voltou a ser classificada como acessória no presente estudo. A espécie *Pimelodella avanhandavae* não foi capturada em nenhum dos estudos anteriores mas esteve presente nesse trabalho. Essas quatro espécies (*Hoplosternum littorale*, *Rhamdia quelen*, *Hypostomus ancistroides* e *Pimelodella avanhandavae*), cujos dados demostram aumentar suas frequências na represa, são da ordem Siluriformes. Como citado por Mendes e Barthem (2010), os peixes dessa ordem possuem hábito de revirar o substrato e preferem ambientes lodosos. Esse fato pode ser um indicativo do aumento de lodo (matéria fina) no fundo da represa, o que pode ser decorrente do grande aporte de matéria orgânica vinda do esgoto da cidade de Itirapina que, como já citado anteriormente nesse trabalho, é lançado quase sem tratamento no córrego Água Branca, tributário da represa do Lobo. Porém, também é natural que o volume de sedimento de um reservatório aumente ao longo do tempo em decorrência dos processos de arraste de sedimentos orgânicos e inorgânicos, sendo retido por meio do processo de sedimentação.

A população de tucunaré (*Cichla monoculus*), espécie exótica no reservatório do Lobo, demonstra distribuição sazonal estável, uma vez que apresentou frequência relativa de ocorrência de 25% nos estudos de Marinelli (op cit) e no presente estudo. O mesmo ocorre com a espécie *Hoplerythrinus unitaeniatus*, que permaneceu como espécie acessória em ambos os estudos.

Uma comparação do número de espécies de peixes por classe de ocorrência nos três trabalhos pode ser verificada na Figura 5.46.

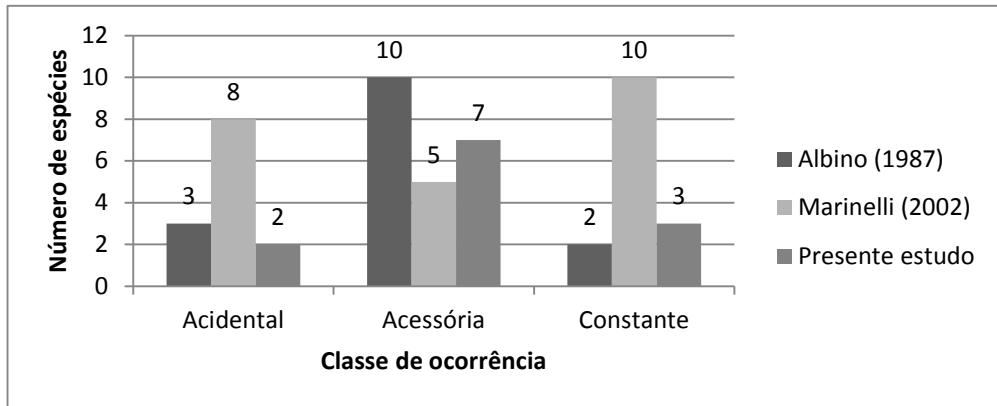


Figura 5.46 – Comparação do número de espécies de peixes por classes de ocorrência entre os dados levantados por Albino (1987), Marinelli (2002) e o presente estudo

Pela análise da Figura 5.46, verifica-se que espécies accidentais representaram 20, 34 e 17% respectivamente nos estudos de Albino (1987), Marinelli (2002) e presente pesquisa. Para as espécies acessórias os valores obtidos foram de 67, 22 e 58%, respectivamente, enquanto que as espécies constantes representaram 13, 44 e 25% nas pesquisas de Albino (op cit), Marinelli (op cit) e presente pesquisa. Os dados obtidos sugerem uma maior similaridade entre os dados de Albino (1987) e os obtidos em 2010 e 2011. A diminuição da quantidade de espécies constantes de 2002 (44%) para 2010/2011 (25%) parece indicar o aumento de fatores estressores na represa, incluindo a introdução de espécies exóticas, adeterioração da qualidade da água, efeitos da pesca, competição por habitats e alimento, além da predação.

Com os dados do presente estudo, foi calculado o índice de diversidade de espécies de Shannon-Wiener para cada coleta em cada ponto de amostragem (Tabela 5.9). Esse índice mede o grau de incerteza em predizer qual a espécie do indivíduo tomado ao acaso de uma coleção de S espécies e N indivíduos. Esta incerteza aumenta conforme aumenta o número de espécies e a distribuição dos indivíduos entre as espécies. O índice será zero quando existir uma única espécie na amostra e será máximo somente quando todas as espécies estiverem representadas pelo mesmo número de indivíduos. De um modo geral, percebe-se uma variação considerável nesse índice ao longo das coletas para um mesmo ponto, o que é devido ao comportamento variado dos peixes ao longo do ano.

Tabela 5.9 – Índice de diversidade de espécies de Shannon-Wiener calculado para os ponto de amostragem desse estudo sobre as espécies coletadas entre abril de 2010 e janeiro de 2011

Ponto de coleta	Índice de diversidade de espécies de Shannon-Wiener (H')				Média por ponto	
	Coletas					
	abr/2010	jul/2010	out/2010	jan/2011		
IT1	0	0,185	0	0	0,046	
L2	0	0,937	0,562	0	0,375	
G2	0,693	1,297	0,377	0,435	0,700	
JAL	1,099	1,765	1,523	1,331	1,430	
PE	0,325	0,125	0,451	0,139	0,260	
JG	0,637	0	0	1,466	0,526	
P1	0	1,215	0,950	0,433	0,650	
P2	0	1,885	1,355	0,918	1,040	
P3	0	1,099	1,376	0,566	0,760	
Média por coleta	0,306	0,945	0,733	0,588		

Os índices de diversidade de Shannon-Wiener obtidos encontram-se, analisando de uma maneira geral, próximos de zero, indicando baixa diversidade de espécies na bacia da represa do Lobo. Os pontos P1, P3, IT1, L2 e JG apresentaram, em pelo menos uma das coletas, índice igual a zero, o que significa que apenas uma espécie foi coletada no ponto. A comparação realizada com os trabalhos realizados por Albino (1987) e Marinelli (2002) indicam que a diversidade de espécies coletadas na represa e o número de indivíduos era maior. Alguns fatores que contribuem para a redução da quantidade de espécies, da abundância e da biomassa são a perda de vegetação ripária, a poluição e a introdução de espécies exóticas (SMITH et al, 2002), impactos esses que foram observados na bacia e que ainda influenciam negativamente a fauna aquática.

Analizando os índices de Shannon-Wiener obtidos por período de coleta, percebe-se a influência da sazonalidade nos indivíduos coletados. A primeira coleta, realizada em abril de 2010, apresentou a menor média do índice entre as coletas (0,306), mostrando a baixa diversidade coletada nesse período. A coleta de julho de 2010 apresentou a maior média do índice entre as demais (0,945), enquanto que as coletas de outubro de 2012 e janeiro de 2011 apresentaram valores intermediários (0,733 e 0,588). A análise Cluster realizada para os dados obtidos das análises físico-químicas da água (item 5.1.11) já mostraram uma similaridade entre as amostras da 3^a e 4^a coletas, fato notado também na coleta de peixes.

Uma análise de Cluster realizada com o índice de diversidade de Shannon-Wiener para examinar as relações entre cada ponto de coleta (Figura 5.47) permite separar os pontos de

amostragem em três grupos distintos, se analisarmos o corte na distância euclidiana de 0,7. O primeiro grupo é composto apenas pelo ponto JAL. Ele, assim como nas análises Cluster das amostras de água (item 5.1.11) e de sedimento (item 5.2.5) está isolado dos outros pontos. Esse é um local caracterizado por apresentar o despejo de esgoto com baixa eficiência de tratamento, da cidade de Itirapina, logo a montante. Este local de coleta apresentou valores altos de condutividade, reduzida concentração de oxigênio dissolvido, foi caracterizado como supereutrófico na 2^a e 3^a coletas e apresentou altos valores de nutrientes.

O segundo grupo é composto por P1, P2, P3, L2, G2, PE e IT1. Nota-se que engloba todos os pontos de coleta da represa, dois deles localizados próximos à represa (L2 e G2) e um ponto localizado logo a jusante de uma pequena barragem (PE). Dessa forma, verifica-se que pontos de amostragem que recebem forte influência de um reservatório, ou estão localizados em um reservatório, apresentam similaridade quanto ao índice de diversidade de Shannon-Wiener, quando analisados ao longo de todo o ano.

O terceiro grupo é formado apenas pelo ponto JG, que apresenta características de fundo (pedregoso) e entorno bastante diferentes dos demais pontos de coleta. O rio é o que apresenta maior vazão, pois recebe a vazão vinda de todos os outros. A influência que esse ponto de amostragem recebe da represa é alta, tanto que se cortarmos o gráfico de Cluster na altura da distância euclidiana de 0,85, o JG passa a ser parte do segundo grupo.

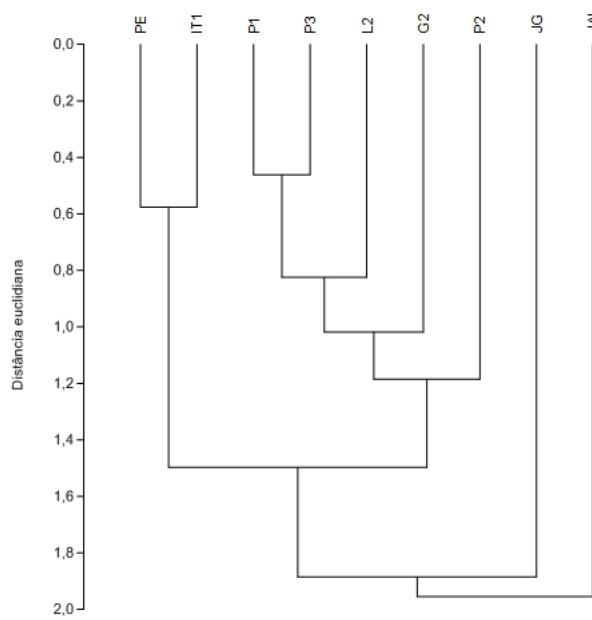


Figura 5.47 - Análise Cluster realizada com os índices de diversidade de espécies de Shannon-Wiener para os ponto de amostragem desse estudo sobre as espécies coletadas entre abril de 2010 e janeiro de 2011

5.5.4 Ecomorfologia

Os atributos ecomorfológicos definem relações entre diversas medidas do corpo dos peixes. Essas relações estão ligadas com o habitat de cada espécie e podem auxiliar no estabelecimento de correspondências entre as espécies coletadas nesses estudo com os pontos de amostragem de onde vieram e ainda relacionar espécies de pontos de amostragem distintos. Os atributos ecomorfológicos calculados encontram-se no Apêndice E.

Uma análise de componentes principais (tabelas no Apêndice E) e uma análise de Cluster foi realizada sobre os dados ecomorfológicos coletados afim de tornar visível a relação entre as diferentes espécies e pontos de coleta. Os gráficos gerados encontram-se nas Figuras 5.48, 5.49, 5.50 e 5.51.

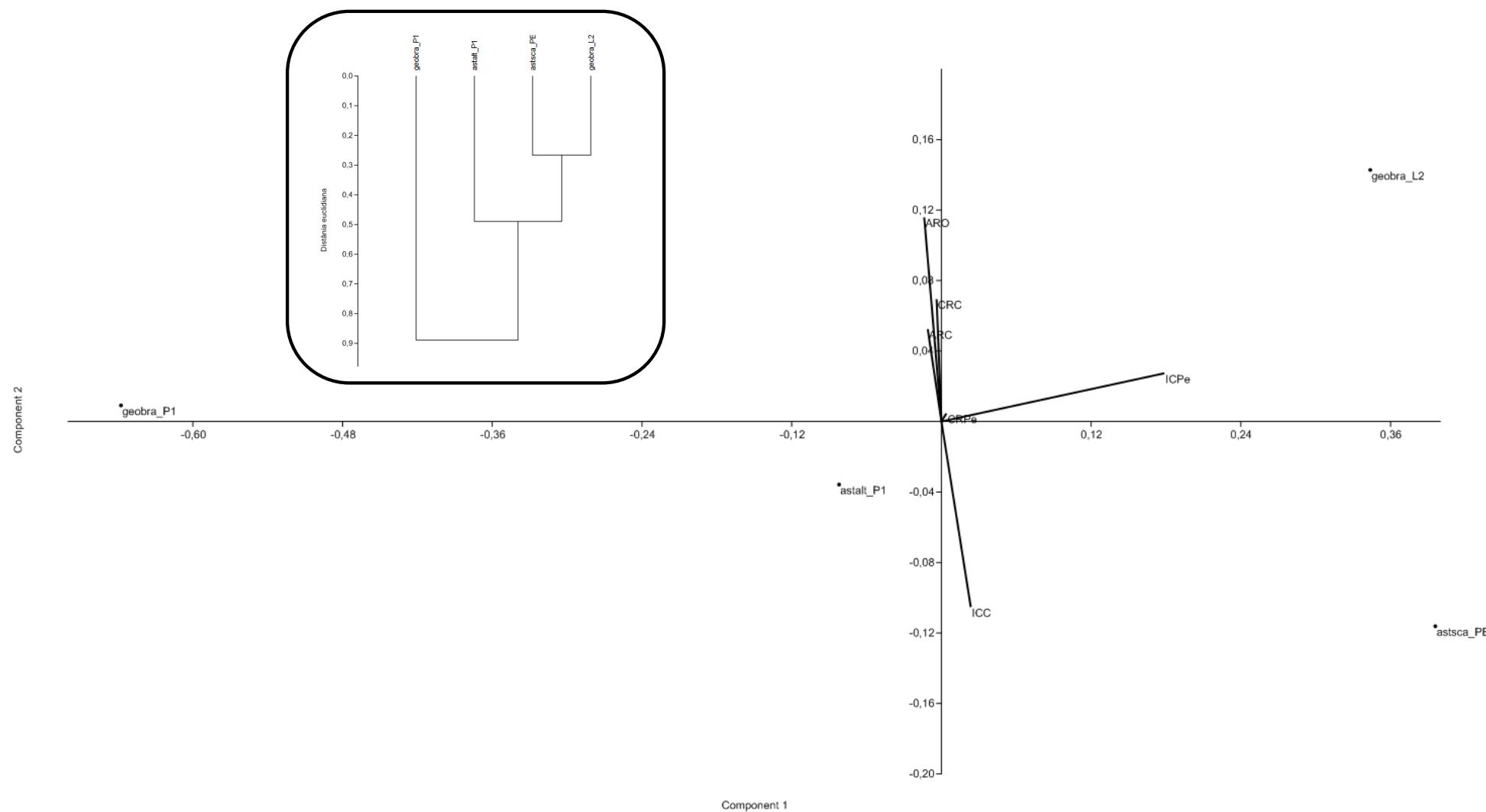


Figura 5.48 – Gráfico da PCA sobre os atributos ecomorfológicos dos indivíduos de peixes capturados na 1^a campanha de coletas (abril/2010) com detalhe para a análise de Cluster dos mesmos atributos.

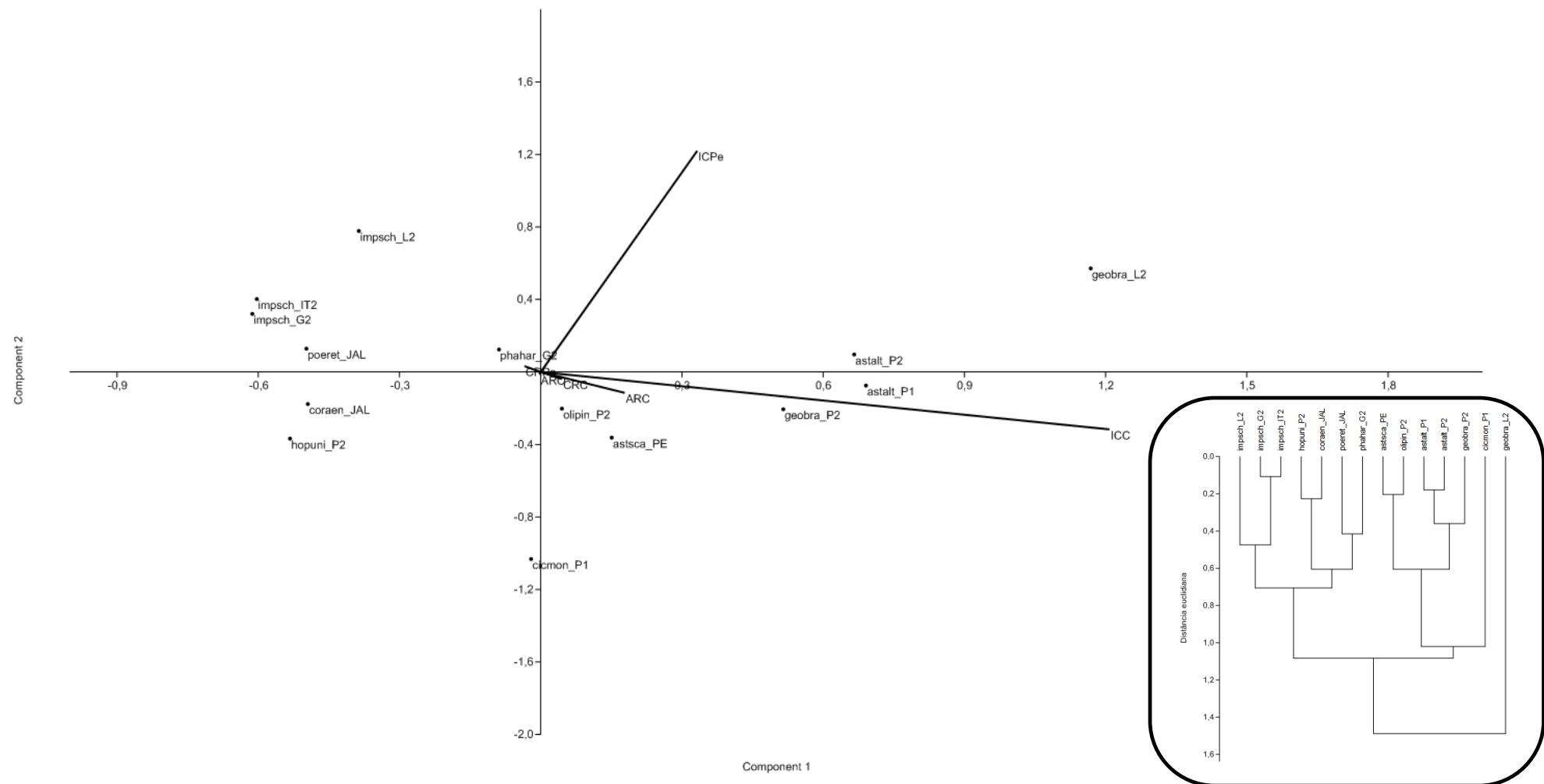


Figura 5.49 - Gráfico da PCA sobre os atributos ecomorfológicos dos indivíduos de peixes capturados na 2^a campanha de coletas (julho/2010) com detalhe para a análise de Cluster dos mesmos atributos.

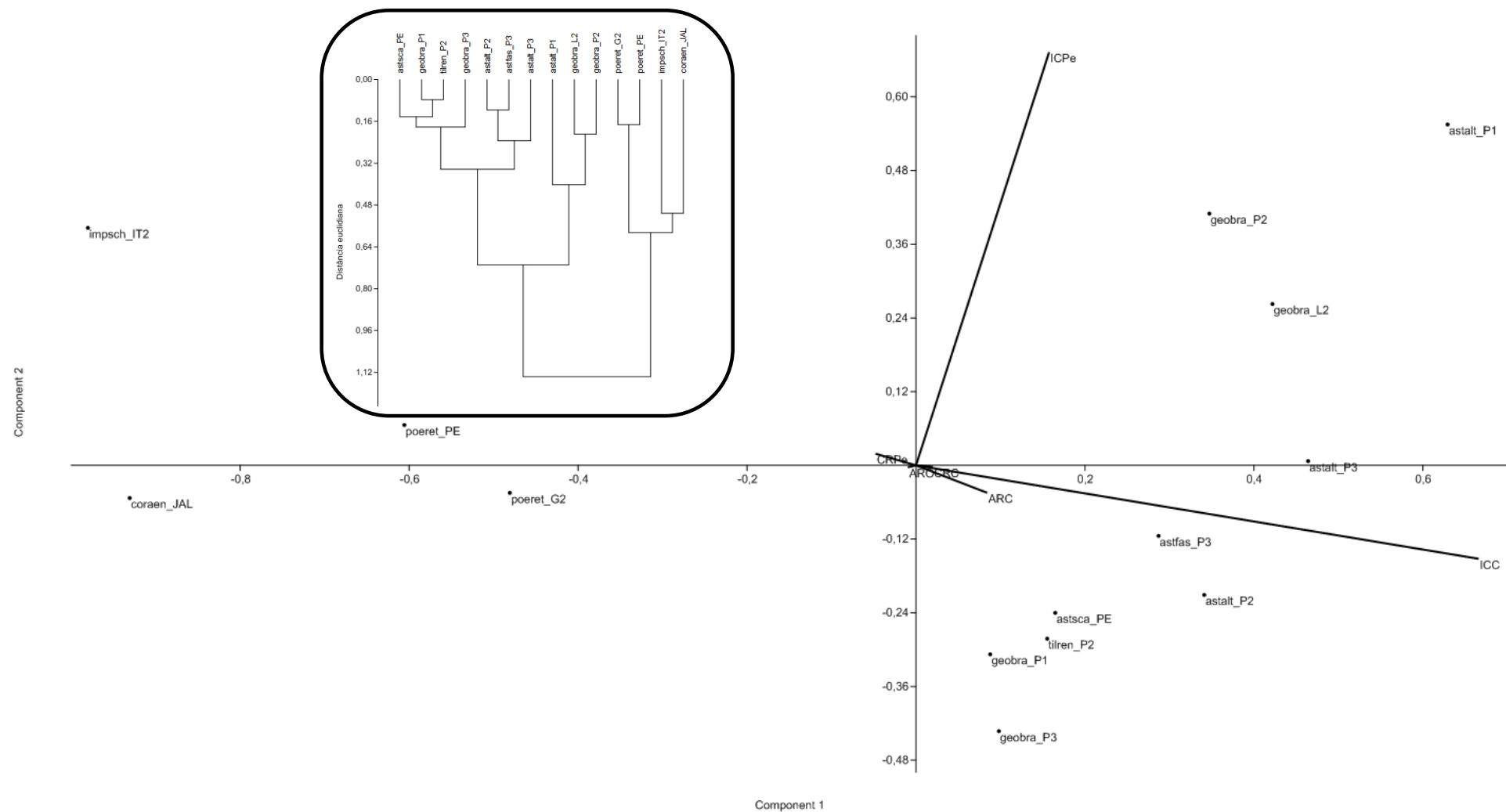


Figura 5.50 - Gráfico da PCA sobre os atributos ecomorfológicos dos indivíduos de peixes capturados na 3^a campanha de coletas (outubro/2010) com detalhe para a análise de Cluster dos mesmos atributos.

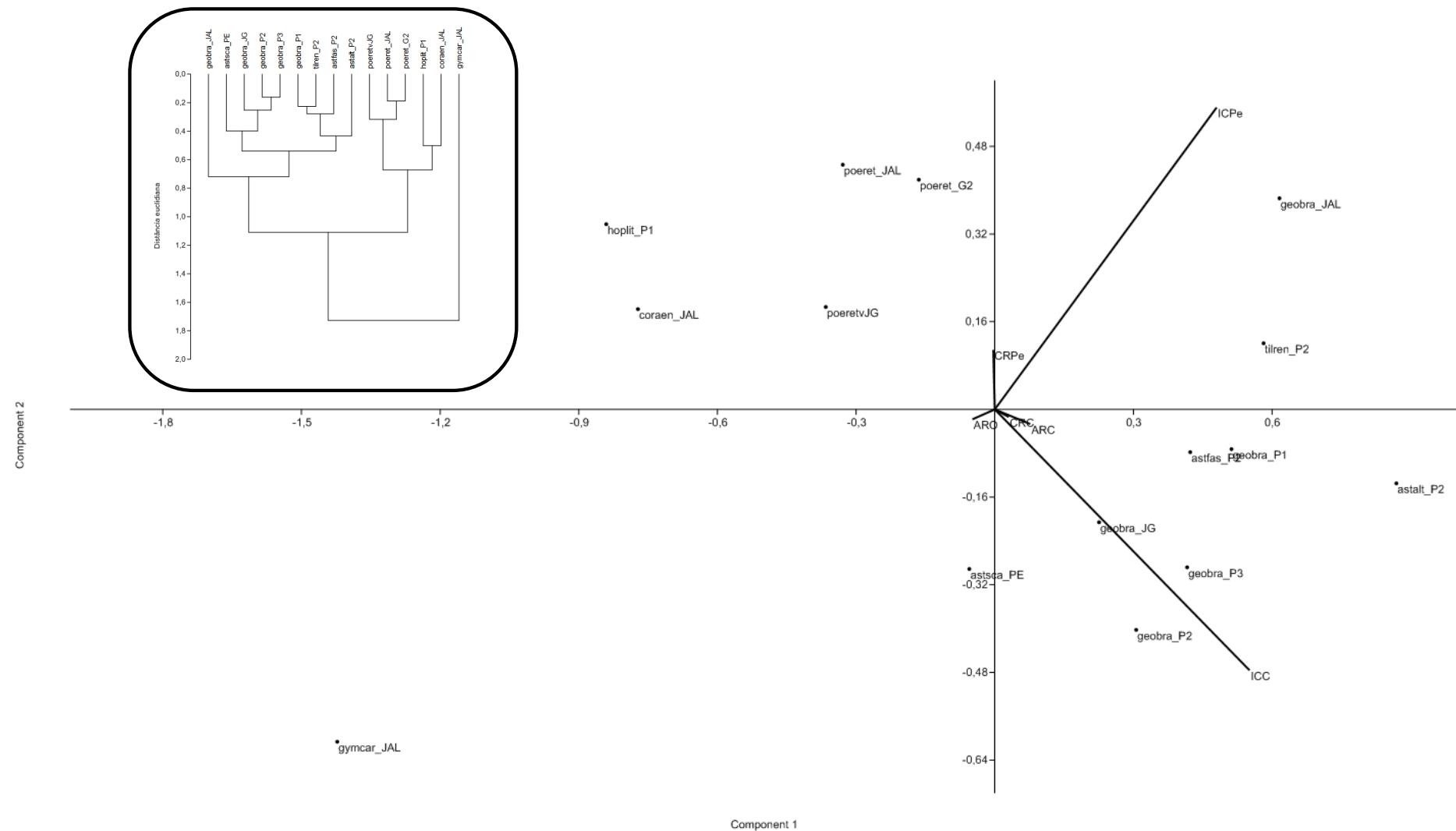


Figura 5.51 - Gráfico da PCA sobre os atributos ecomorfológicos dos indivíduos de peixes capturados na 4^a campanha de coletas (janeiro/2011) com detalhe para a análise de Cluster dos mesmos atributos.

Os dois primeiros componentes (PC1 e PC2) da PCA feita para os atributos ecomorfológicos da 1^a coleta explicam, juntos, 98,23% da variância dos dados. Porém, apenas quatro espécies foram analisadas, em função do baixo número de indivíduos capturados em abril de 2010. Um fato que chama a atenção na avaliação da PCA e da análise de Cluster na Figura 5.48 é a grande diferença entre os carás (*Geophagus brasiliensis*) coletados no ribeirão do Lobo e na represa. Isso se deve ao fato de os carás capturados no ribeirão serem juvenis enquanto que os capturados na represa já apresentavam porte de adultos. As proporções no corpo do peixe mudam durante a fase de crescimento. Dessa forma, de uma maneira geral, não é possível estabelecer relações sólidas entre as espécies coletadas em funções dos pontos de amostragem nas análises ecomorfológicas da 1^a coleta.

Ao avaliar a análise Cluster realizadaa 2^a coleta (Figura 5.49) percebe-se que o tucunaré (*Cichla monoculus*), coletado na estação de amostragem P1, é bastante distinto das demais espécies em relação aos atributos ecomorfológicos. Isso se deve ao fato de esta ser uma espécie exótica no reservatório do Lobo. Porém, em relação a duas espécies capturadas nos pontos da represa, nota-se que estão dentro de um mesmo grupo se o gráfico Cluster for cortado na altura da distância euclidiana de 0,45, sendo elas o tambiú (*Astyanax altiparanae*), coletados nos pontos de amostragem P1 e P2, e o cará (*Geophagus brasiliensis*), coletados no P2. Também fazendo parte da amostragem da represa na 2^a coleta, os saicangas (*Oligosarcus pintoi*), capturados no ponto de coleta P2, e os jeus (*Hoplerythrinus unitaeniatus*), capturados também no P2, estão agrupados com espécies capturadas no tributários da represa. Se o gráfico Cluster for cortado na altura da distância euclidiana de 0,45, o jeu fica agrupado com todas as espécies capturadas no ponto de coleta JAL.

Todos os espécies capturadas em pontos de amostragem da represa, com exceção dos carás capturados no ribeirão do Lobo, fazem parte de um grande grupo se analisarmos o gráfico Cluster na altura euclidiana de 0,8. Isso evidencia a distinção dos peixes capturados na represa e dos peixes capturados nos tributários.

A PCA para a 2^a coleta possui o primeiro componente explicando 59,06% da variância e o segundo componente explicando 37,38%. Ela mostra que o atributo ecomorfológico ICC é fator determinante na semelhança e proximidade das espécies presentes nos pontos de amostragem da represa.

Analizando o gráfico Cluster (Figura 5.50) construído com os atributos ecomorfológicos dos indivíduos capturados na 3^a coleta (outubro de 2010),nota-se uma separação em dois grandes grupos, se cortarmos o gráfico na altura da distância euclidiana de

0,8. O primeiro deles comporta todas as espécies coletadas nos pontos de amostragem do reservatório, além do lambari (*Astyanax scabripinnis*), coletado no ponto de amostragem PE, e o cará (*Geophagus brasiliensis*), coletado no ribeirão do Lobo. Destaca-se que o ponto PE encontra-se logo a jusante de um pequeno reservatório. Além disso, o cará é uma espécie muito abundante na represa do Lobo (29,9% dos indivíduos coletados, conforme mostrado no item 5.5.2).

O outro grande grupo é formado pela espécie *Poecilia reticulata*, capturada nos pontos de amostragem G2 e PE, *Imparfinis schubarti*, capturada no ponto IT2 e *Corydoras aeneus*, no ponto JAL. Essa três espécies foram capturadas, em todas as quatro campanhas de coleta, apenas nos tributários, não sendo registradas na represa.

Assim como na PCA da 2^a coleta, na 3^a coleta o atributo ecomorfológico ICC foi o principal fator diferenciador entre as espécies capturadas na represa e as capturadas nos tributários. O ICPe contribuiu para a semelhança entre as espécies capturadas nos tributários. Os dois primeiros parâmetros (PC1 e PC2) explicam, juntos, 95,96% da variância nessa análise.

A análise Cluster da 4^a coleta (Figura 5.51), assim como na análise da 3^a coleta, permite dividir as espécies capturadas em dois grandes grupos. O primeiro deles formados, em sua maioria, por espécies capturadas em pontos de amostragem localizados na represa *Geophagus brasiliensis* (P1, P2 e P3), *Tilapia rendalli* (P2), *Astyanax fasciatus* (P2) e *Astyanax altiparanae* (P2). Além desses, também integram o grupo o *Geophagus brasiliensis*, que também foi capturado em JAL e JG e o *Astyanax scabripinnis* no PE. Como comentado anteriormente, o cará (*Geophagus brasiliensis*) é uma espécie abundante na represa e o PE está localizado a jusante de uma pequena barragem. O segundo grupo é formado por espécies capturadas nos tributários, além do tamboatá (*Hoplosternum littorale*), capturado no P1.

Como nos casos anteriores, o atributo ecomorfológico ICC é o principal responsável pela semelhança entre as espécies que habitam a represa, enquanto que o ICPe é responsável pela similaridade entre as espécies dos tributários. As duas principais componentes da PCA explicam, juntas, 94,04 % da variância.

Conclui-se, pelas análises de Cluster e PCA dos atributos ecomorfológicos dos indivíduos coletados, que pode-se diferenciar os peixes que habitam a represa e os que habitam os rios. As características corpóreas de cada espécie podem ser usadas como indicadores do habitat de cada uma e justificar o tipo de alimentação dos peixes de acordo com as adaptações evolutivas para as diversas adversidades na busca de alimento.

5.5.5 Conteúdo estomacal

Nas análises de conteúdo estomacal, foram analisados 10 estômagos de peixes da mesma espécie por ponto de coleta. No caso das espécies que apresentaram menos de 10 indivíduos por ponto, todos esses indivíduos foram analisados. Porém, para se obter uma análise estatística consistente, a amostra deve ser grande. Dessa forma, espécies com 1 ou 2 indivíduos por ponto de coleta foram desconsideradas.

A partir do método gráfico de Costello (1990) modificado por Amundsen et al. (1996), gerou-se os gráficos das Figuras 5.52, 5.53, 5.54 e 5.55 (1^a coleta, 2^a coleta, 3^a coleta e 4^a coleta, respectivamente).

No caso da 1^a coleta, observa-se que o *Geophagus brasiliensis*, tanto do Ribeirão do Lobo quanto da Represa, e o *Astyanax scabripinnis*, do córrego das Perdizes, não apresentaram itens alimentares com mais de 50% de dominância em suas dietas. Isso indica a grande variabilidade de alimentos consumidos por esses peixes. A frequência de ocorrência dos itens alimentares ficou bem distribuída no gráfico, varrendo toda a extensão do eixo X. Dessa forma constata-se a presença tanto de itens alimentares muito comuns à espécie quanto itens mais específicos, que apenas alguns poucos indivíduos ingeriram. A captura de poucos indivíduos na 1^a coleta impossibilita uma análise mais profunda da relação do conteúdo estomacal dessa coleta com a degradação ambiental da bacia hidrográfica.

Porém, na 2^a coleta, a espécie *Imparfinis schubarti* teve indivíduos suficientes para análise de conteúdo estomacal nos pontos de coleta localizados no Ribeirão do Lobo, Córrego Geraldo e Rio Itaqueri. No Ribeirão do Lobo e no Rio Itaqueri percebe-se a ocorrência de quironomídeos em 100% dos estômagos. Ambientes eutrofizados e poluídos podem ser fatores limitantes para grande parte dos insetos aquáticos, porém, os quironomídeos são um pouco mais resistentes. Dessa forma, o Ribeirão do Lobo e o Rio Itaqueri apresentam indícios biológicos de poluição.

A presença de quironomídeos na dieta do *Imparfinis schubarti* com grande frequência de ocorrência no ponto de amostragem do Rio Itaqueri permaneceu na 3^a coleta. Não foram capturados indivíduos dessa espécie em número suficiente para análise no ponto do Ribeirão

do Lobo, porém a espécie *Geophagus brasiliensis*, nesse ponto, apresentou em sua dieta grande quantidade de quironomídeos.

A única espécie que teve número de indivíduos suficientes para análise do conteúdo estomacal nas quatro coletas em um mesmo ponto de amostragem foi *Astyanax scabripinna*, no Córrego das Perdizes. Percebe-se os copépodos como um dos principais itens na dieta dessa espécie nesse ponto na 1^a e 2^a coletas. Já nas coletas seguintes isso não ocorreu. A variação na dieta dessa espécie pode ser consequência do período chuvoso ocorrido na 3^a e 4^a coleta.

Como mencionado no item 5.5.2, as espécies do gênero *Astyanax* foram as mais frequentes nas coletas, tanto nos pontos de amostragem da represa quanto dos tributários. Por elas serem consideradas generalistas, fato confirmado pela grande variedade de alimentos encontrados nos estômagos dos indivíduos desse gênero capturados nessa pesquisa, indicam possível degradação ambiental dos corpos d'água da bacia hidrográfica da represa do Lobo.

Pianka (1970, apud DUFECH, 2009) propôs a teoria dos ambientes r e K selecionadores, que relaciona a ocorrência de espécies generalistas ou especialistas com ambientes degradados ou conservados, respectivamente. Segundo DUFECH (op cit), essa teoria, juntamente com a ideia de “amadurecimento” dos ecossistemas com o surgimento de novos nichos e espécies cada vez mais especializadas, permite associar a ocorrência de generalistas em ambientes instáveis e de especialistas em lugares com maior instabilidade. Isso torna a associação do tipo de espécie, quanto à alimentação, ao nível de qualidade ambiental de determinado ambiente uma ferramenta consistente.

O barrigudinho (*Poecilia reticulata*) apresentou, de uma maneira geral e considerando todos os períodos de coleta, uma maior variedade de alimentos nos estômagos analisados dos indivíduos coletados no córrego Geraldo e no rio Jacaré-Guaçu do que nos estômagos dos indivíduos capturados na junção dos córregos Água Branca e Limoeiro (ponto de coleta JAL). Dessa forma, uma menor diversidade de alimentos foi encontrada em estômagos de peixes capturados em habitat considerado degradado e uma diversidade maior encontrada nos indivíduos de pontos menos degradados. Resultados semelhantes foram encontrados por Dufech (2009).

Fragmentos de insetos terrestres apresentaram frequência de ocorrência e abundância relativamente altos em diversos casos (*Astyanax altiparanae* na represa e *Imparfinis schubarti* no ribeirão do Lobo, por exemplo). Esse é um indicador de que a vegetação ripária ainda exerce influência significativa sobre a bacia. A presença de materiais terrestres na alimentação

dos organismos aquáticos está intimamente ligada com a intensidade de contato entre a vegetação marginal e o rio (Bastos, 2007 e Dufech, 2009).

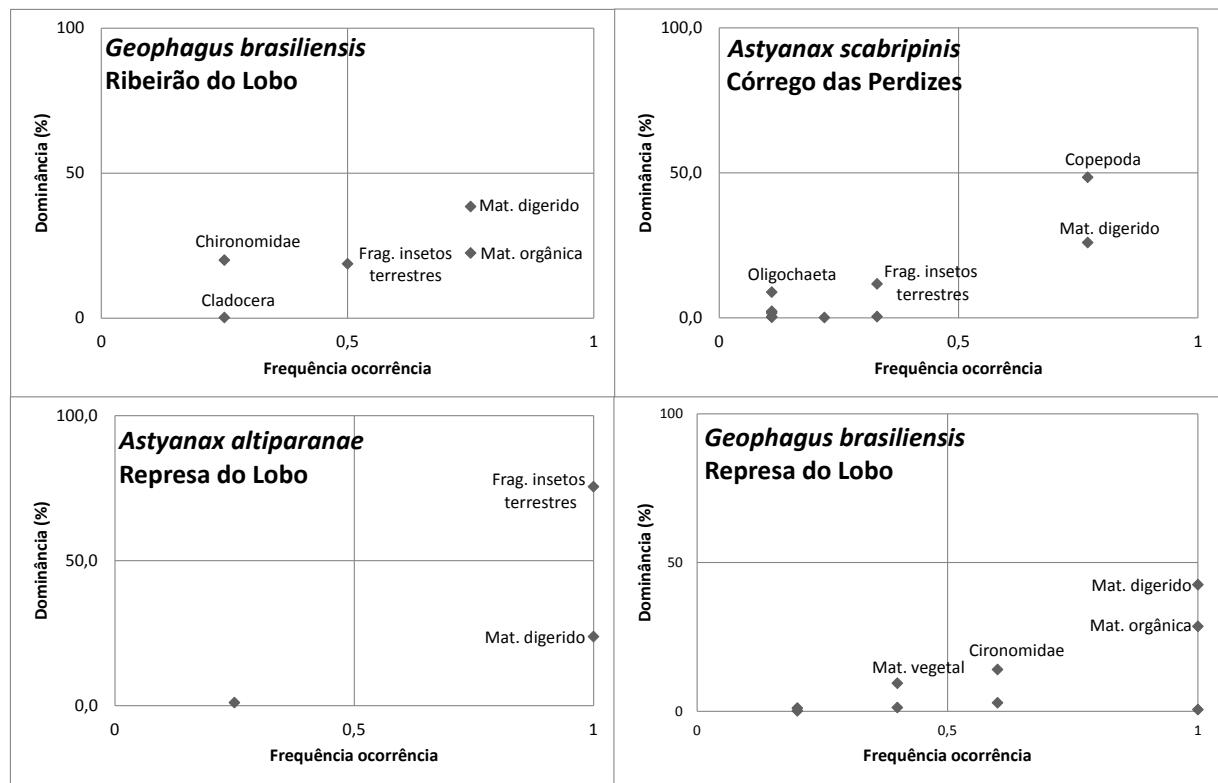


Figura 5.52 - Representação gráfica dos itens alimentares distribuídos de acordo com a frequência de ocorrência (eixo X) e abundância relativa (eixo Y) das espécies amostradas na 1^a coleta

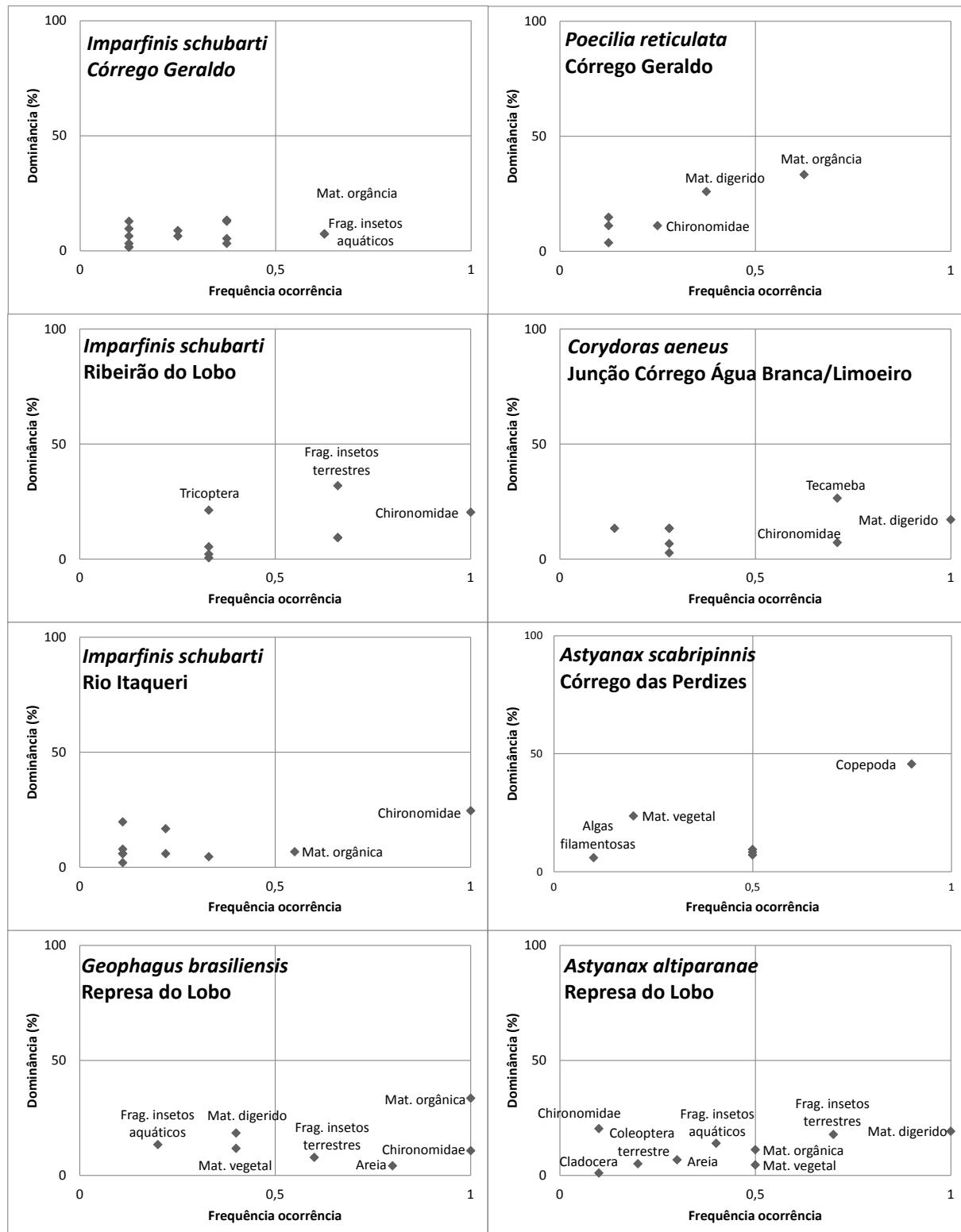


Figura 5.53 - Representação gráfica dos itens alimentares distribuídos de acordo com a frequência de ocorrência (eixo X) e abundância relativa (eixo Y) das espécies amostradas na 2^a coleta

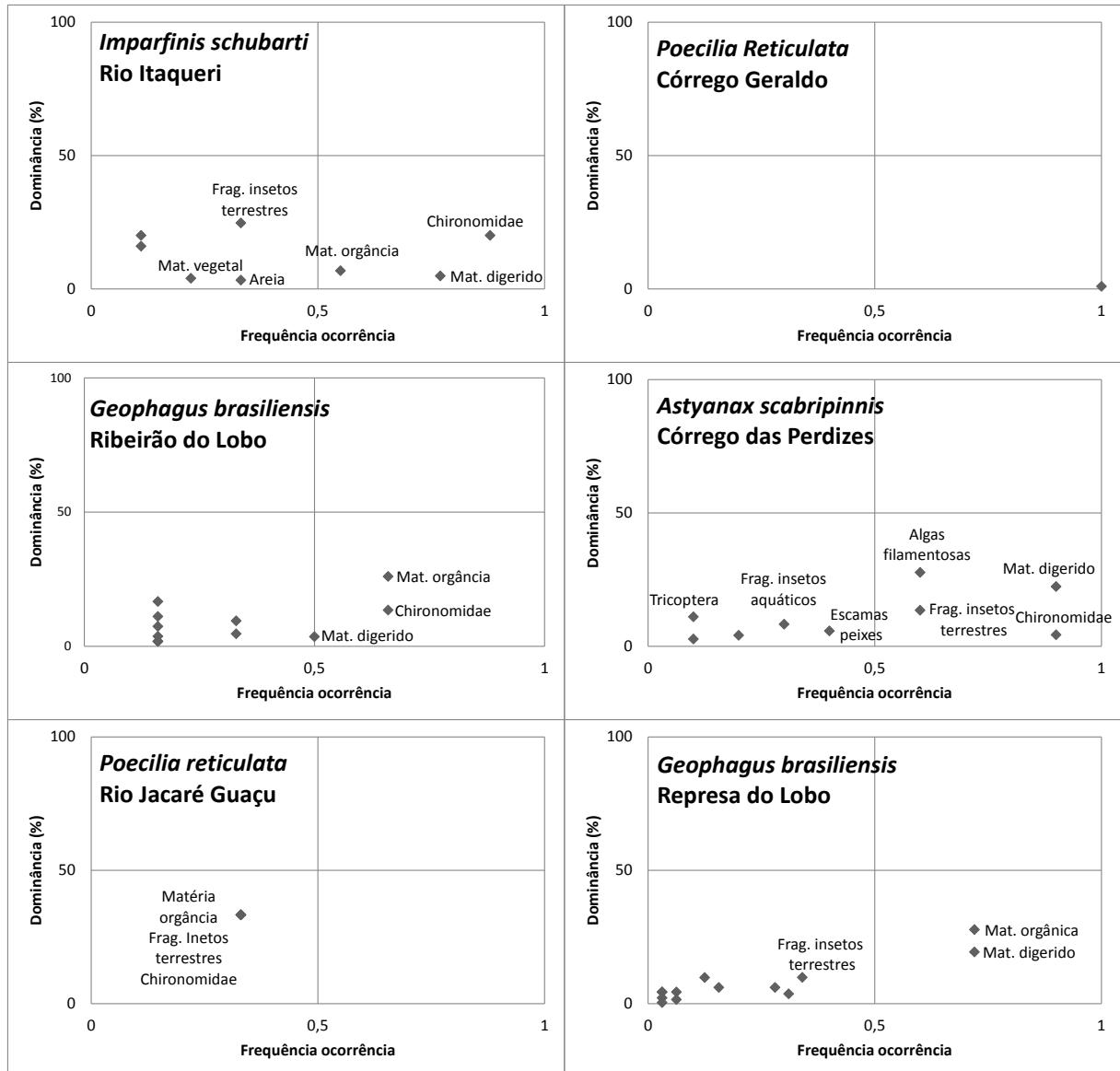


Figura 5.54 - Representação gráfica dos itens alimentares distribuídos de acordo com a frequência de ocorrência (eixo X) e abundância relativa (eixo Y) das espécies amostradas na 3^a coleta

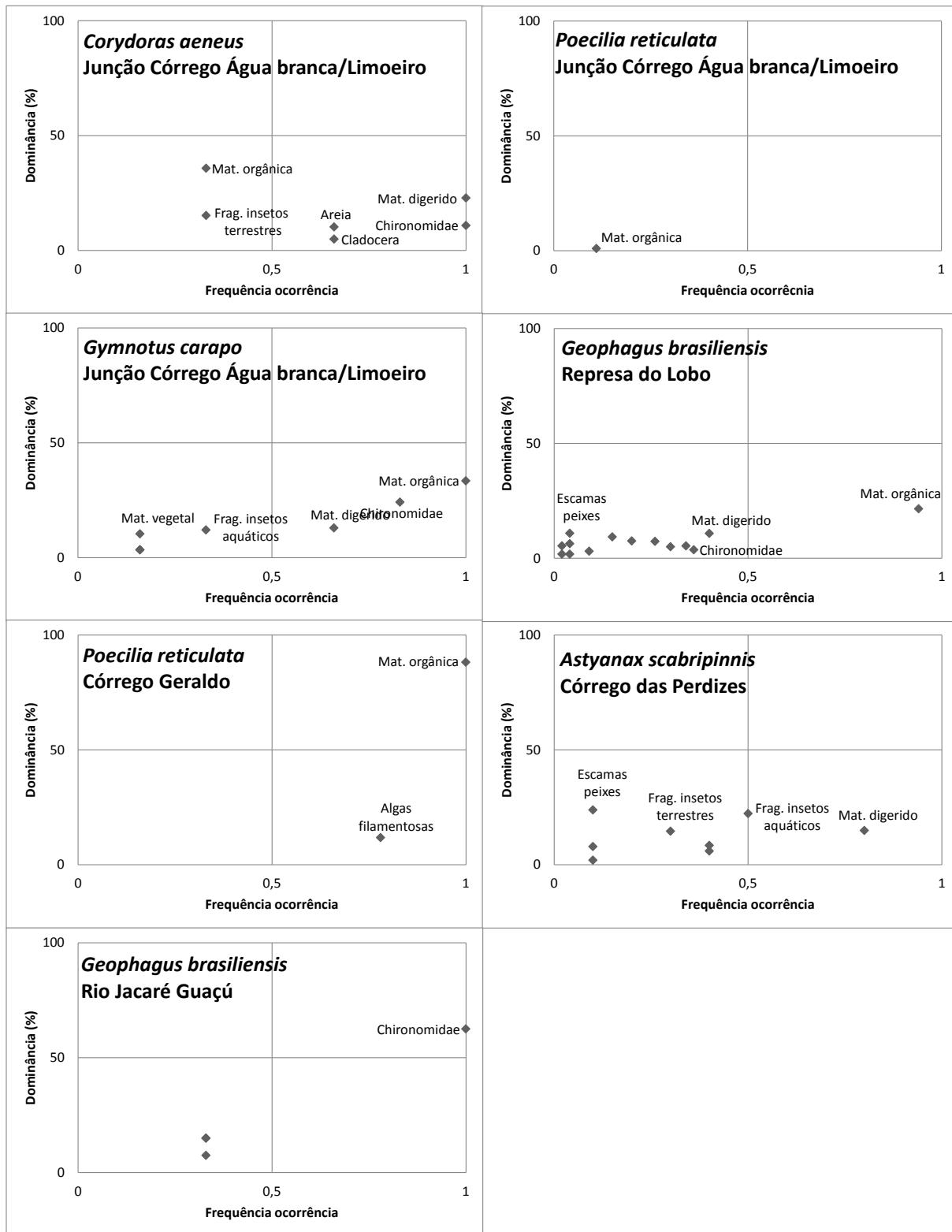


Figura 5.55 - Representação gráfica dos itens alimentares distribuídos de acordo com a frequência de ocorrência (eixo X) e abundância relativa (eixo Y) das espécies amostradas na 4^a coleta

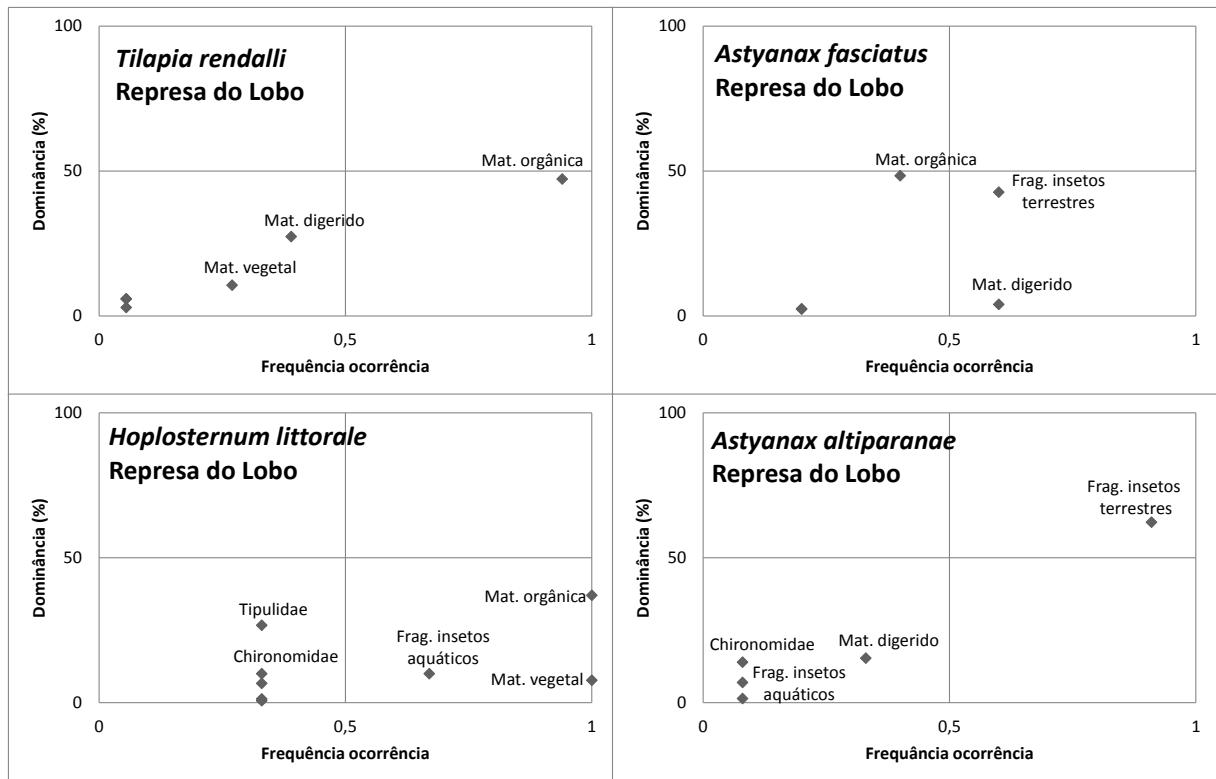


Figura 5.55—(Continuação)

6 CONCLUSÕES

- As análises limnológicas da água revelaram que os pontos de coleta JAL e AB são os mais degradados. O lançamento de esgoto doméstico com tratamento precário logo a jusante do ponto JAL contribui para essa deteriorização. Em relação ao ponto de amostragem AB, verifica-se que este tem em sua região de entorno criação de animais e agricultura, o que é muito comum na bacia hidrográfica da represa Carlos Botelho (Lobo-Broa). Entre os pontos considerados mais preservados, o IT1 e L1 são os mais degradados.
- As análises de metais da água demonstram que durante a 1^a e 2^a coletas as concentrações de metais, de um modo geral, foram elevadas, muitas vezes próximo ou acima do permitido pela resolução CONAMA 357/05. Na 3^a e 4^a coleta esse quadro foi modificado, com concentrações de metais menores. Isso pode ser devido ao fato de que o período de chuvas, que englobou a 3^a e 4^a coletas, aumentou a vazão dos corpos d'água, diminuindo, assim, a concentração dos metais (processo de diluição).
- Os pontos de amostragem podem ser separados em três grupos quanto ao nível de degradação ambiental, de acordo com a avaliação das análises estatísticas das variáveis limnológicas da água. O primeiro deles é formado pelos pontos de coleta LIM, G1 e PE, que apresentaram um baixo nível de degradação, consequência da presença de vegetação ciliar preservada, no caso dos dois primeiros pontos, e ausência de lançamentos significativos de efluentes. O segundo grupo (IT1, IT2, L1, L2, G2, AB1, R1, R2, R3 e JG) apresentou um nível intermediário de degradação, resultado dos impactos dos usos e ocupação do solo no entorno. O terceiro grupo, formado apenas pelo ponto de amostragem JAL, apresenta estado avançado de degradação dos seus ecossistemas aquáticos, sendo a principal causa o lançamento do esgoto doméstico da cidade de Itirapina.
- As análises limnológicas do sedimento não mostraram de forma evidente, como nas análises limnológicas da água, os rios mais degradados. Os pontos de amostragem localizados na represa apresentaram concentrações mais elevadas de nutrientes, o que é natural para ambientes lênticos. A granulometria da represa revelou a composição por frações finas de sedimento, o que facilita a adsorção de metais nas amostras, o que foi comprovado nas análises de metais.

- Quanto aos parâmetros físicos e químicos dos sedimentos, sua análise estatística reforçou as diferenças existentes entre os ecossistemas lóticos e lênticos da bacia hidrográfica. É possível separar os pontos de amostragem de sedimento da bacia hidrográfica em dois grupos distintos, sendo o primeiro formado pelos rios e córregos da bacia (IT1, IT2, L1, L2, G1, G2, AB, LIM, JAL, PE e JG) e o segundo grupo composto por aqueles localizados na represa (R1, R2 e R3). Os pontos de amostragem do segundo grupo, devido a sua composição granulométrica, armazenam maior quantidade de matéria orgânica, nutrientes e metais, funcionando como um depósito de contaminantes que podem ser liberados posteriormente para a coluna d'água. A constante movimentação de barcos na represa pode revolver o sedimento, dispersando as partículas na água.
- O protocolo de avaliação de habitat demonstrou que os pontos de coleta PE e LIM são os mais modificados antropicamente, sendo que a ausência de vegetação e sua extensão reduzida foram os principais fatores determinantes nessa classificação. Por um lado, os pontos de coleta L2, LIM e G1 caracterizam-se por apresentar vegetação ciliar preservada, a qual é responsável por amenizar os efeitos negativos exercidos pela paisagem do entorno, marcada pelo predomínio de plantações de cana-de-açúcar e cultivo de *Eucalyptus* e *Pinus*.
- A diversidade de peixes, bem como sua densidade, encontrada na região é inferior às que foram obtidas em estudos anteriores (ALBINO, 1987 e MARINELLI, 2002), indicando a exposição cada vez mais constante da bacia hidrográfica a estresses provocados por agentes antrópicos.
- A presença de barrigudinhos (*Poecilia reticulata*) com grande abundância nos pontos de amostragem G2, JG e JAL indicam degradação ambiental, uma vez que esta espécie apresenta maior resistência aos elementos estressores.
- A alta frequência relativa das espécies do gênero *Astyanax*, tanto na represa quanto nos tributários, indica degradação ambiental da bacia hidrográfica, uma vez que se tratam de espécies de hábito alimentar generalista ou ainda o caráter mais oportunista da espécie.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 7181 - Solo - Análise Granulométrica:** 13 p. 1984.

AGOSTINHO, A. A.; BINI, L. M.; GOMES, L. C. Ecologia de comunidades de peixes da área de influência do reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A. A. e GOMES, L. C. (Ed.). **Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo.** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p.97-111.

AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. O manejo da pesca em reservatórios da bacia do Alto Rio Paraná: avaliação e perspectivas. In: NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R., et al (Ed.). **Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascatas.** 2. São Carlos: RiMa, 2006. p.23-55.

ALBINO, A. L. D. **Estudo sobre a fauna de peixes da bacia do rio Jacaré-Guaçu (estado de São Paulo) com uma avaliação preliminar dos efeitos de dois barramentos.** 1897. Dissertação (Mestrado). Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. **Stream ecology: structure and function of running waters.** Springer, 2007. ISBN 140205582X.

AMORIN, D. A. **Levantamento de voçorocas e mineradoras na bacia do Alto rio Jacaré-Guaçu, propostas para recuperação.** 1997. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

AMUNDSEN, P. A.; GABLER, H. M.; STALDVIK, F. J. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data—modification of the Costello (1990) method. **Journal of fish biology**, v. 48, n. 4, p. 607-614, 1996. ISSN 1095-8649.

ANDERSEN, J. M. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. **Water Research**, v. 10, n. 4, p. 329-331, 1976. ISSN 0043-1354.

ANGELOTTI-NETTO, A. et al. Metais pesados provenientes da atividade agrícola: formas, prevenção e controle. In: ESPÍNDOLA, E. L. G. e WENDLAND, E. (Ed.). **Bacia hidrográfica: diversas abordagens de pesquisa.** São Carlos: RiMa, v.3, 2004. p.1-16. (Série Ciências da Engenharia Ambiental).

APHA. **Standard methods for the examination of water & wastewater.** Washington: APHA/AWA, 1995.

ARAÚJO, F. G. Adaptação do índice de integridade biótica usando a comunidade de peixes para o rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, p. 547-558, 1998. ISSN 0034-7108.

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

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

BANNEMANN, S. T. et al. **Ocorrência e ecologia trófica de quatro espécies de *Astyanax* (Characidae) em diferentes rios da bacia do rio Tibagi, Paraná, Brasil.** Iheringia, Sér. Zool. Porto Alegre. 95 2005.

BARRELLA, W. **Alterações das comunidades de peixes nas bacias dos rios Tietê e Paranapanema (SP), devido à poluição e ao represamento.** 1998. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro.

BASTOS, M. C. **Biologia de *Knodus moenkhausii* (Teleostei, Characidae) em riachos do Alto Paraná: alimentação, ocorrência e reprodução** 2007. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São José do Rio Preto.

BINI, L. M.; BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. Análises multivariadas e Limnologia: Exploração, síntese e inferência de um mundo aquático complexo. **Amostragem em Limnologia**, 2004.

BUCKUP, P. A.; MENEZES, N. A.; GHAZZI, M. S. **Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil.** Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007.

CAMPAGNA, A. F. **Toxicidade dos sedimentos da bacia hidrográfica do rio Monjolinho (São Carlos - SP): ênfase nas substâncias cobre, aldrin e heptacloro.** 2005. Dissertação (Mestrado). Departamento de Ciências Básicas, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

CASTRO, R. M. C. et al. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do rio Grande no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. **Biota Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 57-95, 2004.

CETESB. Relatório de qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2009. São Paulo, 2010. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/publicacoes/publicacoes.asp> >. Acesso em: 17 jan. 2011.

CONAMA. **Resolução CONAMA 302 de 20 de março de 2002**: Diário Oficial da União: 67-68 p. 2002.

_____. **Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005**: Diário Oficial da União 2005.

CORBI, J. J. et al. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 61-65, 2006.

COSTELLO, M. J. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. **Journal of fish biology**, v. 36, n. 2, p. 261-263, 1990. ISSN 1095-8649.

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

DUDGEON, D. **Tropical Stream Ecology**. Amsterdam: Academic Press - Elsevier, 2008.

DUFESH, A. P. S. **Uso de assembléias de peixes como indicadoras da degradação ambiental nos ecossistemas aquáticos do delta do rio Jacuí, RS**. 2009. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ESPÍNDOLA, E. L. G.; BRIGANTE, J. **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003.

ESTEVES, F. D. A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência: FINEP, 1988.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHMSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters**. Oxford: Blackwell Scientific, 1978.

GOULDING, M. **The fish and the forest**. Berkeley: University of California 1980.

HAHN, N. S. **Alimentação e dinâmica da nutrição da curvina *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Pisces, Perciformes) e aspectos da estrutura trófica da ictiofauna acompanhante no rio Paraná.** 1991. Tese (Doutorado). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 4. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

JÚLIO JR., H. F. et al. Distribuição e caracterização dos reservatórios. In: RODRIGUES, L.;THOMAZ, S. M., et al (Ed.). **Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais.** São Carlos: RiMa, 2005. p.1-16.

KARR, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities. **Fisheries**, v. 6, n. 6, p. 22-27, 1981.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSOHOFF, K.;KREMLING, K., et al (Ed.). **Methods of seawater analysis**, 1976. p.117-181.

LEONEL, L. F. **Utilização de bioensaios ecotoxicológicos com *Danio rerio* (Cypriniformes, Cyprinidae) e análises limnológicas para a avaliação dos ecossistemas aquáticos na bacia hidrográfica dos rios Itaqueri/Lobo (Itirapina/Brotas, SP).** 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

LOWE-MCCONNEL, R. H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais.** São Paulo: Edusp, 1999.

LYONS, J. et al. Index of Biotic Integrity Based on Fish Assemblages for the Conservation of Streams and Rivers in West-Central Mexico. **Conservation Biology**, v. 9, n. 3, p. 569-584, 1995. ISSN 1523-1739.

MACKERETH, F. J. H.; HERON, J.; TALLING, J. F. Water analysis: some revised methods for limnologists. **Freshwater Biological Association**, n. 36, 1978.

MARINELLI, C. E. **Estrutura da comunidade, habitats e padrões de distribuição da ictiofauna em ecótonos do reservatório do Broa, SP.** 2002. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

MELO, A. S. Diversidade de macroinvertebrados em riachos. In: CULLEN-JR., L.;VALLADARES-PÁDUA, C., et al (Ed.). **Métodos de estudo em biología da conservação e manejo da vida silvestre.** Londrina: Editora da UFPR, 2003. p.69-90.

MENDES, F. L. S.; BARTHEM, R. B. **Hábitos alimentares de bagres marinhos (*Siluriformes: ariidae*) do estuário amazônico.** *Amazônia: Ci. & Desenv.* Belém. 5: 153-166 p. 2010.

MILLER, J. N.; MILLER, J. C. **Statistics and chemometrics for analytical chemistry.** Prentice Hall, 2005. ISBN 0131291920.

NORA, E. L. D. et al. Caracterização ambiental dos usos e ocupação da terra em zonas de amortecimento de uma área natural legalmente protegida. Estudo de caso: Estação Ecológica de Itirapina. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14 (SBSR),** p. 5733-5740, 2009. ISSN 8517000447.

NORTON, S. F.; LUCZKOVICH, J. J.; MOTTA, P. J. The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. **Environmental Biology of Fishes,** v. 44, n. 1-3, p. 287-304, 1995. ISSN 0378-1909.

OREA, D. G. *Medio físico y la planificación.* **CIFCA Cuadernos,** v. 10, 1978.

PORTE, R. D. M. **Hidráulica básica.** 4. São Carlos: Projeto REENGE (EESC-USP), 2006.

RIBEIRO FILHO, A. R. **Caracterização de dietas alimentares de peixes predadores em açudes de Pernambuco e no lago Paranoá.** 1999. Monografia (Graduação). Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco

RIBEIRO, M. C. L. B. **Conservação da integridade biótica das comunidades de peixes do Ribeirão Gama: área de proteção ambiental (APA) Gama/Cabeça de Veados.** 1994. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Rio Claro.

RINALDI, S. A. **Uso de Macroinvertebrados bentônicos na avaliação do impacto antropogênico às nascentes do Parque Estadual do Jaraguá, São Paulo, SP.** 2007. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

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

SANCHEZ, A. L. **Análise de risco ecológico para o diagnóstico de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos continentais tropicais.** 2012. 200 Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SILVA, D. A. D. **Levantamento do meio físico das estações ecológica e experimental de Itirapina, São Paulo, Brasil.** *Revista Inst. Flor.* 17: p113-128 p. 2005.

SILVÉRIO, P. F. **Participação, biodisponibilidade e toxicidade de metais pesados a organismos bentônicos em sedimentos.** 1999. 77 Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

SMITH, W. S. **Estrutura da comunidade de peixes da bacia do rio Soocaba-SP em diferentes situações ambientais.** 1999. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

SMITH, W. S. et al. Impactos dos reservatórios do médio e baixo Rio Tietê (SP) na composição das espécies de peixes e na atividade de pesca In: ESPÍNDOLA, E. L. G.;MAUAD, F. F., et al (Ed.). **Recursos hidroenergéticos: usos, impactos e planejamento integrado** São Carlos: RiMa, 2002. p.57-72.

SOUZA, D. A. **Bacia do ribeirão e represa do lobo: bases ecológicas para o planejamento regional, manejo e conservação.** 1993. Tese (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

TEIXEIRA, I.; BENNEMANN, S. T. Ecomorfologia refletindo a dieta dos peixes em um reservatório no sul do Brasil. **Biota Neotrop.**, v. 7, n. 2, p. 67-76, 2007.

TRINDADE, M. **Nutrientes em sedimento da represa do Lobo (Brotas-Itirapina/SP).** 1980. 219 Dissertação (Mestrado). Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

TUNDISI, J. G. Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios - Estudos de caso e perspectivas. In: NOGUEIRA, M. G.;HENRY, R., et al (Ed.). **Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascatas.** 2. São Carlos: RiMa, 2006. p.1-21.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

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

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological analyses.** New York: Springer Verlag, 1991.

TRABALHOS CITADOS NÃO CONSULTADOS

ALLAN, J. D. **Stream ecology - structure and function of running waters.** Chapman & Hall, 1997.

ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, n. 41, 1964.

BOON, P. J. Essential elements in the case for the river conservation. In: BOON P. J., C. e PETTS, G. E. (Ed.). **River conservation and management** New York: John Wiley & Sons 1992. p.p 11-36.

BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. **Elementos de ciência do ambiente**. 2. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987.

DAHM, C. N. Pathways and mechanisms for removal of dissolved organic carbon from leaf leachate in streams. Can. J. Fish. Aquat. Sci. In: ALLAN, J. D. (Ed.). **Stream ecology - structure and function of running waters.** London: Chapman & Hall, 1981. p.68-76.

DIAS, L. E.; VARGAS DE MELO, J. W., Eds. **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa - Depto. de Solos. Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p.251ed. 1998.

FIGUEROA, F. E. V. **Avaliação econômica de ambientes naturais-o caso das áreas alagadas-uma proposta para a represa do Lobo (Broa)-Itirapina-SP.** 1996. 143 Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

FREIRE, O. et al. **Solos da bacia do Broa.** 1980. Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

GORDON, N. D.; MCMAHON, T. A.; FINLAYSON, B. L. **Stream hydrology: an introduction for ecologists.** John Wiley and Sons Ltd, 1991. ISBN 0471930849.

GREEN, J. Freshwater ecology in the Mato Grosso, Central Brazil, IV: Associations of testate Rhizopoda. **Journal of Natural History**, v. 9, n. 5, p. 545-560, 1975. ISSN 0022-2933.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

HUTCHINSON, G. E. **A treatise on limnology. I Geography, physics and chemistry.** New York: John Wiley, 1957.

LORANDI, R. et al. Interpretação do levantamento de solos da bacia da represa do Lobo para fins de estudos ecológicos. Anais do Seminário Regional de Ecologiam UFSCar, 1983, São Carlos. p.333-341.

MARTINS, R. C. **Caracterização do padrão agrícola da bacia do Ribeirão do Lobo.** 2000. (Trabalho apresentado à disciplina "Ecologia Teórica"). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

MENDES, J. C.; PETRI, S. **Geologia do Brasil.** Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro, MEC, 1971.

MORAES, E. M. **Ciclo sazonal, distribuição horizontal e vertical e interrelações ecológicas de nutrientes da represa do Lobo (Brotas-Itirapina.SP).** 1978. 153p Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

NISHIYAMA, L. **Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos, SP.** 1991. 228 p Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

NRIAGU, J. O.; SPRAGUE, J. B. Cadmium in the aquatic environment. **Advances in Environ. Sci. and Technol.**, v. 19, p. 272, 1987.

OLIVEIRA, J. B.; PRADO, H. **Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos-SP. Memorial Descritivo e Cartas de Solos (Boletim Técnico 98).** Campinas: IAC: 188 p. 1984.

PIANKA, E. R. On r and K selection. *American naturalist*, v. 104, n. 940, p. 592-597, 1970.

PULITANO, F. M. Proposta de manejo dos fragmentos florestais e de recomposição ciliar das margens da represa do Lobo - Itirapina, SP. In: ESPÍNDOLA, E. L. G. (Ed.). **Bacia do ribeirão do Lobo (Broa): subsídios para o planejamento com base no desenvolvimento sustentável.** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.

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. 237 p Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

RIGOLIN-SÁ, O. **Toxicidade do herbicida Roundap® (glifosfato) e do acaricida Omite® (propargito) nas fases iniciais da ontogenia do bagre, *Rhandia hilari* (VALENCIENNES, 1840) (Pimelodidae, Siluriforme).** 1998. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

SCHUMM, S. A. **The fluvial system.** New York: John Wiley and Sons, 1977.

SOARES, D. A. et al. **Geologia do Nordeste do estado de São Paulo.** Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Geologia. Aracajú: p209-236 p. 1973.

SOUZA, M. H. A. O. **Alguns aspectos ecológicos da vegetação na região perimetral da Represa do Lobo (Brotas-Itirapina, SP).** 1977. 369 Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo

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

TRINDADE, M. **Nutrientes em sedimento da represa do Lobo (Brotas-Itirapina/SP).** 1980. 219 Dissertação (Mestrado). Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. The Lobo-Broa ecosystem research. In: **TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M., et al (Ed.). Limnology in Brazil.** Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences and Brazilian Limnological Society, 1995. p.p 219-243.

U.S. EPA. **Quality criteria for water** 1976.

VANNOTE, R. L. et al. The river continuum concept. **Canadian journal of fisheries and aquatic sciences**, v. 37, n. 1, p. 130-137, 1980. ISSN 0706-652X.

APÊNDICE A – DADOS NUMÉRICOS DAS VARIÁVEIS LIMNOLOGICAS DA ÁGUA

Tabela A.1 - Valores de pH das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	5,73	5,01	5,16	3,92	5,31	3,70	4,48	4,99	4,77	5,50	6,37	5,49	6,06	5,34
2 ^a coleta	5,78	4,63	5,04	3,99	5,49	3,96	4,84	5,93	4,85	4,55	5,33	4,87	7,06	4,86
3 ^a coleta	5,76	4,28	5,97	4,58	5,89	5,08	4,38	5,80	4,60	5,19	5,15	4,25	7,10	5,45
4 ^a coleta	6,13	-	6,24	-	6,03	-	5,01	6,35	-	5,75	5,40	5,26	6,35	5,22

Tabela A.2 - Valores de condutividade em µS/cm das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	26,0	15,0	28,7	2,0	42,0	3,0	6,0	43,0	8,3	2,0	13,0	11,0	11,0	13,0
2 ^a coleta	30,7	10,0	28,0	2,0	43,0	2,0	6,0	37,3	6,3	2,0	14,0	7,0	10,0	11,3
3 ^a coleta	38,7	11,3	35,7	2,3	55,0	2,3	6,0	48,7	6,0	3,0	17,0	8,0	12,0	13,0
4 ^a coleta	21,7	-	22,7	-	23,3	-	7,0	26,7	-	4,3	9,0	8,0	13,0	12,3

Tabela A.3 - Concentrações de OD em mg/L das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	8,53	7,64	5,75	7,81	3,43	8,07	7,61	6,61	8,29	8,08	7,95	8,95	9,77	6,78
2 ^a coleta	10,23	9,16	8,77	9,56	4,74	8,73	8,33	7,78	8,66	9,60	7,48	8,56	10,79	8,90
3 ^a coleta	5,32	7,72	8,34	7,91	3,55	8,07	7,17	5,86	8,25	8,10	-	-	-	7,75
4 ^a coleta	7,28	-	8,83	-	5,42	-	7,42	7,67	-	7,93	2,60	6,66	8,40	8,62

Tabela A.4 - Valores de temperatura em °C das amostras de água

	I1	I2	AB	L	AB/L	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	20,1	21,0	24,0	21,9	22,9	21,7	21,4	21,0	21,0	24,8	24,3	23,6	23,9	23,5
2 ^a coleta	12,7	15,8	18,1	16,3	18,0	18,8	18,1	14,2	15,6	18,3	15,7	15,8	20,1	19,3
3 ^a coleta	16,5	19,6	20,6	20,1	19,7	20,5	21,1	16,5	18,9	23,7	18,0	18,7	21,2	21,7
4 ^a coleta	26,1	-	24,0	-	24,3	-	23,1	24,9	-	26,1	22,4	23,1	26,0	24,6

Tabela A.5 - Valores de turbidez em UNT das amostras de água

	I1	I2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	28	21	12	8	12	6	8	18	17	5	17	14	18	14
2 ^a coleta	12	11	9	5	8	4	12	14	6	4	11	10	7	8
3 ^a coleta	29	14	8	1	6	4	2	11	2	6	12	11	10	10
4 ^a coleta	30	-	8	-	29	-	8	20	-	7	20	15	10	18

Tabela A.6 - Concentrações de clorofila *a* em µg/L das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	2,60	17,07	1,99	11,72	1,05	1,12	0,56	2,39	2,44	2,79	25,51	9,96	19,07	22,32
2 ^a coleta	0,00	0,98	6,38	2,79	4,88	1,40	1,40	2,39	1,74	0,84	21,92	7,57	43,25	35,22
3 ^a coleta	3,35	1,31	14,75	2,51	6,98	4,46	1,95	2,79	0,35	3,07	67,89	20,46	74,87	64,17
4 ^a coleta	4,46	-	22,32	-	2,33	-	1,40	2,09	-	2,23	7,67	26,51	22,72	13,49

Tabela A.7 - Índice de Estado Trófico (IET) das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	56,72	64,53	55,37	61,89	56,01	51,02	49,56	55,53	56,06	54,98	61,04	57,68	59,15	65,47
2 ^a coleta	52,42	51,31	60,42	55,08	63,14	52,09	54,38	57,35	54,11	50,43	60,27	56,42	60,75	67,06
3 ^a coleta	58,76	54,01	66,41	58,94	65,75	59,55	55,74	59,28	50,07	57,14	73,20	66,59	71,49	71,28
4 ^a coleta	63,32	-	70,05	-	60,66	-	56,79	59,90	-	58,86	65,53	70,24	69,03	66,92

Tabela A.8 - Concentrações de material em suspensão na água em mg/L

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	9,66	6,39	4,16	3,18	33,70	3,52	3,02	40,57	15,51	1,91	5,66	4,06	5,36	4,34
2 ^a coleta	3,36	3,28	3,63	1,54	2,93	1,82	11,89	3,93	2,25	1,21	4,26	2,86	3,82	5,05
3 ^a coleta	14,35	2,99	5,20	3,82	6,21	2,20	4,25	3,44	9,85	2,16	10,83	5,27	8,23	9,26
4 ^a coleta	79,02	-	38,30	-	34,02	-	2,80	51,53	-	13,10	35,78	23,70	4,21	8,50

Tabela A.9 - Porcentagem de matéria orgânica do material em suspensão das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	18,49	36,59	57,73	50,63	38,72	46,02	50,00	3,63	31,43	76,96	63,64	52,46	49,60	50,43
2 ^a coleta	29,00	37,30	47,20	59,10	59,00	48,90	38,10	33,80	45,00	86,00	67,80	44,50	83,00	62,90
3 ^a coleta	16,17	62,99	47,80	36,13	42,05	56,36	47,29	35,27	36,29	82,35	65,69	65,82	80,16	73,55
4 ^a coleta	12,76	-	19,78	-	25,38	-	58,93	18,44	-	37,25	21,52	24,16	67,80	51,57

Tabela A.10 - Concentrações de nitrito em µg/L das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	4,20	4,43	6,51	3,16	93,80	5,97	4,68	4,80	5,77	2,59	4,92	3,72	3,69	5,78
2 ^a coleta	4,65	4,59	6,95	4,02	88,23	3,58	3,34	3,85	4,35	2,44	3,56	4,10	1,47	2,75
3 ^a coleta	4,18	6,51	4,28	2,12	95,61	4,15	2,81	3,14	3,52	3,04	4,1	2,85	0,99	1,64
4 ^a coleta	9,89	-	6,84	-	21,3	-	4,64	8,92	-	4,4	6,58	5,08	3,03	4,83

Tabela A.11 - Concentrações de nitrato em µg/L das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	112,15	105,92	200,50	52,22	588,76	77,21	320,57	48,61	58,67	90,27	52,35	259,24	72,07	579,18
2 ^a coleta	154,74	189,36	181,49	140,89	726,89	129,64	280,62	88,62	255,39	70,27	145,76	121,72	852,64	680,56
3 ^a coleta	85,1	63,08	78,78	29,07	313,99	31,59	106,22	49,68	58,02	25,82	24,98	24,79	111,21	22,26
4 ^a coleta	33,16	-	32,85	-	62,11	-	33,92	32,91	-	13,07	21,79	17,14	12,97	20,86

Tabela A.12 - Concentrações de amônio em µg/L das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	73,79	54,32	153,47	63,31	445,63	56,47	108,10	51,11	30,10	90,27	204,93	64,02	15,67	290,82
2 ^a coleta	19,20	9,28	120,31	7,03	128,43	8,99	6,96	7,55	12,82	6,70	26,47	25,05	13,03	18,65
3 ^a coleta	60,24	18,33	96,76	37,27	361,25	36,99	31,10	36,84	28,64	23,25	36,35	22,19	20,74	30,67
4 ^a coleta	17,05	-	36,13	-	128,15	-	11,20	19,05	-	48,85	7,55	5,85	5,46	38,88

Tabela A.13 - Concentrações de nitrogênio orgânico total em mg/L das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	0,70	0,28	0,42	0,33	1,07	0,84	0,42	0,28	0,89	0,79	0,23	0,28	0,23	0,61
2 ^a coleta	0,70	0,37	0,70	0,65	1,35	0,79	0,33	0,61	0,93	0,33	0,89	0,75	0,75	0,79
3 ^a coleta	0,37	0,33	0,51	0,37	1,49	0,47	0,56	0,51	0,42	0,37	0,37	0,37	0,51	0,51
4 ^a coleta	0,51	-	0,56	-	0,75	-	0,42	0,42	-	0,47	0,42	0,79	0,84	0,37

Tabela A.14 - concentrações de fósforo inorgânico em µg/L das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	11,51	12,99	4,85	5,26	126,61	6,47	8,29	9,16	11,35	5,59	12,64	6,32	5,50	11,63
2 ^a coleta	12,25	14,61	10,22	12,16	155,65	17,14	11,45	14,69	12,71	7,14	11,70	5,80	6,42	3,96
3 ^a coleta	49,78	51,31	44,97	43,1	214,54	46,43	42,15	58,67	48,51	43,62	51,96	46,79	42,43	45,92
4 ^a coleta	39,76	-	38,9	-	93,47	-	4,61	39,86	-	20,79	57,02	38,18	20,65	21,23

Tabela A.15 - Concentrações de fósforo total dissolvido em µg/L das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	20,11	20,74	13,18	9,33	151,25	9,61	18,10	15,72	16,59	11,14	23,10	14,07	13,44	18,25
2 ^a coleta	21,68	15,48	14,45	13,53	184,19	17,85	13,11	17,32	13,01	10,18	16,68	11,44	14,26	11,97
3 ^a coleta	59,95	56,71	56,57	47,04	231,6	53,26	50,5	66,02	56,53	49,04	65,75	56,22	55,17	53,21
4 ^a coleta	84,7	-	64,06	-	119,99	-	25,38	84,31	-	43,23	84,11	63,69	43,78	44,06

Tabela A.16 - Concentrações de fósforo total em $\mu\text{g/L}$ das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	58,44	51,29	54,23	34,77	201,93	26,49	47,94	42,57	50,43	26,58	61,94	43,76	41,98	47,17
2 ^a coleta	54,94	37,02	54,53	27,62	242,43	27,62	66,60	85,89	41,80	34,14	54,38	36,07	36,69	40,73
3 ^a coleta	84,13	64,3	135,46	145,57	365,3	70,52	64,49	139,35	128,66	52,05	144,8	83,94	63,71	75,96
4 ^a coleta	301,82	-	275,18	-	321,55	-	169,65	285,62	-	171,69	286,66	222,55	180,33	190,86

Tabela A.17 - Concentrações de silicato reativo em mg/L das amostras de água

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	6,82	1,75	2,86	0,40	2,24	1,26	0,40	7,92	2,17	0,41	1,25	1,09	1,12	1,69
2 ^a coleta	9,55	2,32	3,15	1,35	3,02	1,39	1,58	8,83	1,63	1,44	2,26	2,39	2,12	2,04
3 ^a coleta	1,77	0,65	0,57	0,12	0,76	0,32	0,54	1,92	0,36	0,58	0,46	0,55	0,42	0,32
4 ^a coleta	0,36	-	0,21	-	0,22	-	0,21	0,36	-	0,22	0,47	0,35	0,15	0,33

Tabela A.18 - Concentração de metais em mg/L das amostras de água

		IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
Chumbo	1 ^a coleta	0,010	0,120	0,240	0,520	0,340	0,130	0,170	0,070	0,200	0,510	0,420	0,390	0,910	0,430
	2 ^a coleta	0	0,020	0,170	0,160	0,030	0,030	0,040	0	0	0	0,100	0,360	0,240	0,070
	3 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 ^a coleta	0	-	0	-	0	-	0	0	-	0,010	0	0	0	0
Níquel	1 ^a coleta	0	0	0	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,023
	2 ^a coleta	0,029	0,048	0,024	0,032	0	0,036	0,079	0	0	0,030	0	0,078	0	0,037
	3 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0
	4 ^a coleta	0,005	-	0	-	0	-	0	0,019	-	0	0,007	0	0,005	0
Cádmio	1 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 ^a coleta	0	-	0	-	0	-	0	0	-	0	0	0	0	0
Cobre	1 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 ^a coleta	0	-	0	-	0	-	0	0	-	0	0	0	0	0
Ferro	1 ^a coleta	2,110	1,581	1,095	0,239	4,125	0,212	1,349	2,104	2,595	0	0,590	0,661	1,646	1,190
	2 ^a coleta	0,603	0,664	0,733	0,109	0,929	0,127	3,472	1,189	0,091	0	0,085	0,238	0	0,185
	3 ^a coleta	1,544	0,191	0,185	0	0	0	0	0,505	0	0	0	0	0	0
	4 ^a coleta	4,820	-	1,366	-	0,759	-	0	4,869	-	0,622	4,332	1,197	0	0
Magnésio	1 ^a coleta	1,330	0,759	0,654	0,050	0,567	0,113	0,258	2,135	0,556	0,092	0,465	0,471	0,529	0,482
	2 ^a coleta	1,529	0,477	0,647	0,050	0,523	0,107	0,261	1,947	0,274	0,091	0,402	0,320	0,397	0,387
	3 ^a coleta	1,874	0,507	0,812	0,114	0,618	0,066	0,293	2,307	0,234	0,125	0,478	0,329	0,427	0,415
	4 ^a coleta	1,069	-	0,590	-	0,530	-	0,228	1,521	-	0,159	0,487	0,426	0,378	0,373
Manganês	1 ^a coleta	0	0	0,002	0	0,027	0	0,011	0,026	0,028	0	0	0	0	0
	2 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0,026	0	0	0	0	0	0	0
	3 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 ^a coleta	0	-	0	-	0	-	0	0	-	0	0	0	0	0
Zinco	1 ^a coleta	0,073	0	0,097	0,049	0	0	0,070	0,013	0	0,016	0,143	0,130	0,083	0,043
	2 ^a coleta	0,109	0,151	0,097	0,287	0,191	0,090	0,084	0,190	0,104	0,156	0,100	0,271	0,203	0,347
	3 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 ^a coleta	0	-	0,054	-	0,146	-	2,622	0	-	0	0	0	0,295	0
Cromo	1 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 ^a coleta	0	-	0	-	0	-	0	0	-	0	0	0	0	0
Cobalto	1 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0,004	0	0	0	0	0	0	0
	2 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,023	0	0	0
	3 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 ^a coleta	0	-	0	-	0	-	0	0	-	0	0	0	0	0

Tabela A.19 – Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da Bacia hidrográfica do Lobo durante o período de estudo (todos os períodos de coleta)

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

Tabela A.20 - Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da Bacia hidrográfica do Lobo durante o período de coleta de abril de 2010 (1^a coleta)

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

Tabela A.21 - Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da Bacia hidrográfica do Lobo durante o período de coleta de julho de 2010 (2^a coleta)

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

Tabela A.22 - Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da Bacia hidrográfica do Lobo durante o período de coleta de outubro de 2010 (3^a coleta)

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

Tabela A.23 - Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da Bacia hidrográfica do Lobo durante o período de coleta de janeiro de 2011 (4^a coleta)

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

APÊNDICE B – DADOS NUMÉRICOS DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DO SEDIMENTO

Tabela B.1 - Porcentagens de matéria orgânica das amostras de sedimento

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	0,9	0,2	0,6	2,7	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	7,1	10,0	23,9	2,5
2 ^a coleta	0,3	0,5	14,5	9,6	3,7	0,4	0,3	5,7	0,7	4,2	29,3	20,8	35,3	2,5
3 ^a coleta	9,1	0,5	7,8	0,4	1,1	1,9	0,6	0,5	0,2	0,4	31,2	16,6	26,6	-
4 ^a coleta	0,4	-	-	-	0,3	-	0,1	0,6	-	0,3	33,8	7,6	22,3	-

Tabela B.2 - Porcentagens de nitrogênio orgânico total das amostras de sedimento

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	0,28	0,09	0,09	0,09	0,09	0,14	0,09	0,07	0,07	0,05	0,05	1,7	5,65	0,16
2 ^a coleta	0,09	0,05	0,09	0,09	0,12	0,05	0,05	0,05	0,02	0,09	9,4	0,37	0,89	0,05
3 ^a coleta	1,91	0,12	0,16	0,19	0,16	0,21	0,12	0,19	0,07	0,09	0,33	5,39	6,81	-
4 ^a coleta	0,05	-	-	-	0,07	-	0,02	0,05	-	0,02	0,23	1,35	4,43	-

Tabela B.3 - Concentrações de fósforo total em µg/g das amostras de sedimento

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
1 ^a coleta	0,158	0,084	0,089	0,220	0,226	0,081	0,077	0,108	0,103	0,082	2,012	1,612	4,164	0,326
2 ^a coleta	0,377	0,128	0,245	0,150	0,469	0,128	0,114	0,148	0,089	0,159	5,459	4,217	5,025	0,378
3 ^a coleta	5,092	0,516	2,953	0,444	2,356	0,778	0,520	0,662	0,409	0,454	7,985	5,058	6,371	-
4 ^a coleta	0,197	-	-	-	0,630	-	0,175	0,230	-	0,230	6,173	1,429	4,458	-

Tabela B.4 - Concentração de metais biodisponíveis em mg/kg das amostras de sedimento

	IT1	IT2	AB	LIM	JAL	G1	G2	L1	L2	PE	R1	R2	R3	JG
Chumbo	1 ^a coleta	5,750	2,250	4,500	14,750	11,000	2,000	8,750	6,000	6,500	4,500	17,750	17,250	24,750
	2 ^a coleta	2,500	4,500	4,000	7,000	6,000	11,250	11,750	8,000	2,000	11,500	12,750	7,750	20,250
	3 ^a coleta	4,250	0	7,750	1,000	0	1,000	0	0	1,750	2,500	13,750	3,000	11,000
	4 ^a coleta	0	-	-	-	0	-	0	0	-	0	0	0	5,000
Níquel	1 ^a coleta	1,675	1,425	0,425	0,025	0	0,025	0,550	1,050	0	1,750	1,850	4,375	4,500
	2 ^a coleta	0	0	0,975	0,325	1,425	0	0,350	0,000	0	0	1,450	4,575	1,225
	3 ^a coleta	2,250	1,325	1,625	0,200	1,750	0	0,500	0,675	0,400	0,200	4,550	3,025	3,950
	4 ^a coleta	0,550	-	-	-	0,125	-	0,325	0,725	-	0,175	3,775	1,575	2,750
Cádmio	1 ^a coleta	0,575	0	0	0,025	0,750	0	0	0	0	0	0,075	0	1,025
	2 ^a coleta	0,300	0	0	0,050	0,100	0	0	0	0	0,725	0,675	0,200	0,550
	3 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	4 ^a coleta	0	-	-	-	0	-	0	0	-	0	0	0	-
Cobre	1 ^a coleta	1,550	0	0,550	1,775	0,450	0	0,200	0,700	0,050	0,150	4,825	8,925	16,400
	2 ^a coleta	0,500	0,350	2,325	1,175	0,725	0,400	0,600	0,675	0,400	0,800	12,900	17,875	16,875
	3 ^a coleta	10,775	0	8,000	0	0	0,350	0	0,400	0	0	14,350	10,525	13,775
	4 ^a coleta	0	-	-	-	0	-	0	0	-	0	11,525	4,525	14,300
Ferro	1 ^a coleta	837,975	98,525	134,500	627,200	433,475	65,950	250,300	279,225	101,625	93,250	1759,825	2076,400	2494,825
	2 ^a coleta	150,925	82,275	262,300	620,775	554,275	49,525	211,200	190,200	127,150	392,550	2216,375	2374,125	2511,250
	3 ^a coleta	2065,225	239,175	1859,200	204,900	970,375	776,450	653,025	508,600	99,300	331,625	1845,375	1938,650	2057,725
	4 ^a coleta	269,075	-	-	-	193,300	-	101,675	475,725	-	108,100	1877,757	1730,699	2078,493
Magnésio	1 ^a coleta	61,975	12,660	10,520	13,688	12,753	7,983	11,978	20,340	8,615	11,243	47,610	68,775	78,155
	2 ^a coleta	43,375	19,825	35,160	17,433	19,860	15,888	16,338	41,803	17,563	27,830	140,703	118,483	108,470
	3 ^a coleta	104,608	3,505	32,465	0	16,195	9,645	6,665	31,610	0,723	9,388	100,358	45,285	65,583
	4 ^a coleta	39,005	-	-	-	2,008	-	2,855	44,188	-	17,333	106,278	32,680	57,393
Manganês	1 ^a coleta	89,350	6,800	13,600	1,200	10,350	0,025	6,025	9,525	0,725	2,025	71,425	111,500	224,300
	2 ^a coleta	13,700	5,625	42,050	0,975	9,425	0,050	1,975	14,900	0,200	3,075	174,375	238,650	280,250
	3 ^a coleta	631,068	3,025	154,175	0	18,175	0	7,275	42,625	0	0	174,325	131,325	215,125
	4 ^a coleta	13,925	-	-	-	0	-	0	31,375	-	0	166,700	43,000	146,700
Zinco	1 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19,715	38,643	25,150
	2 ^a coleta	0	0	0,393	0	1,120	0	0	0	0	0	35,690	59,270	29,205
	3 ^a coleta	13,173	0	11,420	0	1,035	0	0	0	0	0	64,260	33,293	19,633
	4 ^a coleta	0	-	-	-	0	-	0	0	-	0	44,015	13,093	18,783
Cromo	1 ^a coleta	0	0,925	0,850	1,750	2,600	0,500	0,150	0	0,175	2,725	3,875	5,350	4,775
	2 ^a coleta	2,175	2,325	5,175	2,825	1,450	2,575	2,650	1,950	3,025	2,150	2,900	2,350	2,950
	3 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	4 ^a coleta	0	-	-	-	0	-	0	0	-	0	0	0	-
Cobalto	1 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0,125	0	0	0	2,225	0,775
	2 ^a coleta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,475	6,075	7,850
	3 ^a coleta	7,675	0	2,700	0	0	0	0	0	0	0	5,275	6,600	0,425
	4 ^a coleta	0	-	-	-	0	-	0	0	-	0	1,025	0	0

Tabela B.5 - Análise granulométrica das amostras de sedimento. Valores em porcentagem.

	<i>Frações</i>	<i>IT1</i>	<i>IT2</i>	<i>AB</i>	<i>LIM</i>	<i>JAL</i>	<i>G1</i>	<i>G2</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>PE</i>	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>JG</i>
<i>1^a coleta</i>	<i>argila</i>	7	5	5	8	5	5	5	4	4	4	7	12	8	6
	<i>silte</i>	2	1	2	3	2	0	0	2	1	1	18	48	2	2
	<i>areia fina</i>	45	71	9	39	36	10	13	11	45	47	37	0	87	35
	<i>areia média</i>	45	20	52	48	56	58	70	79	49	46	34	37	3	55
<i>2^a coleta</i>	<i>argila</i>	4	4	7	10	6	6	5	4	4	6	9	17	23	6
	<i>silte</i>	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	25	26	45	1
	<i>areia fina</i>	28	32	49	6	20	11	7	5	56	49	53	48	29	31
	<i>areia média</i>	66	63	41	71	70	45	68	51	38	43	10	7	3	57
<i>3^a coleta</i>	<i>argila</i>	15	6	12	6	6	11	6	6	5	7	17	22	23	-
	<i>silte</i>	15	1	11	0	0	1	1	1	1	0	20	21	47	-
	<i>areia fina</i>	40	58	39	59	69	44	39	47	62	50	46	41	27	-
	<i>areia média</i>	28	33	34	32	23	41	52	36	30	41	16	15	3	-
<i>4^a coleta</i>	<i>argila</i>	2	2	4	3	2	3	2	10	2	2	1	1	0	-
	<i>silte</i>	6	-	-	-	7	-	7	7	-	7	18	17	21	-
	<i>areia fina</i>	7	-	-	-	17	-	14	21	-	28	41	43	29	-
	<i>areia média</i>	59	-	-	-	73	-	53	62	-	50	9	27	0	-
<i>areia grossa</i>	<i>argila</i>	24	-	-	-	3	-	25	8	-	15	4	1	0	-

Tabela B.6 - Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de sedimento da Bacia hidrográfica do Lobo durante o período de estudo (todos os períodos de coleta)

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

Tabela B.7 - Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da Bacia hidrográfica do Lobo durante o período de coleta de abril de 2010 (1ª coleta)

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

Tabela B.8 - Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da Bacia hidrográfica do Lobo durante o período de coleta de julho de 2010 (2ª coleta)

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

Tabela B.9 - Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da Bacia hidrográfica do Lobo durante o período de coleta de outubro de 2010 (3^a coleta)

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

Tabela B.10 - Valores dos componentes principais e fatores de explicação das variáveis avaliadas nas amostras de água da Bacia hidrográfica do Lobo durante o período de coleta de janeiro de 2011 (4^a coleta)

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

APÊNDICE C – RESULTADOS NUMÉRICOS DO PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DE HABITAT

Tabela C.1 -Resultados do Protocolo de Avaliação de Habitat, proposto por Barbosa (2003), aplicados para os pontos de amostragem localizados em ambiente lótico. 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; md: margem direita; me: margem esquerda.

Pontos de amostragem observados	EF	DRC	AS	DS	CF	AC	EM		PVR		EVR		soma
							md	me	md	me	md	me	
IT1	8	13	13	8	8	18	4	4	1	1	1	1	80
IT2	8	18	13	13	13	18	7	7	1	4	1	1	104
AB	3	3	13	3	8	8	1	1	1	1	1	1	44
LIM	18	18	13	13	8	18	10	10	10	10	10	10	148
JAL	3	8	8	8	8	18	7	4	4	1	1	1	71
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
L1	8	13	13	8	3	18	4	4	7	7	7	3	95
L2	13	18	18	18	18	18	7	7	7	7	10	10	151
PE	3	8	8	3	8	8	1	4	1	1	1	1	47
JG	8	18	13	13	13	13	10	4	7	1	4	1	105

APÊNDICE D – DADOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CRHEA

Tabela D.1 – Dados obtidos na Estação Meteorológica do CRHEA/SHS/EESC/USP

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA: CRHEA		LATITUDE : 22 01'22"S						LONGITUDE : 43 57'38"W						ALTITUDE : 733m					
Evento	Dia	Temperatura do Ar (°C)				Temperatura da Água(°C)		Velocidade do Vento (m/s)			Evaporação (mm)		Chuva (mm)	Rad. Solar (W/m ²)	Insol (h de sol)	Pressão (mb)	Umidade Relativa (%)		
		Max.	Min.	Médio	M. DIA	Max.	Min.	0.50m	2m	10m	Clas.A	Padrão							
1 ^a coleta (água e sedimento)	23/04/2010	31,2	15,8	23,5	24,4	30,6	16,3	4,07	4,93	9,50	*****	*****	0,0	237,81	03:35	923,2	88,0		
1 ^a coleta (peixes)	30/04/2010	26,4	8,4	17,4	19,0	28,8	10,9	1,83	2,56	7,08	4,63	5,24	0,0	286,56	08:35	921,2	87,5		
1 ^a coleta (peixes)	21/05/2010	21,9	9,1	15,5	16,0	23,4	7,5	3,15	3,79	6,64	2,76	3,34	0,0	271,04	07:55	924,3	79,3		
2 ^a coleta (água e sedimento)	06/07/2010	28,0	8,6	18,3	19,8	27,0	8,5	1,94	3,33	4,67	3,77	2,27	0,0	275,46	09:40	928,2	67,5		
2 ^a coleta (peixes)	05/08/2010	26,8	5,2	16,0	17,6	25,5	10,2	3,45	5,91	9,50	4,60	5,92	0,0	310,74	10:00	928,2	79,3		
3 ^a coleta (água e sedimento)	13/10/2010	28,4	9,6	19,0	20,8	30,5	15,0	3,64	5,37	9,00	5,52	3,53	0,0	489,11	11:00	926,6	69,5		
3 ^a coleta (peixes)	14/10/2010	33,2	15,0	24,1	25,3	33,5	17,8	3,64	5,58	9,48	6,80	4,92	0,0	435,48	08:35	927,6	62,0		
4 ^a coleta (água, sedimento e peixes)	05/01/2011	30,7	15,3	23,0	23,6	36,0	18,2	2,86	3,93	7,83	*****	*****	10,8	486,83	09:10	928,2	71,3		
4 ^a coleta (água, sedimento e peixes)	06/01/2011	31,6	17,0	24,3	24,6	36,5	19,0	1,47	1,79	5,88	*****	*****	58,2	421,40	06:10	927,4	87,3		
4 ^a coleta (água, sedimento e peixes)	07/01/2011	27,5	16,6	22,1	22,5	36,6	19,4	0,78	0,92	4,46	0,29	*****	21,9	0,10	00:20	927,2	82,0		

APÊNDICE E –ANÁLISES DA ICTIOFAUNA

Ordem CHARACIFORMES

Família Characidae

IT1				RL2				G2			
abr/10	jul/10	out/10	jan/11	abr/10	jul/10	out/10	jan/11	abr/10	jul/10	out/10	jan/11

Incertae Sedis

<i>Astyanax altiparanae</i> (Garutti & Britski, 2000)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax scabripinnis</i> (Jenyns, 1842)	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i> (Ellis, 1911)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oligosarcus pintoi</i> (Campos, 1945)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Família Erythrinidae

<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i> (Agassiz, 1829)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Família Anostomidae

<i>Leporinus fasciatus</i> (Bloch, 1794)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ordem SILURIFORMES

Família Callichthyidae

<i>Aspidoras fuscoguttatus</i> (Nijssen & Isbrücker, 1976)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corydoras aeneus</i> (Gill, 1858)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Família Loricariidae

Hypostominae

<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering, 1911)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Família Heptapteridae

<i>Imparfinis schubarti</i> (Gomes, 1956)	0	21	9	0	0	5	1	0	0	9	0
<i>Pimelodella avanhandavae</i> (Eignmann, 1917)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard in Freycinet, 1824)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ordem GYMNOTIFORMES

Família Gymnotidae

<i>Gymnotus cf. Carapo</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Ordem PERCIFORMES

Família Cichlidae

<i>Cichla monocularis</i> (Agassiz in Spix & Agassiz, 1831)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Goy & Gaimard, 1824)	0	0	0	0	4	3	3	0	0	0	0
<i>Tilapia rendalli</i> (Bolenger, 1896)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ordem CYPRINODONTIFORMES

Família Pociliidae

<i>Poecilia reticulata</i> (Peters, 1859)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---

Riqueza	1	2	1	0	1	3	2	0	2	6	2
H'	0,000	0,185	0,000	0,000	0,000	0,937	0,562	0,000	0,693	1,297	0,377

Ordem CHARACIFORMES	JAL				PE				JG			
	abr/10	jul/10	out/10	jan/11	abr/10	jul/10	out/10	jan/11	abr/10	jul/10	out/10	jan/11
Família Characidae												
Incertae Sedis												
<i>Astyanax altiparanae</i> (Garutti & Britski, 2000)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Astyanax scabripinnis</i> (Jenyns, 1842)	0	0	0	0	9	85	10	31	0	0	0	0
<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i> (Ellis, 1911)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Oligosarcus pintoi</i> (Campos, 1945)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Família Erythrinidae												
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i> (Agassiz, 1829)	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Família Anostomidae												
<i>Leporinus fasciatus</i> (Bloch, 1794)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ordem SILURIFORMES												
Família Callichthyidae												
<i>Aspidoras fuscoguttatus</i> (Nijssen & Isbrücker, 1976)	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corydoras aeneus</i> (Gill, 1858)	1	11	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828)	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Família Loricariidae												
Hypostominae												
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering, 1911)	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1
Família Heptapteridae												
<i>Imparfinis schubarti</i> (Gomes, 1956)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pimelodella avanhandavae</i> (Eigmann, 1917)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard in Freycinet, 1824)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ordem GYMNOTIFORMES												
Família Gymnotidae												
<i>Gymnotus cf. Carapo</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0
Ordem PERCIFORMES												
Família Cichlidae												
<i>Cichla monoculus</i> (Agassiz in Spix & Agassiz, 1831)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Goy & Gaimard, 1824)	0	3	2	6	0	0	0	0	2	0	0	3
<i>Tilapia rendalli</i> (Bolenger, 1896)	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	10
Ordem CYPRINODONTIFORMES												
Família Pociliidae												
<i>Poecilia reticulata</i> (Peters, 1859)	0	8	1	32	1	1	2	1	0	0	10	5
Riqueza												
Riqueza	3	9	5	7	2	3	2	2	2	0	1	6
H'	1,099	1,765	1,523	1,331	0,325	0,125	0,451	0,139	0,637	0,000	0,000	1,466

Ordem CHARACIFORMES	P1				P2				P3			
	abr/10	jul/10	out/10	jan/11	abr/10	jul/10	out/10	jan/11	abr/10	jul/10	out/10	jan/11
Incertae Sedis												
<i>Astyanax altiparanae</i> (Garutti & Britski, 2000)	4	13	22	0	0	13	10	107	0	0	8	0
<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	0	2	1	0	0	3	1	5	0	0	12	0
<i>Astyanax scabripinnis</i> (Jenyns, 1842)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hyphessobrycon bifasciatus</i> (Ellis, 1911)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oligosarcus pintoi</i> (Campos, 1945)	0	0	1	1	0	1	0	0	6	1	0	0
Família Erythrinidae												
<i>Hoplierythrinus unitaeniatus</i> (Agassiz, 1829)	0	0	1	0	0	3	1	1	0	1	0	0
Família Anostomidae												
<i>Leporinus fasciatus</i> (Bloch, 1794)	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
Ordem SILURIFORMES												
Família Callichthyidae												
<i>Aspidoras fuscoguttatus</i> (Nijssen & Isbrücker, 1976)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corydoras aeneus</i> (Gill, 1858)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828)	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	1
Família Loricariidae												
Hypostominae												
<i>Hypostomus ancistroides</i> (Ihering, 1911)	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0
Família Heptapteridae												
<i>Imparfinis schubarti</i> (Gomes, 1956)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pimelodella avanhandavae</i> (Eignmann, 1917)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Rhamdia quelea</i> (Quoy & Gaimard in Freycinet, 1824)	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	1	0
Ordem GYMNOTIFORMES												
Família Gymnotidae												
<i>Gymnotus cf. Carapo</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ordem PERCIFORMES												
Família Cichlidae												
<i>Cichla monocolus</i> (Agassiz in Spix & Agassiz, 1831)	0	5	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0
<i>Geophagus brasiliensis</i> (Goy & Gaimard, 1824)	0	2	4	43	0	9	30	9	0	1	12	10
<i>Tilapia rendalli</i> (Bolenger, 1896)	0	0	0	0	0	2	6	26	0	0	1	0
Ordem CYPRINODONTIFORMES												
Família Pociliidae												
<i>Poecilia reticulata</i> (Peters, 1859)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Riqueza												
Riqueza	1	5	6	4	0	10	8	6	1	3	6	3
H'	0,000	1,215	0,950	0,433	0,000	1,885	1,355	0,918	0,000	1,099	1,376	0,566

Tabela E.1 - Atributos utilizados nas análises ecomorfológicas da 1^a coleta.

1 ^a coleta (abril/2010)														
Ponto	Espécie	Atributos												
		ICC	DP	ARC	DP	CRPe	DP	ICPe	DP	CRC	DP	ARO	DP	
L2	geobra	2,62	0,19	0,40	0,02	0,15	0,01	3,63	0,95	0,35	0,03	0,66	0,06	
PE	astasca	2,80	0,27	0,32	0,02	0,16	0,02	3,64	0,72	0,27	0,02	0,50	0,07	
P1	astalt	2,60	0,24	0,38	0,03	0,09	0,02	3,19	0,40	0,23	0,01	0,55	0,04	
	geobra	2,59	0,21	0,42	0,02	0,14	0,03	2,62	0,45	0,34	0,01	0,66	0,07	

Tabela E.2 - Atributos utilizados nas análises ecomorfológicas da 2^a coleta.

2 ^a coleta (julho/2010)														
Ponto	Espécie	Atributos												
		ICC	DP	ARC	DP	CRPe	DP	ICPe	DP	CRC	DP	ARO	DP	
JAL	coraen	1,46	0,21	0,36	0,02	0,12	0,02	2,19	0,23	0,28	0,01	0,65	0,07	
	poeret	1,41	0,05	0,21	0,02	0,39	0,02	2,47	0,30	0,26	0,02	0,45	0,07	
L2	geobra	2,88	0,20	0,40	0,02	0,17	0,03	3,34	0,67	0,36	0,04	0,64	0,07	
	impsch	1,35	0,16	0,14	0,01	0,16	0,03	3,13	0,61	0,24	0,02	0,67	0,11	
G2	impsch	1,25	0,09	0,15	0,02	0,17	0,02	2,63	0,63	0,22	0,02	0,73	0,10	
	phahar	1,81	0,38	0,23	0,02	0,41	0,06	2,57	0,38	0,24	0,04	0,49	0,08	
IT2	impsch	1,24	0,09	0,14	0,01	0,18	0,03	2,71	0,39	0,21	0,01	0,66	0,11	
PE	astasca	2,15	0,16	0,32	0,02	0,13	0,02	2,17	0,23	0,24	0,02	0,56	0,08	
P1	astalt	2,59	0,18	0,39	0,02	0,10	0,01	2,59	0,38	0,23	0,01	0,59	0,05	
	cicmon	2,16	0,06	0,31	0,00	0,18	0,01	1,48	0,15	0,33	0,01	0,72	0,03	
P2	astalt	2,52	0,18	0,39	0,02	0,11	0,02	2,75	0,54	0,23	0,01	0,63	0,12	
	geobra	2,45	0,17	0,42	0,01	0,29	0,44	2,42	0,36	0,33	0,02	0,68	0,03	
	olipin	2,00	0,27	0,34	0,02	0,13	0,03	2,30	0,55	0,25	0,01	0,60	0,04	
	hopuni	1,49	0,12	0,26	0,03	0,12	0,00	1,99	0,36	0,28	0,04	0,63	0,03	

Tabela E.3 - Atributos utilizados nas análises ecomorfológicas da 3^a coleta.

3 ^a coleta (outubro/2010)														
Ponto	Espécie	Atributos												
		ICC	DP	ARC	DP	CRPe	DP	ICPe	DP	CRC	DP	ARO	DP	
JAL	coraen	1,35	0,07	0,38	0,02	0,11	0,01	2,35	0,68	0,28	0,01	0,61	0,04	
L2	geobra	2,61	0,13	0,39	0,01	0,14	0,02	2,96	0,36	0,35	0,01	0,68	0,05	
G2	poeret	1,83	0,25	0,23	0,01	0,35	0,06	2,45	0,42	0,24	0,02	0,54	0,15	
IT2	impsch	1,24	0,13	0,14	0,02	0,17	0,01	2,76	0,47	0,22	0,01	0,74	0,07	
PE	astasca	2,48	0,13	0,34	0,01	0,13	0,01	2,41	0,25	0,26	0,01	0,58	0,05	
	poeret	1,68	0,39	0,23	0,01	0,33	0,06	2,53	0,44	0,23	0,02	0,52	0,07	
P1	astalt	2,75	0,23	0,37	0,02	0,13	0,02	3,29	0,61	0,24	0,01	0,53	0,09	
	geobra	2,41	0,22	0,41	0,03	0,13	0,00	2,33	0,20	0,31	0,01	0,67	0,07	
P2	astalt	2,64	0,13	0,39	0,02	0,11	0,02	2,48	0,25	0,23	0,01	0,60	0,05	
	geobra	2,49	0,20	0,49	0,37	0,17	0,16	3,09	4,01	0,38	0,27	0,66	0,05	
	tilren	2,47	0,38	0,42	0,02	0,14	0,02	2,37	0,44	0,30	0,01	0,65	0,03	
P3	astalt	2,71	0,18	0,39	0,03	0,10	0,01	2,72	0,41	0,23	0,02	0,59	0,02	
	astfas	2,57	0,13	0,35	0,02	0,12	0,03	2,56	0,28	0,24	0,01	0,58	0,07	
	geobra	2,45	0,12	0,41	0,02	0,15	0,02	2,21	0,30	0,33	0,03	0,68	0,04	

Tabela E.4 - Atributos utilizados nas análises ecomorfológicas da 3^a coleta

4 ^a coleta (janeiro/2011)													
Ponto	Espécie	Atributos											
		ICC	DP	ARC	DP	CRPe	DP	ICPe	DP	CRC	DP	ARO	DP
JAL	coraen	1,29	0,03	0,38	0,02	0,10	0,01	2,02	0,25	0,28	0,01	0,74	0,09
	poeret	1,48	0,30	0,24	0,04	0,31	0,09	2,48	0,41	0,28	0,05	0,48	0,09
	gymcar	1,34	0,24	0,11	0,03	0,04	0,02	1,00	0,00	0,20	0,04	0,63	0,07
	geobra	2,22	0,73	0,31	0,10	0,10	0,03	3,09	1,46	0,29	0,08	0,70	0,15
G2	poeret	1,63	0,27	0,23	0,02	0,33	0,08	2,57	0,27	0,25	0,03	0,54	0,06
PE	astsca	2,16	0,10	0,30	0,01	0,14	0,01	2,12	0,30	0,26	0,01	0,58	0,06
JG	poeret	1,64	0,24	0,21	0,03	0,41	0,07	2,25	0,51	0,25	0,03	0,51	0,10
	geobra	2,31	0,13	0,36	0,02	0,14	0,01	2,37	0,31	0,33	0,01	0,63	0,07
P1	geobra	2,43	0,14	0,41	0,02	0,14	0,02	2,65	0,54	0,33	0,01	0,49	0,04
	hoplit	1,13	0,08	0,29	0,01	0,09	0,02	2,07	0,68	0,22	0,02	0,28	0,05
P2	astalt	2,74	0,16	0,39	0,02	0,11	0,01	2,83	0,54	0,23	0,01	0,28	0,02
	astfas	2,37	0,14	0,33	0,01	0,13	0,01	2,58	0,19	0,24	0,01	0,29	0,02
	tilren	2,35	0,24	0,41	0,04	0,12	0,01	2,84	0,45	0,32	0,02	0,40	0,07
	geobra	2,49	0,14	0,43	0,03	0,15	0,02	2,26	0,28	0,35	0,01	0,49	0,04
P3	geobra	2,50	0,09	0,43	0,02	0,16	0,02	2,42	0,39	0,35	0,02	0,51	0,04

Tabela E.5 - Resultado da Análise de Componentes Principais nos três primeiros eixos calculados para as espécies capturadas na 1^a coleta na bacia hidrográfica do reservatório Carlos Botelho (Lobo-Broa).

Espécies	PC 1	PC 2	PC 3
geobra_L2	0,344	0,143	0,009
astsca_PE	0,396	-0,116	0,045
astalt_P1	-0,082	-0,036	-0,098
geobra_P1	-0,658	0,009	0,044
Variância (%)	93,61	4,62	1,77

Tabela E.6 - Resultado da Análise de Componentes Principais nos três primeiros eixos calculados para as espécies capturadas na 2^a coleta na bacia hidrográfica do reservatório Carlos Botelho (Lobo-Broa).

Espécies	PC 1	PC 2	PC 3
coraen_JAL	-0,469	-0,150	-0,106
poeret_JAL	-0,467	0,153	0,229
geobra_L2	1,219	0,538	-0,003
impsch_L2	-0,326	0,801	-0,093
impsch_G2	-0,568	0,352	-0,123
phahar_G2	-0,058	0,134	0,238
impsch_IT2	-0,557	0,433	-0,073
astsca_PE	0,168	-0,359	-0,009
astalt_P1	0,719	-0,091	-0,035
cicmon_P1	-0,025	-1,021	-0,060
astalt_P2	0,700	0,082	-0,057
geobra_P2	0,538	-0,215	0,054
olipin_P2	0,069	-0,195	-0,042
hopuni_P2	-0,514	-0,339	-0,087
Variância (%)	59,71	36,38	2,66

Tabela E.7 - Resultado da Análise de Componentes Principais nos três primeiros eixos calculados para as espécies capturadas na 3^a coleta na bacia hidrográfica do reservatório Carlos Botelho (Lobo-Broa).

Espécies	PC 1	PC 2	PC 3
coraen_JAL	-0,931	-0,053	0,137
geobra_L2	0,422	0,263	0,064
poeret_G2	-0,481	-0,045	-0,174
impsch_IT2	-0,980	0,387	0,055
astsca_PE	0,165	-0,240	-0,044
poeret_PE	-0,606	0,066	-0,158
astalt_P1	0,629	0,555	-0,069
geobra_P1	0,088	-0,308	0,065
astalt_P2	0,341	-0,211	-0,024
geobra_P2	0,347	0,410	0,117
tilren_P2	0,155	-0,282	0,044
astalt_P3	0,464	0,007	-0,025
astfas_P3	0,287	-0,115	-0,047
geobra_P3	0,098	-0,433	0,059
Variância (%)	72,27	23,69	2,3

Tabela E.8 - Resultado da Análise de Componentes Principais nos três primeiros eixos calculados para as espécies capturadas na 4^a coleta na bacia hidrográfica do reservatório Carlos Botelho (Lobo-Broa).

Espécies	PC 1	PC 2	PC 3
coraen_JAL	-0,772	0,183	0,198
poeret_JAL	-0,329	0,447	-0,031
gymcar_JAL	-1,423	-0,607	0,011
geobra_JAL	0,616	0,385	0,242
poeret_G2	-0,164	0,419	0,032
astasca_PE	-0,055	-0,291	0,061
poeret_JG	-0,366	0,187	-0,016
geobra_JG	0,226	-0,206	0,141
geobra_P1	0,512	-0,073	0,024
hoplit_P1	-0,841	0,338	-0,268
astalt_P2	0,869	-0,135	-0,182
astfas_P2	0,423	-0,078	-0,195
tilren_P2	0,582	0,121	-0,058
geobra_P2	0,306	-0,402	0,006
geobra_P3	0,416	-0,288	0,035
Variância (%)	74,89	19,15	3,49

ANEXOS

Anexo1. Protocolo simplificado de avaliação de habitat modificado deHannaford et al (1997), Barbour et al (1999) e Callisto et al (2002) por Barbosa (2003) para trechos de cabeceira (para altos gradientes ou até a 4^a ordem).

Parâmetros de habitat	Categorias			
	Ótimo (18 pontos)	Sub-ótimo (13 pontos)	Mediano (8 pontos)	Pobre (3 pontos)
1-Estabilidade e diversidade de fundo	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.
2-Desenvolvimento de remansos e corredeiras	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
3 –Acomodação do substrato	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.
4- Deposição de sedimentos	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.

Anexo1. Continuação.

5- Condições de fluxo	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.
6- Alterações no canal do rio	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)
7- Estabilidade das margens (cada margem é pontuada separadamente) *	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.
8- Presença da vegetação ripária (cada margem é pontuada separadamente) *	Acima de 90% da vegetação nativa. Fitofisionomia esperada para a região sem evidências de desflorestamento.	Entre 70 a 90% com vegetação ripária nativa. Evidências de desflorestamento mas sem alterar a estrutura esperada.	Entre 50 a 70 % da vegetação nativa. Mata secundária presente, mas não dominante. Desflorestamento evidente.	Menos de 50% da vegetação ripária. Desflorestamento muito acentuado. Mata secundária dominante.
9- Extensão da vegetação ripária (cada margem é pontuada separadamente) *	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.

* Somar-se-á a pontuação atribuída a cada margem para o computo final.

** Lei Federal N° 4.771 de 15/09/65 Art 2°, alterada pela Lei N° 7.803 de 18/07/89.

Anexo 1. Continuação. Parâmetros a serem substituídos nos itens 3 e 4 do protocolo das ordens menores para serem aplicados nos trechos baixos (baixo gradiente, trechos acima de 4^a ordem ou áreas não encachoeiradas).

Parâmetros de habitat	Categorias			
	Ótimo (18 pontos)	Sub-ótimo (13 pontos)	Mediano (8 pontos)	Pobre (3 pontos)
3- Características do substrato do remanso	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 vegetais.	Argila consolidada ou rocha. Sem depósitos vegetais.
4- Deposição de sedimentos	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.