

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais

Caracterização limnológica e análise da comunidade de
macro-invertebrados bentônicos em um trecho da sub-bacia
do alto Rio São Francisco (MG, Brasil).

ANA LUCIA SURIANI AFFONSO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para a obtenção do título de doutor em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Odete Rocha

São Carlos
2010

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

S961cl

Suriani-Affonso, Ana Lucia.

Caracterização limnológica e análise da comunidade de macro-invertebrados bentônicos em um trecho da sub-bacia do alto Rio São Francisco (MG, Brasil) / Ana Lucia Suriani Affonso. -- São Carlos : UFSCar, 2010.

188 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2010.

1. Limnologia. 2. Ecologia de rios. 3. Macroinvertebrados bentônicos. 4. Diversidade biológica. 5. Água - qualidade. I. Título.

CDD: 574.52632 (20^a)

Ana Lúcia Suriani

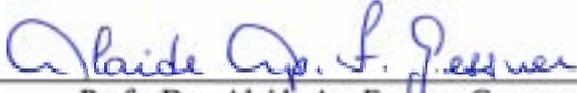
Caracterização limnológica e análise da comunidade de macro-invertebrados bentônicos em um trecho da sub-bacia do alto Rio São Francisco (MG, Brasil)

Tese apresentada à Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

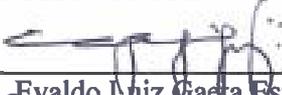
Aprovada em 02 de março de 2010

BANCA EXAMINADORA

Presidente 
Prof. Dra. Odete Rocha
(Orientadora)

1º Examinador 
Prof. Dra. Alaide Ap. Fonseca Gessner
PPGERN/UFSCar

2º Examinador 
Prof. Dra. Maria da Graça Gama Melão
PPGERN/UFSCar

3º Examinador 
Prof. Dr. Evaldo Luiz Gatta Espindola
USP/São Carlos-SP

4º Examinador 
Prof. Dra. Mercedes Marchese
INALI/Santa Fé-Argentina

“Deus quer, o homem sonha e a obra nasce.”
Fernando Pessoa

À minha família: Antônio Augusto, Ana Maria, Amadeu e Maurício que são o verdadeiro sentido da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Professora Odete Rocha, minha orientadora, uma pessoa correta, admirável e competente, que me fez entender o verdadeiro sentido da Ciência. Obrigada por ter confiado em mim, por me apoiar em tudo que realizei durante todos esses anos, pelos conselhos favoráveis à minha vida e por ser além de tudo minha amiga.

Ao José Valdecir de Lucca, amigo especial, que me ensinou muito e me auxiliou durante o desenvolvimento deste trabalho. Obrigada pela amizade, pelos ensinamentos, pelas risadas e brincadeiras, que me fizeram uma pessoa melhor.

Às amigas especiais Roberta e Patrícia, que me acompanharam durante todo o Doutorado, muito obrigada pela amizade de vocês, pelos conselhos, auxílios no laboratório, pelo companheirismo e pelas pessoas verdadeiras e justas que vocês são.

Ao Paulo Augusto Zaitune Pamplin por seus ensinamentos e conselhos sempre necessários e favoráveis a minha vida.

Aos especialistas Dr. Wagner E. P. Avelar da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (USP), Dra. Alaíde Fonseca Gessner da Universidade Federal de São Carlos, Dra. Susana Trivinho Strixino da Universidade Federal de São Carlos, Dra. Maria Virginia Urso Guimarães da Universidade Federal de São Carlos, Doutoranda Márcia Regina Spies da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Doutoranda Ana Emilia Siegloch da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Dra. Janira Martins Costa do Museu Nacional do Rio de Janeiro, Dr. José Ricardo Inácio Ribeiro da Universidade Federal do Pampa e Dra. Mercedes Marchese do Instituto Nacional de Limnologia (INALI-CONICET-UNL) pelo auxílio na identificação dos organismos bentônicos.

À Professora Dra. Alaíde Aparecida Fonseca Gessner, do Departamento de Hidrobiologia da UFSCar, pela ajuda e atenção em tudo que precisei no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Dr. Luis Eduardo Moschini, do Departamento de Hidrobiologia da UFSCar, pela colaboração na obtenção das imagens de satélite e na elaboração dos mapas.

Ao CNPq pelo financiamento do Projeto (Processo: 481901/2004-3), no qual o presente trabalho está inserido.

À Capes pela concessão da bolsa de estudo durante o Doutorado.

Aos amigos que já saíram e aos que ainda se encontram no laboratório: Renatinha, Denise, Fernanda, Magno, Evandro, Fábio Toshiro, Fernanda Marciano, Emanuela, Kátia, Katiúscia, Maísa, Renata, Natália, Laira e Rafael. Muito obrigada pela amizade e por tornarem o meu convívio no DEBE alegre, divertido e descontraído, como se fosse a minha segunda casa.

À Edna por tantos bolos, conselhos e atenção em tudo que precisei no DEBE.

Aos técnicos: Airton, Alcídio e José Valdecir, que me ensinaram muito no campo e trabalharam demais durante as minhas coletas.

À técnica Maria Luisa Sobreira, pelo auxílio nas análises granulométricas do sedimento.

Às minhas amigas de república Carol, Roberta e Paty que se tornaram minhas irmãs e fizeram com que a minha permanência em São Carlos fosse maravilhosa. Obrigada por vocês me agüentarem e por serem tão especiais na minha vida.

Aos meus pais, Antônio Augusto e Ana Maria e ao meu irmão Amadeu, que sempre torceram pelo meu sucesso mesmo estando longe e não mediram esforços para que eu concluísse o Doutorado. Amo todos vocês. Em especial à minha mãe, um exemplo de mulher, que é fonte constante de inspiração e luta por uma vida melhor.

Ao Maurício, esposo, companheiro, amigo e cúmplice de todas as horas, obrigada por tanta paciência desprendida e por ser o meu Porto Seguro de todos esses anos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DAS FIGURAS	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Ambiente lótico	1
1.2. Macro-invertebrados bentônicos	2
1.3. Degradação ambiental e alterações nos ambientes lóticos.....	4
2. OBJETIVO GERAL	7
2.1. Objetivos específicos.....	7
3. HIPÓTESES	8
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	8
4.1. Área de estudo.....	8
4.2. Pontos de amostragem e períodos de coleta	11
4.3. Protocolos de avaliação rápida da diversidade de habitats	12
4.4. Precipitação pluviométrica	13
4.5. Hidrografia e hidrologia	13
4.6. Variáveis limnológicas.....	13
4.6.1. Transparência da água e profundidade local	13
4.6.2. Potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água.....	14
4.6.3. Concentrações de nutrientes na água.....	14
4.6.4. Concentração de material em suspensão	14
4.6.5. Índice de Estado Trófico (IET).....	14
4.6.6. Determinação da concentração de clorofila <i>a</i> e feofitina	15
4.6.7. Granulometria e classificação textural dos sedimentos.....	16
4.6.8. Concentrações de nitrogênio e fósforo nos sedimentos.....	16
4.7. Análise estatística dos dados limnológicos.....	17
4.7.1. Análise Discriminante	17
4.8. Variáveis biológicas	17
4.8.1. Coleta e análise da comunidade de macro-invertebrados bentônicos	17
4.8.2. Frequência de ocorrência (%).....	18
4.8.3. Abundância relativa e densidade numérica da fauna bentônica	18
4.8.4. Determinação da relação Oligochaeta/Oligochaeta + Chironomidae	19
4.8.5. Diversidade da comunidade de macro-invertebrados bentônicos	19
4.8.6. Uniformidade da comunidade de macro-invertebrados bentônicos	19
4.8.7. Índices BMWP e BMWP-ASPT	20
4.8.8. Índice Biótico de Família (FBI).....	21
4.8.9. Determinação do biovolume e estimativa da biomassa.....	21
4.8.10. Classificação trófica funcional	22
4.9. Análises estatísticas dos dados biológicos.....	23
4.9.1. Teste Qui-Quadrado (X^2).....	23
4.9.2. Análise de Agrupamento (Cluster).....	23
4.9.3. Análise de Correspondencia Canônica (CCA)	23

5. RESULTADOS	24
5.1. Caracterização de habitats - Protocolos de avaliação rápida	24
5.2. Precipitação pluviométrica	25
5.3. Medidas hidrográficas e hidrológicas	25
5.4. Variáveis limnológicas	27
5.4.1. Transparência da água e profundidade local	27
5.4.2. Potencial hidrogeniônico	29
5.4.3. Condutividade elétrica.....	31
5.4.4. Concentração de oxigênio dissolvido.....	32
5.4.5. Temperatura da água	34
5.4.6. Concentrações de nutrientes totais e dissolvidos.....	35
5.4.7. Concentração de material em suspensão na água.....	39
5.4.8. Concentrações de clorofila <i>a</i> e de feofitina	40
5.4.9. Índice de Estado Trófico (IET).....	43
5.4.10. Composição granulométrica e classificação textural dos sedimentos	44
5.4.11. Contribuição relativa das frações inorgânicas e orgânicas nos sedimentos	47
5.4.12. Concentrações de nitrogênio e fósforo nos sedimentos.....	48
5.5. Análise estatística multivariada dos dados limnológicos	49
5.5.1. Análise Discriminante	49
5.6. Variáveis biológicas	52
5.6.1. Composição taxonômica da comunidade de macro-invertebrados bentônicos..	52
5.6.2. Frequência de ocorrência dos táxons de macro-invertebrados bentônicos.....	59
5.6.3. Abundância relativa dos principais táxons de macro-invertebrados bentônicos	65
5.6.4. Densidade numérica dos principais táxons de macro-invertebrados bentônicos	68
5.6.5. Relação Oligochaeta/Oligochaeta + Chironomidae	73
5.6.6. Diversidade, uniformidade e riqueza dos macro-invertebrados bentônicos.....	73
5.6.7. Índices BMWP e BMWP-ASPT	75
5.6.8. Índice Biótico de Família (FBI).....	76
5.6.9. Biovolume e Biomassa	77
5.6.10. Grupos Tróficos Funcionais (GTF)	85
5.7. Análises estatísticas dos dados biológicos	87
5.7.1. Teste Qui-Quadrado (X^2).....	87
5.7.2. Comparação entre as comunidades de macro-invertebrados bentônicos e as localidades amostradas, por meio da Análise de Agrupamento (Cluster).....	87
5.7.3. Relações entre as variáveis físicas e químicas e as variáveis biológicas, por meio da Análise de Correspondência Canônica (CCA)	91
6. DISCUSSÃO	98
6.1. Variáveis limnológicas	98
6.1. Variáveis biológicas	103
7. CONCLUSÕES	118
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
ANEXOS	145
ANEXO A – Variáveis Físicas, Químicas e Biológicas do rio Piumhi.	146
ANEXO B – Variáveis Físicas, Químicas e Biológicas do rio São Francisco.	161
ANEXO C – Fotos dos principais organismos bentônicos coletados nos rios Piumhi e São Francisco.	175

RESUMO

Em ambientes lóticos, a fauna bentônica é geralmente bem desenvolvida e constitui uma comunidade de grande importância no funcionamento desses ecossistemas. Os macro-invertebrados bentônicos participam de cadeias alimentares, processos de mineralização, reciclagem da matéria orgânica, fluxo de energia e por isso são úteis no monitoramento da qualidade ambiental. O objetivo deste trabalho foi analisar as características limnológicas e suas relações com a estrutura e a diversidade dos macro-invertebrados bentônicos presentes em um trecho do alto rio São Francisco e de seu tributário, rio Piumhi. As coletas foram realizadas em dois períodos climáticos: o seco, em outubro de 2006 e de 2007, e o chuvoso, em março de 2007 e de 2008, amostrando-se três pontos no rio Piumhi e seis pontos no rio São Francisco. Os resultados obtidos evidenciaram que as águas dos rios São Francisco e Piumhi não se encontravam eutrofizadas, contendo teores relativamente baixos de nutrientes totais e dissolvidos. As águas de ambos os rios estudados apresentaram índices de estado trófico que variaram entre ultraoligotrófico e oligotrófico. Os sedimentos do rio São Francisco foram predominantemente arenosos e argilosos e os do rio Piumhi principalmente arenosos. Em outubro de 2006, março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008 ocorreram 19, 14, 44 e 7 táxons no rio Piumhi e 29, 42, 36 e 31 táxons no rio São Francisco, respectivamente. Houve maior riqueza de táxons e maior diversidade de macro-invertebrados bentônicos no rio São Francisco do que no rio Piumhi, enquanto em relação à abundância numérica verificou-se o oposto. Os únicos táxons considerados constantes foram *Polypedilum* no rio Piumhi (outubro de 2006) e *Smicridea* no rio São Francisco (março de 2007). Em ambos os rios, os maiores valores de abundância e de densidade foram registrados para os representantes da família Chironomidae durante os períodos secos. *Phyllocycla* e *Gomphoides* contribuíram com os maiores valores de biomassa nos rios Piumhi e São Francisco, respectivamente, evidenciando seus potenciais de transferência de energia para outros níveis da cadeia trófica e a necessidade de se utilizarem diferentes métricas para o estudo das comunidades. No rio Piumhi ocorreram 7 grupos tróficos funcionais, enquanto que no rio São Francisco apenas 5 grupos foram registrados, com predominância dos coletores em ambos os rios. Verificou-se uma maior similaridade entre as associações de macro-invertebrados de um mesmo rio, amostradas em diferentes períodos, do que entre as comunidades dos rios em estudo. A análise de correspondência canônica evidenciou que as características do sedimento e as variáveis limnológicas foram os principais fatores que influenciaram a distribuição dos gêneros de Chironomidae.

Palavras-chave: Ecologia de rios, bentos, biodiversidade, limnologia neotropical, qualidade de água.

ABSTRACT

In lotic environments, the benthic fauna is generally well developed and constitutes a community of great importance in the functioning of these ecosystems. The benthic macroinvertebrates participate in food chains, mineralization processes, recycling of organic matter, energy flow and therefore are useful in the monitoring of environmental quality. The purpose of this study was to analyze the limnological characteristics and their influence on the structure and diversity of macroinvertebrate benthic in a stretch of the Upper São Francisco River and its tributary, Piumhi River. The samplings were carried out in two climatic periods, the dry season (October 2006 and 2007) and the rainy season (March 2007 and 2008), sampling up three points in Piumhi River and six points in São Francisco River. Based on the limnological data the rivers can not be considered eutrophic, presenting relatively low levels of nutrients (total and dissolved). The waters of both rivers studied showed trophic state ranging from ultraoligotrophic to oligotrophic. The sediments of São Francisco River was predominantly formed by sand and clay whereas the sediment of Piumhi River was mainly formed by sand. On October 2006, March 2007, October 2007 and March 2008 there were 19, 14, 44 and 7 taxa in Piumhi River and 29, 42, 36 and 31 taxa in São Francisco River, respectively. There were greater richness of taxa and diversity of benthic macroinvertebrates in São Francisco River than in Piumhi River, whereas regarding the numerical abundance the opposite was verified. The only constant taxa were *Polypedilum* in Piumhi River (October 2006) and *Smicridea* in São Francisco River (March 2007). In both rivers, the highest values of abundance and density were recorded for the family Chironomidae during dry periods. *Phyllocycla* and *Gomphoides* showed highest values of biomass in Piumhi and São Francisco Rivers, respectively, evidencing their potential to transfer energy to other levels of the food chain and the need to utilize different metrics for studying communities. In Piumhi River there were 7 functional trophic groups while in São Francisco River only 5 groups were recorded, being collectors the dominant groups in both rivers. There was a greater similarity between the macroinvertebrates assemblages within each river sampled in the four periods, than between the rivers studied. The canonical correlation analyses evidenced that sediment characteristics and limnological variables were the principal factors that influenced the distribution of Chironomidae genera.

Key-words: River ecology, benthos, biodiversity, neotropical limnology, water quality.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Protocolos de avaliação rápida da diversidade de habitats modificados por Callisto et al. (2002) para os rios Piumhi e São Francisco.	24
Tabela 2: Medidas de largura (m), profundidade (m) e velocidade média ($m.s^{-1}$) nos pontos de coleta estabelecidos no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	26
Tabela 3: Medidas de largura (m), profundidade (m) e velocidade média ($m.s^{-1}$) nos pontos de coleta estabelecidos no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	26
Tabela 4: Valores máximos, mínimos, médios e desvios-padrão (SD) das concentrações dos nutrientes dissolvidos e totais da água do rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	37
Tabela 5: Valores máximos, mínimos, médios e desvios-padrão (SD) das concentrações dos nutrientes dissolvidos e totais da água do rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	38
Tabela 6: Porcentagem de argila e classificação textural segundo Camargo et al. (1987) para os sedimentos dos rios Piumhi e São Francisco, durante os períodos de amostragem (outubro de 2006, março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008).	46
Tabela 7: Valores das frações orgânicas e inorgânicas presentes nos sedimentos dos pontos amostrados no rio Piumhi (expressos como porcentagem de peso seco do sedimento), durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	47
Tabela 8: Valores das frações orgânicas e inorgânicas presentes nos sedimentos dos pontos amostrados no rio São Francisco (expressos como porcentagem de peso seco do sedimento), durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	48
Tabela 9: Valores das concentrações de nitrogênio total Kjeldhal (NTK) e fósforo total (PT) presentes nos sedimentos dos pontos amostrados no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	48
Tabela 10: Valores das concentrações de nitrogênio total Kjeldhal (NTK) e fósforo total (PT) presentes nos sedimentos dos pontos amostrados no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	49
Tabela 11: Composição taxonômica e riqueza de espécies da comunidade de macro-invertebrados bentônicos amostrados com draga van Veen no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	53
Tabela 12: Composição taxonômica e riqueza de espécies da comunidade de macro-invertebrados bentônicos coletados com amostrador Surber no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007).	55
Tabela 13: Composição taxonômica e riqueza de espécies da comunidade de macro-invertebrados bentônicos amostrados com draga van Veen no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	57
Tabela 14: Frequência de ocorrência dos táxons de macro-invertebrados bentônicos amostrados com draga van Veen no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	60
Tabela 15: Frequência de ocorrência dos táxons de macro-invertebrados bentônicos coletados com amostrador Surber no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007).	62
Tabela 16: Frequência de ocorrência dos táxons de macro-invertebrados bentônicos amostrados com draga van Veen no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	63

Tabela 17: Valores da densidade (ind.m^{-2}) dos grupos de macro-invertebrados bentônicos amostrados com draga van Veen no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	70
Tabela 18: Valores da densidade (ind.m^{-2}) dos grupos de macro-invertebrados bentônicos coletados com o amostrador Surber no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007). .	71
Tabela 19: Valores da densidade (ind.m^{-2}) dos grupos de macro-invertebrados bentônicos amostrados com draga van Veen no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	71
Tabela 20: Valores médios da proporção entre Oligochaeta e Chironomidae nos rios Piumhi e São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	73
Tabela 21: Valores referentes ao Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), Uniformidade (E) e Riqueza de táxons (S) registrados nos rios Piumhi e São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	74
Tabela 22: Resultados dos Índices BMWP, BMWP-ASPT e suas classificações da qualidade da água estabelecidas para organismos bentônicos amostrados no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	76
Tabela 23: Resultados dos Índices BMWP, BMWP-ASPT e suas classificações da qualidade da água estabelecidas para organismos bentônicos amostrados no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	76
Tabela 24: Valores do Índice biótico de família (FBI) e sua classificação da qualidade da água estabelecida para organismos bentônicos amostrados nos rios Piumhi e São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	77
Tabela 25: Valores totais de biovolume (mm^3) e biomassa (mg.m^{-2}) calculados durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008) nos rios Piumhi e São Francisco.	78
Tabela 26: Número de indivíduos medidos, forma geométrica, parâmetros obtidos para as variáveis mensuradas e valores calculados para o biovolume (mm^3) e biomassa (mg) para os táxons de invertebrados bentônicos presentes no rio Piumhi, durante os períodos de coleta. Espessura somente foi medida no caso em que a fórmula incluía esta dimensão.	79
Tabela 27: Número de indivíduos medidos, forma geométrica, parâmetros obtidos para as variáveis mensuradas e valores calculados para o biovolume (mm^3) e biomassa (mg) para os táxons de invertebrados bentônicos presentes no rio São Francisco, durante os períodos de coleta. Espessura somente foi medida no caso em que a fórmula incluía esta dimensão.	81

LISTA DAS FIGURAS

Figura 1: Localização do trecho do alto rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil, evidenciando a confluência do rio Piumhi com o rio São Francisco e os pontos amostrados para este estudo (Fonte: Google Earth. Autoria: Luiz Eduardo Moschini, Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental da UFSCar).....	10
Figura 2: Aspecto geral do rio Piumhi durante os períodos secos (S) em outubro de 2006 e de 2007 e nos períodos chuvosos (C) em março de 2007 e de 2008. Fotos da autora.	11
Figura 3: Aspecto geral do rio São Francisco durante os períodos secos (S) em outubro de 2006 e de 2007 e nos períodos chuvosos (C) em março de 2007 e de 2008. Fotos da autora.	12
Figura 4: Valores mensais de precipitação pluviométrica registrados em região próxima à confluência dos rios São Francisco e Piumhi, nos anos de 2006, 2007 e 2008. Fonte: Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Piumhi, MG.....	25
Figura 5: Valores médios de vazão ($m^3.s^{-1}$) registrados nos rios Piumhi e São Francisco em outubro de 2006 e de 2007 (períodos secos) e em março de 2007 e de 2008 (períodos chuvosos).	27
Figura 6: Valores da profundidade máxima local e da transparência da água (visibilidade do Disco de Secchi) nos pontos de coleta do rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	28
Figura 7: Valores da profundidade máxima local e da transparência da água (visibilidade do Disco de Secchi) nos pontos de coleta do rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	29
Figura 8: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão de pH no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	30
Figura 9: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão de pH no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	30
Figura 10: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão da condutividade elétrica ($\mu S.cm^{-1}$) no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	31
Figura 11: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão da condutividade elétrica ($\mu S.cm^{-1}$) no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	32
Figura 12: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão da concentração de oxigênio dissolvido ($mg.L^{-1}$) no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	33
Figura 13: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão da concentração de oxigênio dissolvido ($mg.L^{-1}$) no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	33
Figura 14: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão da temperatura da água ($^{\circ}C$) no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	34
Figura 15: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão da temperatura da água ($^{\circ}C$) no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	35
Figura 16: Variação da concentração de material em suspensão total (MO - Matéria orgânica e MI - Matéria inorgânica) em relação aos pontos amostrados no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	39
Figura 17: Variação da concentração de material em suspensão total (MO - Matéria orgânica e MI - Matéria inorgânica) em relação aos pontos amostrados no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	40

Figura 18: Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão da concentração de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$), considerando todos os pontos de amostragem do rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).....	41
Figura 19: Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão da concentração de clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$), considerando todos os pontos de amostragem do rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	41
Figura 20: Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão da concentração de feofitina ($\mu\text{g.L}^{-1}$), considerando todos os pontos de amostragem do rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).....	42
Figura 21: Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão da concentração de feofitina ($\mu\text{g.L}^{-1}$), considerando todos os pontos de amostragem do rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).....	42
Figura 22: Valores do Índice de Estado Trófico (IET) médio de Carlson modificado por Lamparelli (2004), baseado nas concentrações de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$), registrados durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008) no rio Piumhi.	43
Figura 23: Valores do Índice de Estado Trófico (IET) médio de Carlson modificado por Lamparelli (2004), baseado nas concentrações de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$), registrados durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008) no rio São Francisco.	44
Figura 24: Composição granulométrica dos sedimentos nos pontos de coleta do rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	45
Figura 25: Composição granulométrica dos sedimentos nos pontos de coleta do rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	46
Figura 26: Análise discriminante das distribuições das variáveis limnológicas presentes no sedimento e na água do rio Piumhi durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008), sendo: seca 1 (outubro de 2006), seca 2 (outubro de 2007), chuva 1 (março de 2007), chuva 2 (março de 2008), NOT (nitrogênio orgânico total), PT (fósforo total), PO4 dissolvido (fosfato dissolvido), PO4 inorg (fosfato inorgânico), PO4 org (fosfato orgânico), CE (condutividade elétrica), T (temperatura), O2 (oxigênio dissolvido), Psed (fósforo no sedimento), Nsed (nitrogênio no sedimento) e MO (matéria orgânica no sedimento).....	50
Figura 27: Análise discriminante das distribuições das variáveis limnológicas presentes no sedimento e na água do rio São Francisco durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008), sendo: seca 1 (outubro de 2006), seca 2 (outubro de 2007), chuva 1 (março de 2007), chuva 2 (março de 2008), NOT (nitrogênio orgânico total), PT (fósforo total), PO4 dissolvido (fosfato dissolvido), PO4 inorg (fosfato inorgânico), PO4 org (fosfato orgânico), CE (condutividade elétrica), T (temperatura), O2 (oxigênio dissolvido), Psed (fósforo no sedimento), Nsed (nitrogênio no sedimento) e MO (matéria orgânica no sedimento).....	51
Figura 28: Abundância relativa (%) dos principais grupos taxonômicos da comunidade bentônica amostrados com draga van Veen no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	67
Figura 29: Abundância relativa (%) dos principais grupos taxonômicos da comunidade bentônica coletados com amostrador Surber no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007).	67
Figura 30: Abundância relativa (%) dos principais grupos taxonômicos da comunidade bentônica amostrados com draga van Veen no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).	68
Figura 31: Variação da densidade numérica total (ind.m^{-2}) dos macro-invertebrados bentônicos presentes nos sedimentos dos rios Piumhi e São Francisco em outubro de 2006, março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008.	70

- Figura 32:** Variação da densidade numérica (ind.m^{-2}) dos macro-invertebrados bentônicos e dos valores de vazão média ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) das águas no rio Piumhi registrada durante os períodos de outubro de 2006 a março de 2008..... 72
- Figura 33:** Variação da densidade numérica (ind.m^{-2}) dos macro-invertebrados bentônicos e dos valores de vazão média ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) das águas no rio São Francisco registrada durante os períodos de outubro de 2006 a março de 2008. 72
- Figura 34:** Comparação das curvas do componente de dominância da diversidade para a comunidade de macro-invertebrados bentônicos no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008)..... 74
- Figura 35:** Comparação das curvas do componente de dominância da diversidade para a comunidade de macro-invertebrados bentônicos no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008)..... 75
- Figura 36:** Contribuição em biomassa (%) dos principais táxons presentes no rio Piumhi durante os períodos de amostragem..... 84
- Figura 37:** Contribuição em biomassa (%) dos principais táxons presentes no rio São Francisco durante os períodos de amostragem. 84
- Figura 38:** Abundância relativa dos grupos tróficos funcionais na comunidade de macro-invertebrados bentônicos amostrada no rio Piumhi durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008). 86
- Figura 39:** Abundância relativa dos grupos tróficos funcionais na comunidade de macro-invertebrados bentônicos amostrada no rio São Francisco durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008). 86
- Figura 40:** Dendrograma resultante da análise de agrupamento segundo o índice de Jaccard e ligação tipo UPGMA (média de grupo) para as associações de macro-invertebrados bentônicos presentes nos pontos do rio Piumhi, amostradas nos períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008). Coeficiente cofenético: 0,8369. Legenda: col1 – outubro de 2006; col2 – março de 2007; col3 – outubro de 2007; col4 – março de 2008. 89
- Figura 41:** Dendrograma resultante da análise de agrupamento segundo o índice de Jaccard e ligação tipo UPGMA (média de grupo) para as associações de macro-invertebrados bentônicos presentes nos pontos do rio São Francisco, amostradas nos períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008). Coeficiente cofenético: 0,8015. Legenda: col1 – outubro de 2006; col2 – março de 2007; col3 – outubro de 2007; col4 – março de 2008. 90
- Figura 42:** Dendrograma resultante da análise de agrupamento segundo o índice de Jaccard e ligação tipo UPGMA (média de grupo) para as associações de macro-invertebrados bentônicos presentes nos rios Piumhi e São Francisco, amostradas nos períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008). Coeficiente cofenético: 0,8636. Legenda: RP - Rio Piumhi; RSF – Rio São Francisco; col1 – outubro de 2006; col2 – março de 2007; col3 – outubro de 2007; col4 – março de 2008. 91
- Figura 43:** Eixos de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica das variáveis (granulometria, matéria orgânica, nitrogênio e fósforo total) do sedimento e os táxons de Chironomidae amostrados nos pontos do rio Piumhi nos períodos secos e chuvosos, sendo: Col1 (outubro de 2006), Col2 (março de 2007), Col3 (outubro de 2007), Col4 (março de 2008), N (nitrogênio total) e P (fósforo total). 94
- Figura 44:** Eixos de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica das variáveis físicas das variáveis físicas e químicas da água e os táxons de Chironomidae amostrados nos pontos do rio Piumhi nos períodos secos e chuvosos, sendo: Col1 (outubro de 2006), Col2 (março de 2007), Col3 (outubro de 2007), Col4 (março de 2008), O₂ (oxigênio dissolvido), T (temperatura), Nit tot (nitrogênio total) e Fos tot (fósforo total). 95
- Figura 45:** Eixos de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica das variáveis (granulometria, matéria orgânica, nitrogênio e fósforo total) do sedimento e os táxons de Chironomidae amostrados nos pontos do rio São Francisco nos períodos secos e chuvosos, sendo:

Col1 (outubro de 2006), Col2 (março de 2007), Col3 (outubro de 2007), Col4 (março de 2008), N (nitrogênio total) e P (fósforo total). 96

Figura 46: Eixos de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica das variáveis físicas e químicas da água e os táxons de Chironomidae amostrados nos pontos do rio São Francisco nos períodos secos e chuvosos, sendo: Col1 (outubro de 2006), Col2 (março de 2007), Col3 (outubro de 2007), Col4 (março de 2008), O2 (oxigênio dissolvido), T (temperatura), Nit tot (nitrogênio total) e Fos tot (fósforo total)..... 97

1. INTRODUÇÃO

1.1. Ambiente lótico

Os rios são ecossistemas abertos que estão em constante interação com o sistema terrestre e a atmosfera circundante. Estes ambientes lóticos são caracterizados por um alto nível de heterogeneidade espacial (diferenças de substrato, profundidade e velocidade da correnteza) e temporal (variações das condições climáticas) que resultam em mudanças físicas e químicas do ambiente e alterações nas comunidades bióticas (VANNOTE et al., 1980; GORDON et al., 1992; COOPER et al., 1997).

De acordo com Petts (2000), os rios devem ser classificados em três dimensões espaciais: a longitudinal, a lateral e a vertical.

A dimensão longitudinal, segundo Statzner & Higler (1985a), é influenciada pela composição litológica, climatológica e tectônica de cada curso d'água, conferindo a este perfil características específicas.

A dimensão lateral em ecossistemas prístinos depende de fatores exclusivamente relacionados com a dissolução de rochas como a geologia, declividade, profundidade, permeabilidade do solo (HYNES, 1975; ALLAN, 1995), precipitação pluviométrica e atividade vulcânica. Em ambientes sob ação antrópica, além dos fatores citados, a poluição, tanto por fontes pontuais quanto difusas, também influencia esta dimensão.

A dimensão vertical relaciona-se com a contribuição das águas subterrâneas na composição das águas superficiais. Durante os períodos de estiagem, o fluxo de base constitui a maior parte da água que flui no canal (HYNES, 1983).

Alguns autores como Frissell et al. (1986) mencionam a dimensão temporal como um complemento às demais dimensões, pois considera a abrangência de cada elemento em relação ao tempo, a frequência e o período de retorno de um determinado evento.

As características dos ambientes lóticos como o movimento unidirecional em sentido à foz, níveis variados de descarga, velocidade da correnteza, profundidade, largura, turbulência contínua e mistura das camadas de água (WILLIAMS & FELTMATE, 1994) interferem no estabelecimento dos componentes bióticos nesses ecossistemas.

Os rios abrigam inúmeros animais, tanto invertebrados quanto vertebrados (BISPO & OLIVEIRA, 1998). Dentre as diversas comunidades estão compreendidos os

produtores primários: macrófitas aquáticas, o fitoplâncton e o perifiton; e os consumidores heterótrofos: bacterioplâncton, protozooplâncton, zooplâncton, necton (répteis e peixes) e bentos (ALHO et al., 1988; BAYLEY, 1989).

O fluxo hidrológico é umas das principais variáveis que influencia e limita a distribuição de espécies, regulando a integridade ecológica de rios e córregos (POFF et al., 1997). Muitos dos principais parâmetros ambientais, como a distribuição de sedimentos e nutrientes, concentração de oxigênio dissolvido, temperatura da água e estrutura de habitat estão intimamente relacionados aos padrões hidrológicos, assim como a própria distribuição das espécies tanto nativas como exóticas.

Portanto, em estudos de ambientes lóticos, os cursos d'água devem ser considerados como ecossistemas, ou seja, uma região definida onde comunidades biológicas interagem com a matriz física e química, influenciando de forma significativa a qualidade das águas (SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

1.2. Macro-invertebrados bentônicos

A comunidade de macro-invertebrados em ambientes lóticos está representada por vários filos, como Arthropoda (insetos, ácaros, crustáceos), Mollusca (gastrópodes e bivalves), Annelida (oligoquetos e hirudíneos), Nematoda e Platyhelminthes (HAUER & RESH, 1996). A distribuição destes organismos está diretamente relacionada ao fluxo de água, qualidade e disponibilidade de alimento, tipo de substrato, temperatura, pH, profundidade, concentração de oxigênio dissolvido na água, competição e a predação (ROSENBERG & RESH, 1993; ESTEVES, 1998). A velocidade da correnteza é considerada importante dentro dos fatores abióticos, pois varia durante as estações do ano e modifica a natureza dos substratos, influenciando a estrutura das comunidades de macro-invertebrados (WHITTON, 1975).

Entre os principais grupos de macro-invertebrados bentônicos, destacam-se as larvas de insetos, que são geralmente encontradas em elevada quantidade, abundância e diversidade de grupos (HYNES, 1970; LAKE, 1990), sendo sua distribuição relacionada às características morfométricas, físicas e químicas do habitat, à disponibilidade de recursos alimentares e ao hábito de cada espécie (RESH & ROSENBERG, 1984; BOLTOVSKOY et al., 1995, MERRITT & CUMMINS, 1996).

Alguns insetos permanecem na água em parte do seu ciclo de vida ou toda a vida, associados ao substrato de fundo, como por exemplo: larvas aquáticas de Diptera,

Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Hemiptera, Lepidoptera, Trichoptera, Coleoptera e ainda outros grupos de invertebrados como os Platyhelminthes, Crustáceos, Nematoda, Anellida e Mollusca.

Os representantes da família Chironomidae são considerados os mais abundantes na comunidade bentônica (PINDER, 1983; CALLISTO et al., 2002) e normalmente são dominantes nos ecossistemas aquáticos devido à capacidade de tolerar diferentes tipos de condições extremas (CRANSTON, 1995; DI GIOVANNI et al., 1996).

Além dos Chironomidae, outro grupo importante da fauna bentônica são os Oligochaeta, entre os quais algumas espécies são consideradas bons indicadores ambientais devido à sua ampla tolerância a fatores ambientais, principalmente aos efeitos tóxicos causados por metais e por poluentes alóctones (MARCHESE & EZCURRA DE DRAGO, 1999; PRYGIEL et al., 2000).

Os Ephemeroptera são preferencialmente habitantes de águas limpas e com altas concentrações de oxigênio (WETZEL, 1993). Os representantes deste grupo alcançam grande riqueza de espécies em riachos limpos, com fundo rochoso e águas bem oxigenadas (ROLDÁN-PEREZ, 1988; EDMUNDS & WALTZ, 1996). Os organismos imaturos da ordem Plecoptera também são comuns em águas correntes limpas e, juntamente com os Ephemeroptera e Trichoptera são muito utilizados em programas de biomonitoramento da qualidade da água (ROSENBERG & RESH, 1993). Os Hirudínea habitam preferencialmente águas rasas com vegetação, não toleram correntes rápidas e são favorecidos em ambientes com alto teor de poluentes orgânicos (BARNES, 1984). Entretanto, nem todas as espécies ou gêneros dentro destes grupos são sensíveis ou tolerantes à poluição orgânica nos ecossistemas aquáticos.

Existem algumas famílias cujos representantes são típicos de ambientes limpos ou de boa qualidade de água como, por exemplo, Psephenidae, Gripopterygidae, Perlidae, Corydalidae, Elmidae e Leptophlebiidae. Por outro lado, os representantes das famílias Simuliidae, Hydropsychidae, Hydrobiidae e Baetidae são considerados tolerantes podendo viver em ambientes com pouco a moderado enriquecimento orgânico. Os representantes da Família Chironomidae e da Classe Oligochaeta são considerados organismos resistentes à poluição (CALLISTO et al., 2001b).

A importância dos macro-invertebrados em ecossistemas aquáticos deve-se à sua participação nas cadeias alimentares (servem de alimento para peixes e crustáceos), nos processos de mineralização, na reciclagem da matéria orgânica, no fluxo de energia

(COVICH et al., 1999; CALLISTO et al., 2001b) e no monitoramento da qualidade ambiental dos locais onde vivem (LANG & REYMOND, 1996).

Algumas características destes organismos fazem deste grupo um bioindicador potencial para a avaliação da qualidade de água, como o ciclo de vida longo, a presença de representantes de vários filos, a sensibilidade a vários tipos de poluentes e a facilidade para coleta (METCALFE, 1989). Entretanto, segundo CHESSMAN (1999), uma dificuldade comum no uso da biota para avaliar a poluição da água é a grande variabilidade biológica que ocorre naturalmente dentro e entre os corpos d' água.

Os macro-invertebrados bentônicos respondem à poluição, apresentando alterações na fisiologia, na morfologia, na abundância ou no comportamento das espécies, o que indica quais variáveis químicas e físicas estão fora dos limites toleráveis, ou ainda no caso dos distúrbios maiores, modificações na composição das comunidades (FARIA & ALMEIDA, 2007).

Diversos estudos têm investigado a estrutura e distribuição da comunidade dos invertebrados bentônicos, juntamente com os fatores físicos e químicos nos rios brasileiros. No Estado de Minas Gerais, entre os trabalhos realizados neste tipo de ecossistemas, destacam-se os estudos de Marques et al. (1999), Callisto et al. (2001a), Galdean et al. (2001), Barbosa (2003), Callisto et al. (2004), Moretti & Callisto (2005), França et al. (2006), Tupinambás et al. (2007), Silveira et al. (2009), Horta et al. (2009) e Ferreira et al. (2009).

1.3. Degradação ambiental e alterações nos ambientes lóticos

A importância dos rios para a população humana é indiscutível. A água dos rios é indispensável para o abastecimento público, dessedentação de animais, fonte de alimento, geração de energia elétrica, transporte e recreação além de outros usos, como o industrial e o agrícola. Apesar da sua imprescindível importância como recurso natural amplamente reconhecida, existem evidências de que a degradação destes ecossistemas aquáticos está atingindo os níveis máximos, comprometendo suas funções ecológicas (BERNHARDT et al., 2005).

As intervenções humanas oriundas do crescimento acelerado da população e da urbanização, como a extração de água subterrânea, mineração, construção de represas, lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados, desmatamentos, eutrofização artificial, introdução de espécies exóticas, retilinização e o desvio do curso

natural de rios representam grandes ameaças à conservação dos sistemas lóticos (CALLISTO et al., 2001b; BARROS et al., 2003; CALLISTO & GONÇALVES JÚNIOR, 2005).

Os rios recebem materiais, sedimentos e poluentes de toda sua bacia de drenagem, refletindo os usos e ocupação do solo nas áreas vizinhas (CALLISTO et al., 2001b). Estas ações no entorno promovem o assoreamento e homogeneização do leito de rios e córregos, a diminuição da diversidade de habitats e microhabitats e o aumento da temperatura (LIMA & ZAKIA, 2001; CALLISTO et al., 2002). Estes impactos modificam ainda a quantidade e a qualidade da água e alteram a biodiversidade aquática e as cadeias alimentares existentes (GOULART & CALLISTO, 2003; PINTO et al., 2004), uma vez que as perturbações antrópicas geralmente refletem negativamente no sucesso reprodutivo, crescimento, comportamento e sobrevivência das espécies (MOYLE & LEIDY, 1992; ABRAMOVITZ, 1996; BARRELLA et al., 2001).

Para Meybeck et al. (1996), a origem dos elementos carregados pelos rios é bastante diversa e as principais fontes destes elementos para os corpos d'água são as interações químicas das águas com as rochas, as entradas atmosféricas, a lixiviação de solos orgânicos e as atividades antropogênicas, que provocam o assoreamento. O assoreamento, segundo Vieira & Silva (2009), é o acúmulo de solo desprendido de erosões e outros materiais levados até rios e lagos pela chuva ou pelo vento. Este processo reduz o volume de água, torna-a turva e impossibilita a entrada de luz, dificultando a fotossíntese e impedindo a renovação do oxigênio para algas e peixes. O assoreamento e a perda da heterogeneidade de habitats nos rios podem ser responsáveis pela diminuição ou até mesmo pela extinção de comunidades aquáticas (KRUPPEK & FELSKI, 2006).

Dentre os fatores que ocasionam alterações significativas nas características dos ambientes lóticos destacam-se:

a) A remoção da mata ciliar acarreta conseqüências diversas como a alteração na estrutura biótica do ambiente (como por exemplo, na composição, abundância e na diversidade de algas, macro-invertebrados e peixes). Em maior proporção, a diminuição desta vegetação pode conduzir a modificações extremas nestes ecossistemas (KRUPPEK & FELSKI, 2006). Além disso, pode afetar o ciclo hidrológico numa escala regional, comprometendo a drenagem e o estoque de água nos corpos hídricos superficiais e nos aquíferos, reduzindo a precipitação pelo aumento do albedo e diminuindo a ciclagem de nutrientes (JACKSON et al., 2001; SAUNDERS et al., 2002). A necessidade de matas

ciliares ao longo de rios e a sua preservação são determinadas pelo Código Florestal (Lei 4.771/65) e pelo CONAMA (302 e 303/02), onde em rios de pequeno porte, com a largura variando entre 10 e 50m, a mata ciliar deve estar presente com 50m de largura. Já em rios maiores (de 50 a 200m de largura) a mata ciliar deve possuir 100m de largura, em cada uma das margens.

b) A poluição por efluentes industriais ou domésticos pode ser tóxica e provocar mudanças em outras variáveis como temperatura, pH e salinidade da água nos corpos receptores (BORRELY, 2001). Essa situação é agravada, pois os efluentes normalmente contêm mais de um componente químico tóxico que variam na composição e no tempo (RAND, 1995). O esgoto doméstico quando este é lançado *in natura* num corpo d'água qualquer, tende a ser estabilizado por um processo denominado autodepuração (oxidação da matéria orgânica) realizado por bactéria aeróbicas (NUCCI et al., 1978).

Uma das conseqüências frequentes da poluição orgânica é a eutrofização ou enriquecimento do corpo d'água por nutrientes, principalmente pelo nitrogênio e fósforo. A poluição por matéria orgânica rica em fosfatos e nitratos gera um aumento de nutrientes para as algas, que acabam provocando uma depleção da concentração de oxigênio presente no meio aquático. O processo de eutrofização em rios é menos frequente, devido às condições ambientais serem mais desfavoráveis para o crescimento de algas e outras plantas, como por exemplo, elevados valores de turbidez e de velocidade da correnteza (VON SPERLING, 1996). Além dos efluentes industriais e domésticos a agricultura intensiva, com adição massiva de fertilizantes, ricos em nitrogênio, fósforo e potássio e micro-nutrientes como enxofre, boro, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e cobalto (HÜTTNER & MOREIRA, 2000) causam os desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo, alterações no equilíbrio nutricional das plantas e contaminação dos recursos hídricos (SEGANFREDO, 2007).

c) O uso generalizado e intensivo de pesticidas tem gerado diversos problemas relacionados à saúde pública e ao desequilíbrio ambiental, tais como intoxicações de agricultores, contaminações de alimentos, água e solos e desequilíbrio ecológico. Quando estas substâncias chegam aos rios ocorre a bioacumulação ao longo das cadeias alimentares fazendo com que todos os seres vivos sejam prejudicados por sua ação (COSTA et al., 2008).

d) Uma das ameaças mais comuns à conservação da biodiversidade em ecossistemas lóticos é a introdução de espécies exóticas. Em muitos casos, a colonização destas espécies exóticas ocorre em detrimento à preservação da diversidade

local. Estas espécies exóticas podem ter vantagens na competição com espécies nativas (MOULTON & SOUZA, 2006). Características de *r*-estrategistas (uso pioneiro do habitat, curto tempo de geração, altas taxas de crescimento e corpo pequeno), ou a capacidade de alternância entre as estratégias *r* e *K* e a flexibilidade ecológica são determinantes para o êxito da invasão. Diante de novas situações, os indivíduos invasores podem também ajustar-se fisiológica ou morfológicamente, determinando assim seu êxito como invasor (BAKER, 1965; VERMEIJ, 1996; ROSECCHI et al., 2001). Atualmente, os estudos de diversidade nas diferentes comunidades devem focalizar não apenas o registro das espécies exóticas, mas também suas abundâncias e interações com as espécies nativas, como subsídios para as ações de controle ou erradicação das mesmas.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a estrutura (composição, densidade, biomassa e classificação trófica funcional) da comunidade de macro-invertebrados bentônicos e sua relação com as características ambientais de sistemas lóticos pertencentes a bacia do alto rio São Francisco.

2.1. Objetivos específicos

- 1) Analisar a composição taxonômica, a estrutura e a diversidade da comunidade bentônica em um trecho da bacia do alto rio São Francisco;
- 2) Analisar as variáveis limnológicas dos trechos estudados (rios São Francisco e Piumhi);
- 3) Avaliar se as alterações das variáveis abióticas e bióticas, nos rios em estudo, decorrem dos períodos climáticos de seca e chuva;
- 4) Avaliar como as variáveis físicas e químicas da água e granulométricas do sedimento podem determinar prováveis relações com a ocorrência e densidade das populações de macro-invertebrados bentônicos.

3. HIPÓTESES

- 1) A riqueza de espécies e a diversidade da comunidade bentônica é maior no rio São Francisco do que em seu afluente o rio Piumhi, tendo em vista as grandes alterações ocasionadas pela remoção da mata ciliar e o assoreamento causado pela escavação do canal, após a transposição do rio Piumhi.
- 2) A densidade de macro-invertebrados bentônicos é maior no rio Piumhi do que no rio São Francisco, pois o estresse da transposição pode ter selecionado apenas as espécies mais tolerantes.
- 3) Existe variação temporal (período seco e chuvoso) na riqueza de espécies, na diversidade e na densidade de macro-invertebrados bentônicos nos rios Piumhi e São Francisco, por serem estes os distúrbios ambientais mais importantes nos sistemas localizados na região tropical.
- 4) Nas porções amostradas do rio Piumhi e do Rio São Francisco devem predominar os grupos tróficos funcionais dos coletores-filtradores ou dos coletores-catadores, por corresponderem a trechos distantes da nascente.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O rio São Francisco (Figura 1), uma das principais bacias hidrográficas brasileiras, possui 2700 km de extensão, drena uma área de aproximadamente 645 mil Km² e é formado por 168 afluentes. Sua bacia está compreendida entre as latitudes 13° e 21° S e as longitudes 36° e 48° W (GODINHO & GODINHO, 2003). Ao longo do seu percurso, o rio São Francisco atravessa cinco Estados (Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas), podendo ser dividido em 4 trechos: o alto São Francisco, que vai de suas cabeceiras até Pirapora, em Minas Gerais; o médio, de Pirapora até Remanso, na Bahia; o submédio, de Remanso até Paulo Afonso, também na Bahia; e o baixo, de Paulo Afonso até a foz.

A pluviometria média no Alto São Francisco varia de 1900 milímetros na Serra da Canastra a 130 milímetros na região de Pirapora. As paisagens deste trecho do rio Francisco foram marcadamente alteradas pelas atividades econômicas regionais, como a agricultura e a agropecuária que transformaram a maior parte da vegetação originalmente constituída por Mata Atlântica e cerrado em monoculturas e pastagens.

O rio Piumhi (Figura 1) nasce na divisa entre os municípios de Vargem Bonita e Piumhi (Minas Gerais), sua cabeceira é formada pela união dos córregos Desterro, Jorça e Confusão, a cerca de 930 m de altitude. No final da década de 60 este rio, que era um tributário da bacia do rio Grande, teve seu curso desviado para o córrego Ribeirão Sujo, um afluente da bacia do rio São Francisco, em decorrência de obras realizadas durante a construção da usina hidroelétrica de Furnas. A microbacia do rio Piumhi encontra-se bastante alterada, estando o rio em sua maior parte desprovido de mata ciliar, sendo a agropecuária a principal atividade econômica da região (pastagem e cultivo de produtos agrícolas como café, milho e feijão) (MOREIRA-FILHO, 2004, 2006).

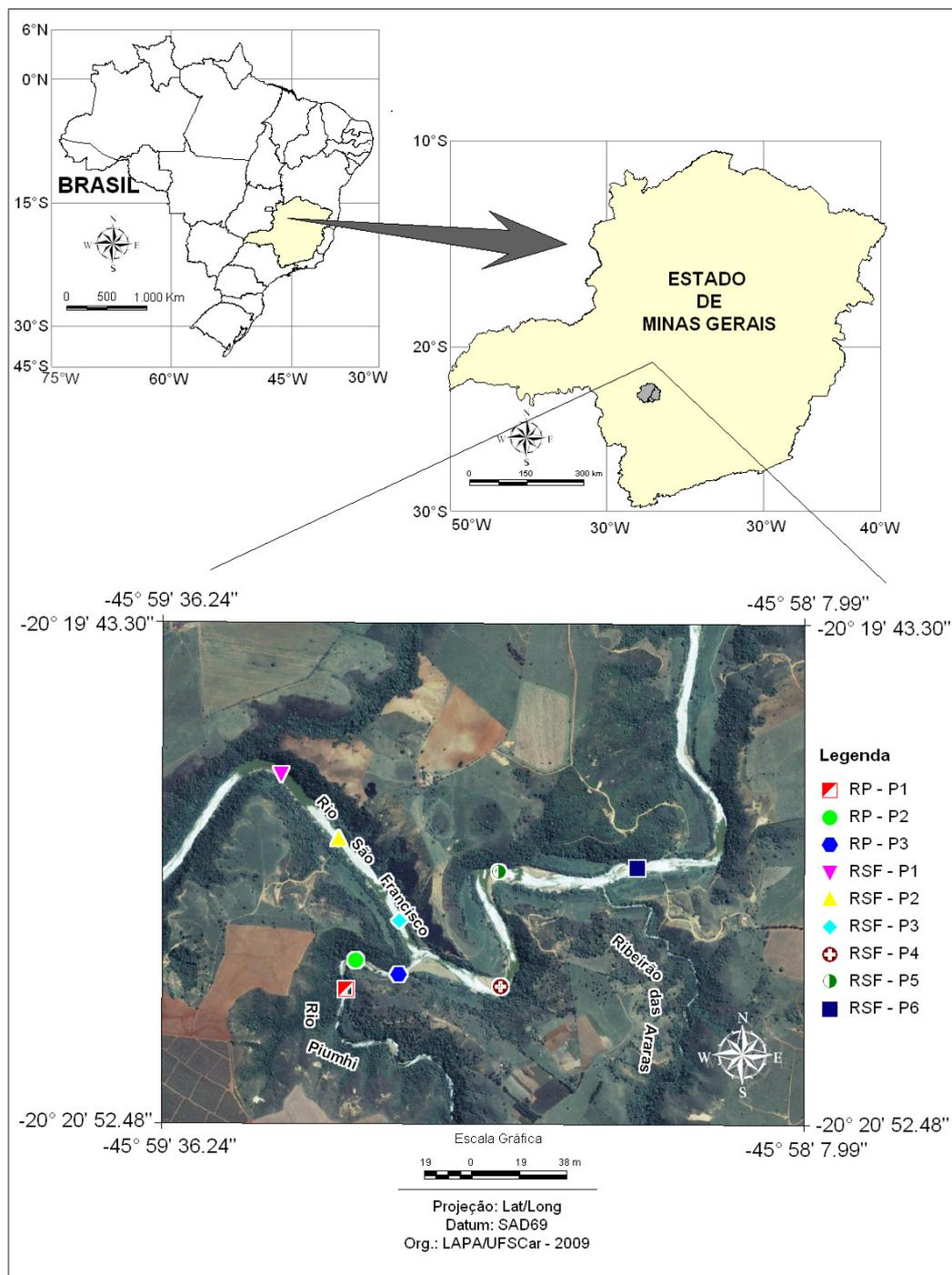


Figura 1: Localização do trecho do alto rio São Francisco, Minas Gerais, Brasil, evidenciando a confluência do rio Piumhi com o rio São Francisco e os pontos amostrados para este estudo (Fonte: Google Earth. Autoria: Luiz Eduardo Moschini, Laboratório de Análise e Planejamento Ambiental da UFSCar).

4.2. Pontos de amostragem e períodos de coleta

As coletas foram realizadas nos meses de outubro em 2006 e 2007 e março em 2007 e 2008, correspondendo aos períodos secos e chuvosos, respectivamente. Foram estabelecidos 3 pontos de amostragem no rio Piumhi (Figuras 1 e 2) e 6 pontos no rio São Francisco (Figuras 1 e 3), sendo 3 pontos a montante e 3 a jusante da confluência do rio Piumhi com o São Francisco. Estes, por sua vez, foram georeferenciados com GPS da marca Garmin, modelo 130 Sounder.

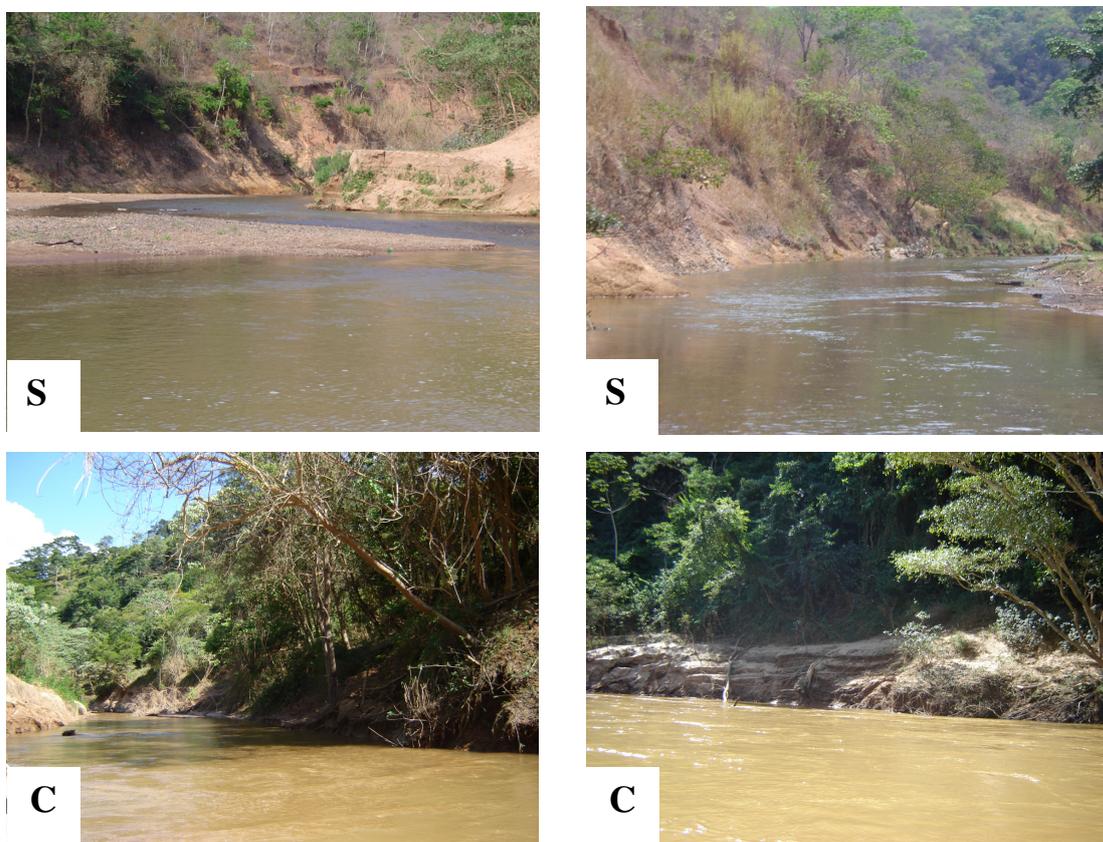


Figura 2: Aspecto geral do rio Piumhi durante os períodos secos (S) em outubro de 2006 e de 2007 e nos períodos chuvosos (C) em março de 2007 e de 2008. Fotos da autora.



Figura 3: Aspecto geral do rio São Francisco durante os períodos secos (S) em outubro de 2006 e de 2007 e nos períodos chuvosos (C) em março de 2007 e de 2008. Fotos da autora.

4.3. Protocolos de avaliação rápida da diversidade de habitats

Nos trechos estudados foram aplicados os protocolos de avaliação rápida propostos por Hannaford et al. (1997) e EPA (1987) modificados por Callisto et al. (2002) com o objetivo de auxiliar na caracterização ambiental e ecológica dos trechos amostrados nos rios Piumhi e São Francisco. O primeiro protocolo avalia as características de trechos de bacia e o nível de impactos ambientais antrópicos,

enquanto que o segundo analisa as condições de habitat e nível de conservação das condições naturais.

Callisto et al. (2002) definem três níveis de preservação a partir da pontuação resultante dos protocolos: 0 a 40 pontos que indicam trechos impactados; 41 a 60 pontos que indicam trechos alterados, e valores superiores a 61 pontos, que indicam trechos naturais.

4.4. Precipitação pluviométrica

Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos no SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) do município de Piumhi, referentes aos anos de 2006, 2007 e 2008, período que compreende os meses de coleta.

4.5. Hidrografia e hidrologia

Em cada um dos pontos avaliados foram amostradas as seguintes variáveis hidrográficas e hidrológicas na calha dos rios: largura total, profundidade média, velocidade média da correnteza e vazão.

A vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) foi obtida multiplicando-se a área da secção transversal do rio que inclui o ponto de coleta (m^2) pela velocidade da correnteza na mesma ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), medida “in situ” pelo fluxômetro modelo 2030 da General Oceanics.

4.6. Variáveis limnológicas

4.6.1. Transparência da água e profundidade local

A medida da transparência da água nos pontos amostrados foi realizada por meio da leitura da profundidade do desaparecimento visual do disco de Secchi (MARGALEF, 1983). A profundidade foi determinada por ecobatímetro da marca Garmin, modelo 135.

4.6.2. Potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água

As medidas das variáveis abióticas da água como pH, condutividade elétrica, concentração de oxigênio dissolvido e temperatura da água foram medidas *in situ*, próximo ao sedimento, utilizando-se um multisensor da marca HORIBA, modelo U-10.

4.6.3. Concentrações de nutrientes na água

As amostras de água da superfície para as análises de nutrientes totais (nitrogênio e fósforo) e dissolvidos foram coletadas utilizando-se frascos de polietileno e congeladas até análise. No laboratório, partes das amostras foram filtradas em filtros de microfibras de vidro da marca GF/C Whatman, com 47 mm de diâmetro e 1,2 micra de abertura de poro, a fim de analisar o material particulado. As concentrações dos principais nutrientes (nitrito, nitrato, amônio, nitrogênio orgânico total, fosfato inorgânico, fosfato dissolvido total e fósforo total) presentes na água foram determinadas espectrofotometricamente, segundo as metodologias descritas por Strickland & Parsons (1960), Koroleff (1976), Golterman et al. (1978), Mackereth et al. (1978) e Valderrama (1981).

4.6.4. Concentração de material em suspensão

O teor de material em suspensão (matéria orgânica e inorgânica) foi determinado em cada ponto de coleta, utilizando-se filtros GF/C fibra de vidro da marca Whatman 47 mm, 1,2 µm de abertura de poro, previamente calcinados a 480 °C por uma hora, seguindo-se a metodologia descrita em Cole (1979).

4.6.5. Índice de Estado Trófico (IET)

O Índice de Estado Trófico utilizado para classificar o estado trófico dos rios foi o de Carlson (1977) modificado por Lamparelli (2004). Os parâmetros utilizados para o cálculo deste índice foram as concentrações de fósforo total (P) e de clorofila *a* (CL).

As equações que expressam as relações são:

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) - 20$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20$$

Onde,

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

CL: concentração de clorofila *a* medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

ln: logaritmo natural.

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009), nas regiões tropicais a profundidade de visibilidade do disco de Secchi é geralmente influenciada pela turbidez decorrente de material em suspensão inorgânico.

Por esta razão recomenda-se que o IET seja calculado pela média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e à clorofila *a*, segundo a equação:

$$\text{IET MÉDIO} = [\text{IET (PT)} + \text{IET (CL)}] / 2$$

A partir do IET médio os critérios para a classificação da trofia das águas são:

Ultraoligotrófico se: $\text{IET} \leq 47$

Oligotrófico se: $47 < \text{IET} \leq 52$

Mesotrófico se: $52 < \text{IET} \leq 59$

Eutrófico se: $59 < \text{IET} \leq 63$

Supereutrófico se: $63 < \text{IET} \leq 67$

Hipereutrófico se: $\text{IET} > 67$

4.6.6. Determinação da concentração de clorofila *a* e feofitina

Para as análises das concentrações de clorofila *a* e feofitina ($\mu\text{g.L}^{-1}$), as amostras de água foram filtradas utilizando-se o filtro GF/F 47 mm de diâmetro e 0,7 μm de abertura de poro para retenção do material. Os filtros foram acondicionados em frascos escuros contendo sílica gel e congelados imediatamente após a filtração. A determinação dessas variáveis seguiu a técnica descrita em Lorenzen (1967).

4.6.7. Granulometria e classificação textural dos sedimentos

A composição granulométrica e o teor de matéria orgânica no sedimento foram determinados a partir das amostras coletadas com a draga van Veen (337 cm²). No laboratório, as amostras foram secas em temperatura ambiente, em local livre de poeira. Posteriormente, foram destorroadas com martelo de madeira e passadas em peneira de 2,0 mm de abertura de malha para remoção de materiais grosseiros como, por exemplo, fragmentos de vegetais, pedregulhos, entre outros materiais indesejáveis, como sugerido por Trindade (1980). O teor de matéria orgânica foi determinado através da completa digestão por peróxido de hidrogênio (H₂O₂), segundo a metodologia descrita em Buckman & Brady (1979). A porcentagem das diferentes frações de areia (peneiras com 1,00 mm; 0,50 mm; 0,25 mm; 0,105 mm e 0,053 mm de abertura de malha) foram determinadas pelo método de peneiramento, e as frações finas do sedimento (silte e argila) através da técnica da pipetagem. Ambas as metodologias são descritas por Suguio (1973).

Os sedimentos foram classificados segundo metodologia descrita por Camargo et al. (1987) e os critérios para esta classificação são:

Limo arenoso se: % de argila < 12,5 %

Limo areno barrento se: 12,5 % < % de argila < 25 %

Barrento se: 25 % < % de argila < 40 %

Argiloso se: % de argila > 40 %

4.6.8. Concentrações de nitrogênio e fósforo nos sedimentos

Para a análise dos nutrientes presentes no sedimento (nitrogênio e fósforo total) aplicaram-se os métodos descritos por Andersen (1976) e APHA (2002), respectivamente.

4.7. Análise estatística dos dados limnológicos

4.7.1. Análise Discriminante

Para verificar quais as variáveis eram determinantes nos diferentes períodos de amostragem realizou-se a análise discriminante (programa XLSTAT - 2009) para as variáveis limnológicas da água e do sedimento.

4.8. Variáveis biológicas

4.8.1. Coleta e análise da comunidade de macro-invertebrados bentônicos

Em cada ponto, as amostras de sedimento foram coletadas em réplicas com uma draga do tipo van Veen, com 337 cm² de área amostral. No rio Piumhi, durante os períodos de seca (outubro de 2006 e de 2007), além da draga tipo van Veen utilizou-se o amostrador Surber (área de 900 cm²) devido ao pequeno fluxo da água (baixa vazão) que este rio apresentava. Porém, o mesmo não ocorreu com o rio São Francisco, pois este possui grandes dimensões (alta vazão) durante os períodos secos. Após a coleta do material, as amostras foram lavadas em peneira com 0,21 mm de abertura de malha e o material retido na peneira foi fixado em formol 8 % no próprio local de coleta. No laboratório, utilizando-se uma bandeja transiluminada, os organismos bentônicos foram triados e preservados em álcool a 70 %. Os organismos foram analisados sob microscópio estereoscópico da marca Zeiss, modelo Stemi SV 6 e sob microscópio óptico da marca Zeiss, modelo Standard 25.

Os organismos foram identificados até o menor nível taxonômico possível, utilizando-se as chaves de identificação de Righi (1984), Merritt & Cummins (1984); Roldan-Pérez (1988); Brinkhurst & Marchese (1992), Trivinho-Strixino & Strixino (1995), Wiggins (1998), Epler (2001), Fernandez & Dominguez (2001), Costa et al. (2003), Lecci & Froehlich (2007) e as identificações foram confirmadas ou corrigidas com o auxílio dos especialistas: Dr. Wagner E. P. Avelar da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Dra. Alaíde Fonseca Gessner da Universidade Federal de São Carlos, Dra. Susana Trivinho Strixino da Universidade Federal de São Carlos, Dra. Maria Virginia Urso Guimarães da Universidade Federal de São Carlos (campus Sorocaba), Dra. Márcia Regina Spies da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (USP) de Ribeirão Preto, Doutoranda Ana Emilia Siegloch da Faculdade de

Filosofia, Ciências e Letras (USP) de Ribeirão Preto, Dra. Janira Martins Costa do Museu Nacional do Rio de Janeiro, Dr. Jose Ricardo Inácio Ribeiro da Universidade Federal do Pampa e Dra. Mercedes Marchese do Instituto Nacional de Limnologia (INALI-CONICET-UNL) da Argentina.

Fotografias dos principais organismos bentônicos identificados foram obtidas utilizando-se um sistema de aquisição de imagens do microscópio Zeiss, modelo Axioskop 2 plus e uma câmera digital NIKON (Coolpix 4300) acoplada a um microscópio estereoscópico (lupa).

4.8.2. Frequência de ocorrência (%)

A frequência de ocorrência (F) expressa em porcentagem refere-se à relação entre o número de amostras em que cada espécie ocorreu e o número total de amostras coletadas (DAJOZ, 1978). Para classificação das espécies quanto à frequência de ocorrência foram utilizados os seguintes critérios descritos em Lobo & Leighton (1986):

$$\text{Constantes} = F \geq 50 \%$$

$$\text{Comuns} = 10 \% < F < 50 \%$$

$$\text{Raras} = F \leq 10 \%$$

4.8.3. Abundância relativa e densidade numérica da fauna bentônica

A abundância relativa dos organismos foi calculada a partir da contagem total dos organismos nas amostras de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Abundância relativa (\%)} = \frac{n \times 100}{N}$$

Onde, **n** é o número de indivíduos do grupo taxonômico, **N** é o número total de indivíduos de todos os táxons (somatória) na amostra.

A densidade dos organismos foi calculada a partir da contagem total dos organismos nas amostras e expressa em relação à área de 1 m² por meio de cálculos realizados de acordo com a seguinte fórmula (WELCH, 1948):

$$N = \frac{o}{a} \cdot s \times 10.000$$

Onde, **N** é o número de indivíduos por m², **o** é o número de organismos contados na amostra, **a** é a área do amostrador (cm²) e **s** é o número de amostras coletadas em cada ponto amostrado.

4.8.4. Determinação da relação Oligochaeta/Oligochaeta + Chironomidae

Para avaliar a trofia das águas presentes nos rios São Francisco e Piumhi utilizou-se o índice O/O+C (WIEDERHOLM, 1980), onde **O** corresponde ao número total de Oligochaeta e **C**, ao número total de Chironomidae. Basicamente, esta medida reflete o fato que muitas espécies tolerantes de Oligochaeta tendem a aumentar sua abundância relativa no sedimento sob condições de enriquecimento orgânico.

4.8.5. Diversidade da comunidade de macro-invertebrados bentônicos

A diversidade da comunidade de macro-invertebrados bentônicos foi calculada aplicando-se o índice de Shannon-Wiener (MAGURRAN, 2004):

$$H' = -\sum (p_i) (\log_2 p_i)$$

Onde **H'** é o índice de diversidade de espécies de Shannon-Wiener, **pi** a proporção de indivíduos encontrados em uma dada espécie e **log₂pi** é o logaritmo na base 2 de pi.

Neste trabalho foi adotado o conceito de diversidade mínima, considerando-se que cada morfotipo constitui uma espécie, ainda que não tenha sido possível identificar até este nível taxonômico.

4.8.6. Uniformidade da comunidade de macro-invertebrados bentônicos

A uniformidade ou equitabilidade (MAGURRAN, 2004) para a comunidade foi calculada de acordo com a expressão matemática:

$$J' = H'/\log_2 S$$

Onde, **J'** é o índice de uniformidade de Pielou, **H'** é o índice de diversidade de Shannon-Wiener e **log₂S** o logaritmo na base 2 da riqueza.

4.8.7. Índices BMWP e BMWP-ASPT

Para avaliar a qualidade da água dos rios Piumhi e São Francisco, utilizou-se uma adaptação regional do índice biológico “Biological Monitoring Working Party” (BMWP) modificado por Cota et al. (2002). Este índice atribui pontuações (*scores*) para cada táxon com base na sua tolerância ao impacto orgânico. Os valores variam entre 1 e 10 de acordo com o grau de sensibilidade do táxon a poluentes orgânicos. Famílias sensíveis recebem pontuações mais altas e os táxons tolerantes recebem valores mais baixos. Os critérios para a classificação da qualidade das águas dos rios em estudo seguiram a metodologia descrita por Junqueira et al. (2000), sendo:

CLASSE	SCORE	QUALIDADE
I	>86	Excelente
II	64-85	Boa
III	37-63	Satisfatória
IV	17-36	Ruim
V	≤16	Péssima

As famílias ou táxons que não constavam da relação apresentada em Cota et al. (2002) seguiram os *scores* descritos por Callisto et al. (2001b), Strieder et al. (2006), e no Portal do meio ambiente do Paraná (2009).

Além do índice BMWP, utilizou o índice BMWP-ASPT (Average Score Per Taxon), que é uma adaptação do índice anterior, obtido pelo resultado do cálculo do BMWP dividido pelo número de famílias pontuadas na amostra (WALLEY & HAWKES, 1997). A avaliação da qualidade de água foi determinada pelos critérios apresentados no quadro a seguir:

VALOR BMWP-ASPT	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA
>6	Água Limpa
5-6	Qualidade Duvidosa
4-5	Provável Poluição Moderada
<4	Provável Poluição Severa

4.8.8. Índice Biótico de Família (FBI)

O índice biótico foi proposto por Hilsenhoff (1987) para famílias baseado nas suas tolerâncias à poluição orgânica com valores variando entre 0 (muito intolerante) e 10 (altamente tolerante). O FBI foi calculado como:

$$FBI = \sum n_i TV_i / N$$

Onde, n_i é o número de indivíduos dos representantes de uma família, TV_i é o valor de tolerância para a família, e N é o número total de organismos na amostra.

O grau de poluição orgânica da água foi determinado pelos critérios apresentados no quadro a seguir:

FBI	QUALIDADE DA ÁGUA	NÍVEL DE POLUIÇÃO ORGÂNICA
0 - 3,5	Excelente	Sem poluição orgânica aparente
3,51 - 4,5	Muito boa	Poluição orgânica leve
4,51 - 5,5	Boa	Algum sinal de poluição orgânica
5,51 - 6,5	Moderada	Poluição orgânica moderada
6,51 - 7,5	Moderadamente pobre	Poluição orgânica significativa
7,51 - 8,5	Pobre	Poluição orgânica muito significativa
8,51 - 10	Muito pobre	Poluição orgânica severa

4.8.9. Determinação do biovolume e estimativa da biomassa

Os biovolumes foram calculados a partir das dimensões médias de cada táxon, usando as formas geométricas apropriadas (RUTTNER-KOLISKO, 1977; SUN & LIU, 2003).

As medidas foram realizadas sob a lupa com 10 indivíduos de cada táxon de macro-invertebrados quando este número estava disponível nas amostras.

Para os Moluscos a forma oval foi aplicada e as dimensões lineares foram medidas e o biovolume calculado, considerando-se da média entre uma esfera oblonga e uma prolada, de acordo com a fórmula:

$$V = \frac{4/3 \cdot \pi \cdot a^2 \cdot b + 4/3 \cdot \pi \cdot a \cdot b^2}{2}$$

Onde,

a = comprimento e **b** = altura

O biovolume do gênero *Phanocerus* e da Classe Hirudinea foi calculado por meio da forma do prisma com base elíptica:

$$V = \pi/4.a.b.c$$

Onde,

a = comprimento, **b** = largura e **c** = espessura

Para o gênero *Limnocois* e organismos do grupo Hydracarina foi adotada a forma de uma esfera:

$$V = \frac{4.\pi.r^3}{3}$$

Onde,

r = raio

Para os demais táxons utilizou-se a forma do cilindro:

$$V = \pi.r^2.H$$

Onde,

r = raio e **H** = altura

Adotou-se o biovolume como sendo igual ao peso fresco (densidade 1). O peso seco individual foi calculado considerando-se que este equivale a 10 % do peso fresco estimado através dos biovolumes (VOLLENWEIDER, 1974).

4.8.10. Classificação trófica funcional

A categorização trófica dos macro-invertebrados bentônicos presentes nos rios Piumhi e São Francisco foi baseada na classificação proposta por Merrit & Cummins (1996), porém os táxons que não se encontravam neste livro foram classificados a partir dos trabalhos de Andrade et al. (2008) e Silva et al. (2009a). Os macro-invertebrados foram agrupados em seis grupos tróficos: predadores, coletores-catadores, coletores-filtradores, fragmentadores, raspadores e parasitas.

4.9. Análises estatísticas dos dados biológicos

4.9.1. Teste Qui-Quadrado (X^2)

Para avaliar se houve variação estatística significativa na densidade das populações de macro-invertebrados bentônicos durante os períodos amostrados (secos e chuvosos) nos rios Piumhi e São Francisco aplicou-se o teste do qui-quadrado, utilizando o programa XLSTAT (2009). O teste foi realizado com 165 graus de liberdade para os dados oriundos do rio Piumhi e 219 graus de liberdade para os dados oriundos do rio São Francisco, e as probabilidades de ocorrência foram comparadas com um nível de significância de 0,05.

4.9.2. Análise de Agrupamento (Cluster)

A similaridade na composição taxonômica da comunidade de macro-invertebrados bentônicos entre os diferentes pontos de cada rio e entre os períodos de coleta (secos e chuvosos) foi avaliada pela análise de agrupamento no programa PAST, método de ligação do tipo UPGMA (média de grupo), a partir do índice de Jaccard.

A medida de similaridade de Jaccard é representada pela equação:

$$C_j = j / (a + b - j)$$

Onde **j** é o número de táxons comuns entre as amostras a e b, **a** é o número de táxons da amostra a e **b** é o número de táxons da amostra b.

4.9.3. Análise de Correspondência Canônica (CCA)

A análise de correspondência canônica – CCA (programa XLSTAT - 2009) foi realizada para verificar a possível existência de uma correspondência entre os táxons de Chironomidae (grupo mais abundante entre os macro-invertebrados bentônicos) presentes em cada ponto de amostragem e as variáveis abióticas do sedimento e da água registradas nos rios Piumhi e São Francisco durante os períodos secos e chuvosos.

5. RESULTADOS

Todos os valores obtidos para as variáveis abióticas e bióticas registradas nos pontos de coleta dos rios Piumhi e São Francisco estão apresentados nos Anexos A e B, respectivamente.

5.1. Caracterização de habitats - Protocolos de avaliação rápida

A Tabela 1 mostra as pontuações dos protocolos de avaliação de habitats registradas para os rios Piumhi e São Francisco durante os períodos de amostragem.

A aplicação dos protocolos indicou haver uma maior qualidade ambiental no rio São Francisco, quando comparado ao rio Piumhi. Assim, pode-se verificar que o rio São Francisco encontrava-se em melhor estado de conservação, alcançando a qualidade de ambientes naturais (66 pontos), enquanto que o rio Piumhi apresentou uma condição de ambiente alterado, atingindo 52 pontos (Tabela 1).

Tabela 1: Protocolos de avaliação rápida da diversidade de habitats modificados por Callisto et al. (2002) para os rios Piumhi e São Francisco.

Variáveis	Rio	Rio
	Piumhi	São Francisco
	PONTUAÇÃO	PONTUAÇÃO
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água	2	4
2. Erosão próxima nas margens do rio e assoreamento em seu leito	2	2
3. Alterações antrópicas	4	4
4. Cobertura vegetal no leito	4	4
5. Odor da água	4	4
6. Oleosidade da água	4	4
7. Transparência da água	2	2
8. Odor do sedimento	4	4
9. Oleosidade do fundo	4	4
10. Tipo de fundo	2	2
1. Tipos de fundo	2	2
2. Extensão de rápidos	2	5
3. Freqüência de rápidos	2	5
4. Tipos de substrato	0	0
5. Deposição de lama	0	0
6. Depósitos sedimentares	2	3
7. Alterações no canal do rio	5	5
8. Características do fluxo das águas	5	5
9. Presença de mata ciliar	0	2
10. Estabilidade das margens	2	2
11. Extensão de mata ciliar	0	3
12. Presença de plantas aquáticas	0	0
Total	52	66

5.2. Precipitação pluviométrica

As variações da precipitação pluviométrica mensal na região da bacia do alto rio São Francisco estão representadas na Figura 4.

Foram registradas precipitações em quase todos os meses entre 2006 e 2008 (exceto em junho, julho e agosto) com os totais mensais acumulados de chuva variando entre 0,3 mm (setembro de 2007) e 458,7mm (janeiro de 2007).

Em março de 2007 e de 2008 foram registrados valores de 59 mm e 317 mm de precipitação, respectivamente, caracterizando o final dos períodos chuvosos, enquanto que em outubro de 2006 e de 2007, os baixos valores de precipitação (178 mm e 92 mm, respectivamente) caracterizaram o final dos períodos de seca.

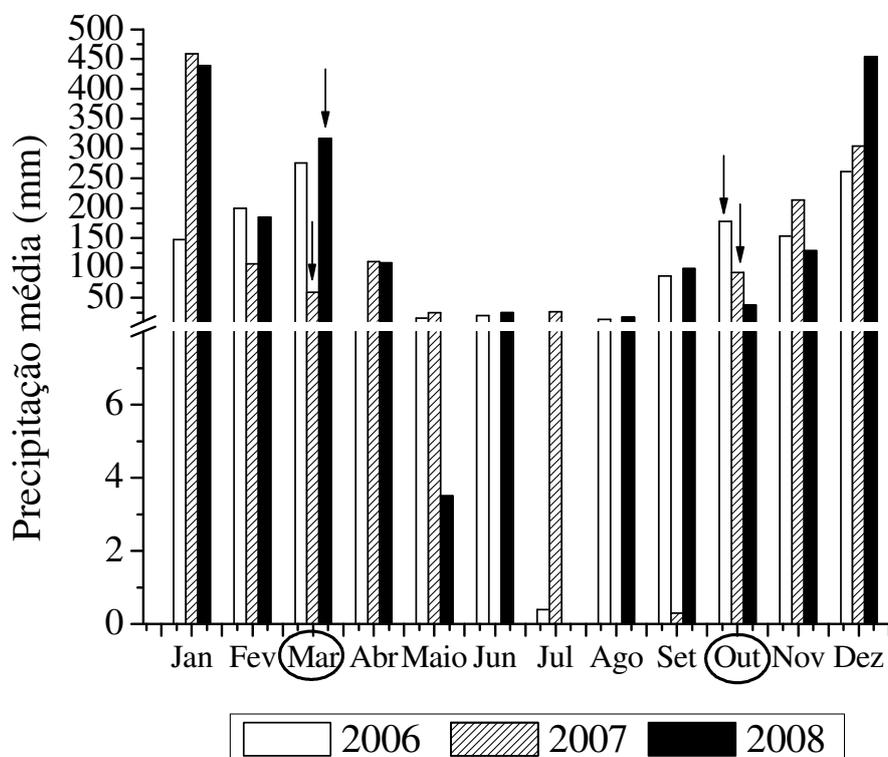


Figura 4: Valores mensais de precipitação pluviométrica registrados em região próxima à confluência dos rios São Francisco e Piumhi, nos anos de 2006, 2007 e 2008. Fonte: Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Piumhi, MG.

5.3. Medidas hidrográficas e hidrológicas

As medidas hidrográficas e hidrológicas avaliadas neste estudo foram: largura e profundidade dos rios e a velocidade média da correnteza. Os resultados destas medidas obtidos para os rios Piumhi e São Francisco estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

O rio Piumhi, quando comparado ao rio São Francisco, registrou os menores valores de largura, profundidade e velocidade média da correnteza, o que reflete o menor tamanho deste tributário.

As características hidrográficas e hidrológicas tiveram uma variação temporal para ambos os rios, sendo que os maiores valores de largura, profundidade e velocidade média da correnteza (exceto no mês de outubro de 2007 no rio Piumhi) foram registrados durante os períodos chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Tabela 2: Medidas de largura (m), profundidade (m) e velocidade média ($m.s^{-1}$) nos pontos de coleta estabelecidos no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Outubro de 2006	
Largura média (m)	16,6
Profundidade média (m)	0,49
Velocidade média ($m.s^{-1}$)	0,64
Março de 2007	
Largura média (m)	22,6
Profundidade média (m)	0,65
Velocidade média ($m.s^{-1}$)	0,86
Outubro de 2007	
Largura média (m)	14,3
Profundidade média (m)	0,29
Velocidade média ($m.s^{-1}$)	1,16
Março de 2008	
Largura média (m)	28,6
Profundidade média (m)	1,90
Velocidade média ($m.s^{-1}$)	2,0

Tabela 3: Medidas de largura (m), profundidade (m) e velocidade média ($m.s^{-1}$) nos pontos de coleta estabelecidos no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Outubro de 2006	
Largura média (m)	44,6
Profundidade média (m)	1,22
Velocidade média ($m.s^{-1}$)	0,88
Março de 2007	
Largura média (m)	49
Profundidade média (m)	2,08
Velocidade média ($m.s^{-1}$)	1,23
Outubro de 2007	
Largura média (m)	40,6
Profundidade média (m)	1,05
Velocidade média ($m.s^{-1}$)	0,68
Março de 2008	
Largura média (m)	52,3
Profundidade média (m)	3,83
Velocidade média ($m.s^{-1}$)	1,28

Os valores médios de vazão dos rios Piumhi e São Francisco, registrados nos pontos de coleta durante os períodos de amostragem são apresentados na Figura 5.

Observou-se que a vazão média do rio São Francisco é mais elevada que a de seu tributário, rio Piumhi. Os maiores valores foram registrados em março de 2007 e de 2008, períodos chuvosos. O maior e o menor valor médio de vazão foram $269,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ registrado no rio São Francisco, em março de 2008 e $4,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no rio Piumhi, em outubro de 2007, respectivamente.

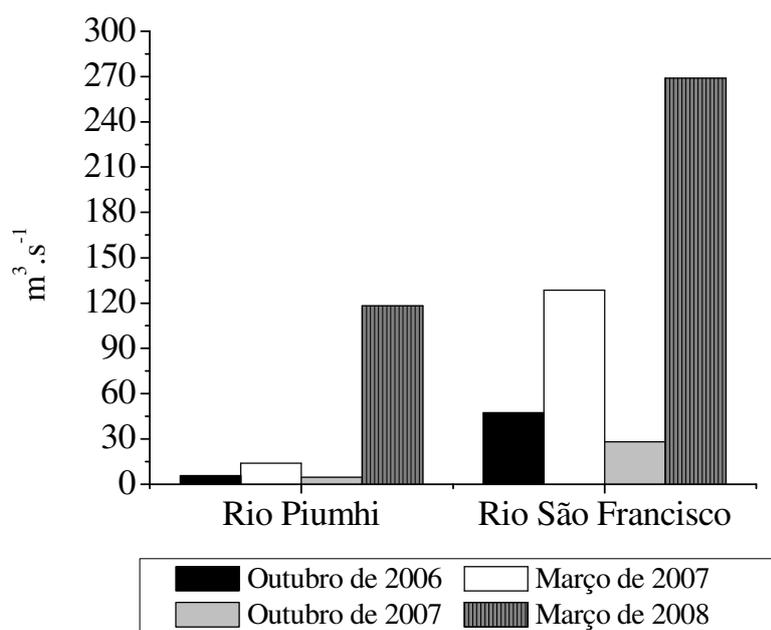


Figura 5: Valores médios de vazão ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) registrados nos rios Piumhi e São Francisco em outubro de 2006 e de 2007 (períodos secos) e em março de 2007 e de 2008 (períodos chuvosos).

5.4. Variáveis limnológicas

5.4.1. Transparência da água e profundidade local

Os valores de transparência e da profundidade da coluna d'água nos rios Piumhi e São Francisco, referentes às quatro datas de amostragem (outubro 2006, março 2007, outubro 2007, março 2008) são apresentados na Figura 6 e 7, respectivamente.

No rio Piumhi, observou-se uma grande similaridade na transparência da água, durante os dois períodos secos e durante os dois períodos chuvosos. Comparando-se os períodos, verificou-se que os valores de transparência da água em outubro de 2006 e de 2007 (períodos secos) foram superiores aos valores obtidos em março de 2007 e de 2008 (períodos chuvosos). Em ambos os períodos secos, a transparência foi total em todos os pontos amostrados. A profundidade mínima (0,2 m) foi registrada no Ponto 2

em março de 2007 e nos Pontos 1 e 2 em outubro de 2007 e a profundidade máxima (1 m) nos Pontos 1 e 3 em março de 2008.

No rio São Francisco, observou-se diferenças na transparência da água em relação aos 4 períodos de amostragem. O menor valor de transparência foi 0,1 m registrado em todos os pontos do período chuvoso (março de 2008) e o maior valor foi 0,7 m registrado no Ponto 1 em outubro de 2007. Comparando-se os períodos amostrados, foi verificado que os valores de transparência da água em outubro de 2006 e de 2007 (períodos secos) foram superiores aos valores obtidos em março de 2007 e de 2008 (períodos chuvosos). As profundidades mínima e máxima foram registradas em outubro de 2007, sendo a primeira de 0,2 m registrada no Ponto 4 e a segunda de 1,8 m no Ponto 3.

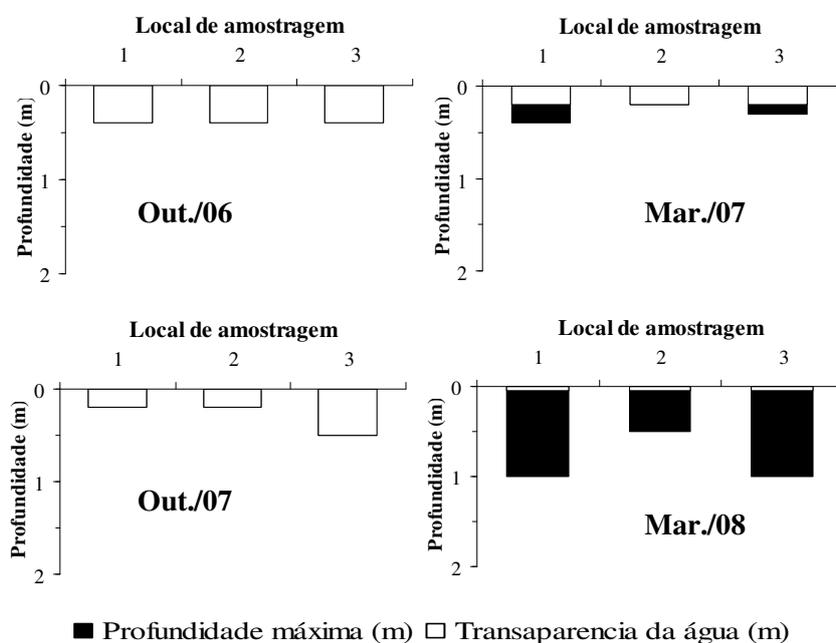


Figura 6: Valores da profundidade máxima local e da transparência da água (visibilidade do Disco de Secchi) nos pontos de coleta do rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

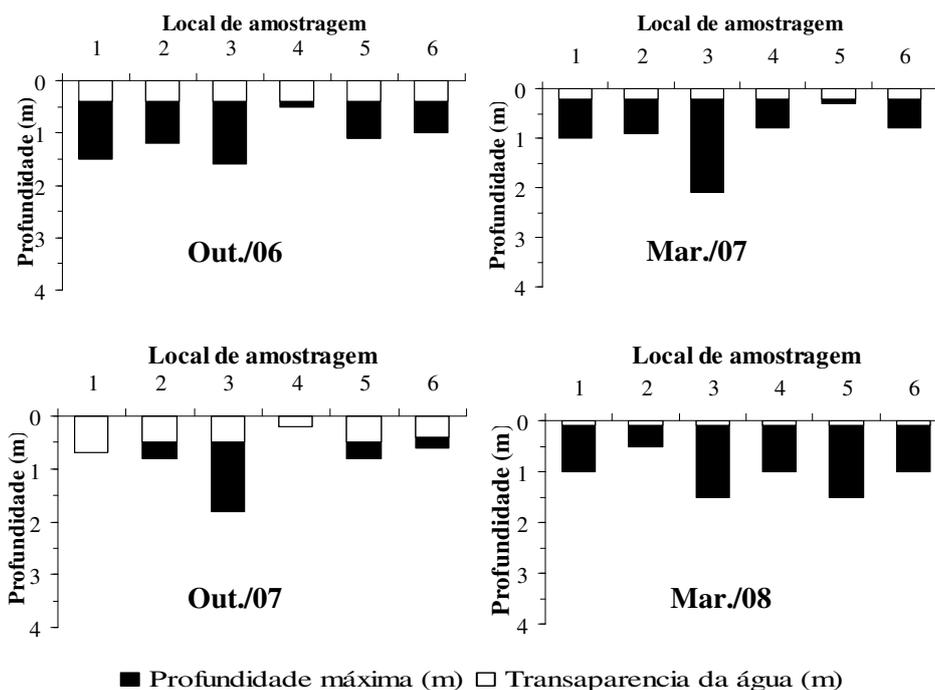


Figura 7: Valores da profundidade máxima local e da transparência da água (visibilidade do Disco de Secchi) nos pontos de coleta do rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

5.4.2. Potencial hidrogeniônico

Nas Figuras 8 e 9 são apresentados os valores máximos, mínimos, médios e desvios-padrão de pH da água obtidos para os diferentes locais e períodos de amostragem nos rios Piumhi e São Francisco, respectivamente, verificando-se que, em geral, o pH dos rios variou de ligeiramente ácido a básico nos períodos de coleta.

No rio Piumhi, os maiores valores de pH foram registrados nos meses de outubro de 2006 e de 2007 (períodos secos). O menor valor encontrado foi 5,2 em março de 2007 e o maior valor foi 9,3 em outubro de 2006 (Figura 8).

No rio São Francisco, a faixa de variação do pH foi de 6,1 a 8,6, sendo estes valores mínimo e máximo registrados em março de 2007 e outubro de 2006, respectivamente (Figura 9).

Um padrão similar para a variação de pH foi verificado em ambos os rios estudados, sendo que durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) as águas foram mais básicas e durante os períodos chuvosos o pH diminuiu e as águas tenderam a condições levemente ácidas e neutras.

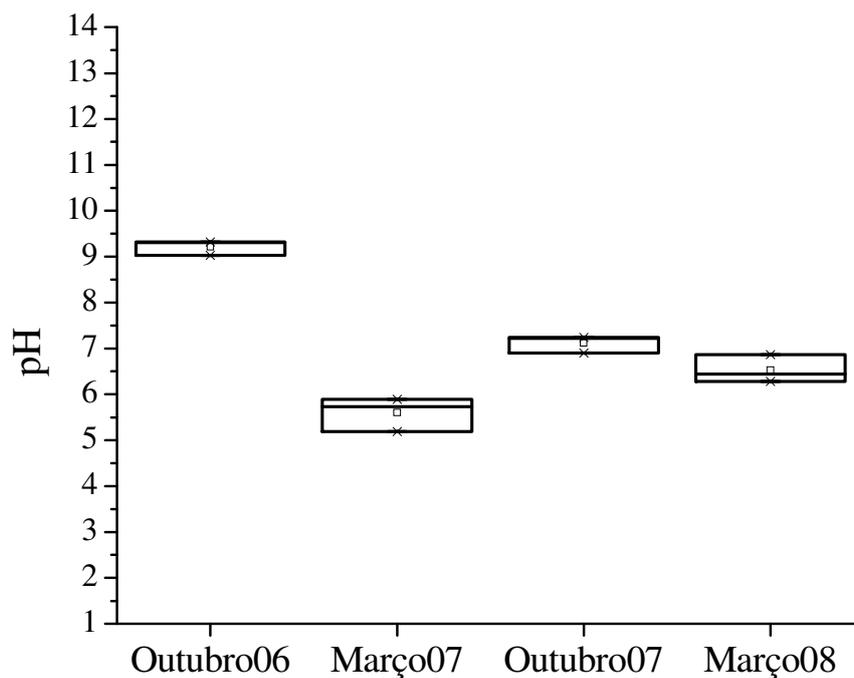


Figura 8: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão de pH no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

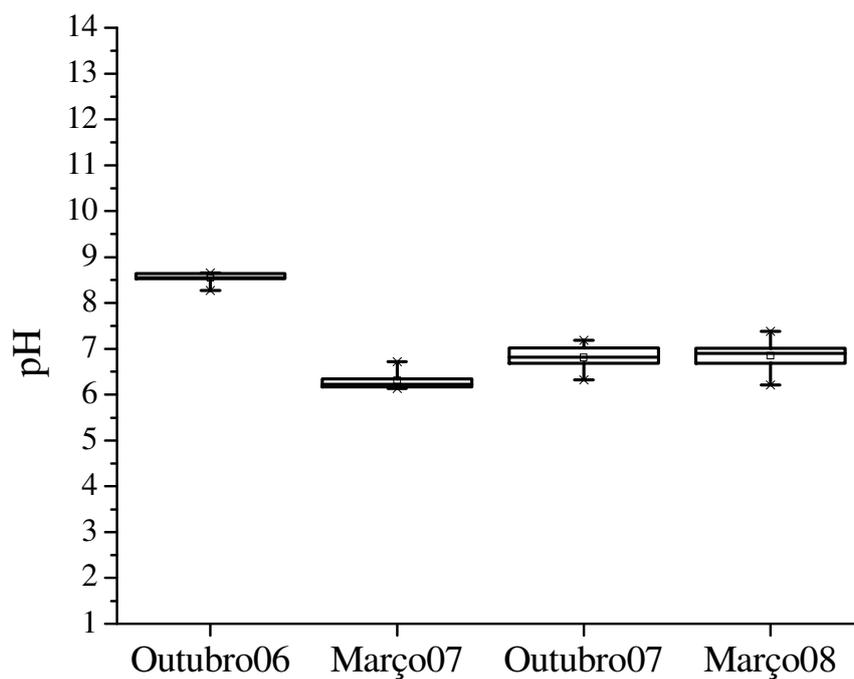


Figura 9: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão de pH no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

5.4.3. Condutividade elétrica

Os valores máximos, mínimos, médios e desvios-padrão da condutividade elétrica da água obtidos nos quatro períodos de coleta nos rios Piumhi e São Francisco são mostrados nas Figuras 10 e 11, respectivamente.

De maneira geral, nos rios estudados, os maiores valores de condutividade elétrica foram registrados em outubro de 2006 e de 2007 (períodos secos) e os menores valores ocorreram em março de 2007 e de 2008 (períodos chuvosos).

Em ambos os rios, o maior valor de condutividade da água foi $55 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (outubro de 2007) e o menor foi $21 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (março de 2008).

Existe uma grande variabilidade dos dados obtidos para os pontos do rio São Francisco, como é evidenciado pelos elevados valores de desvio padrão (Figura 11). Já no rio Piumhi, isto não é verificado, ou seja, ocorre uma pequena variação entre os valores e uma maior homogeneidade espacial, isto é, entre os pontos deste local (Figura 10).

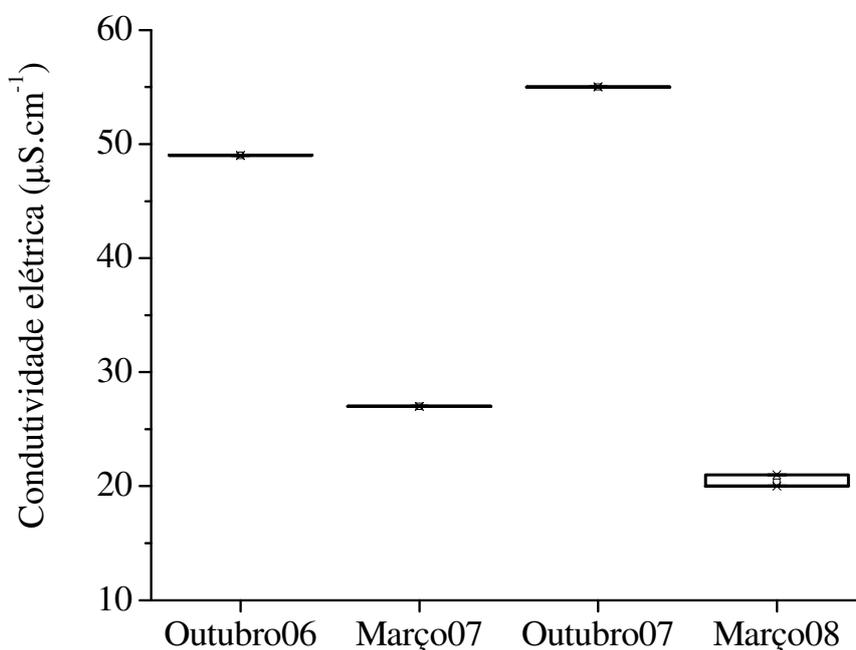


Figura 10: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

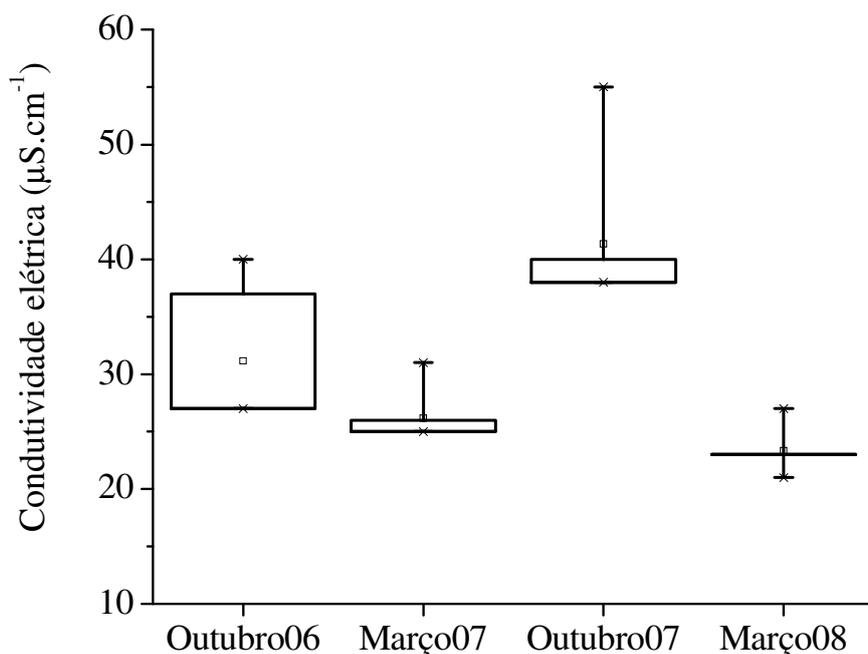


Figura 11: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão da condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

5.4.4. Concentração de oxigênio dissolvido

As Figuras 12 e 13 mostram os valores máximos, mínimos, médios e desvios-padrão da concentração de oxigênio na água durante os períodos amostrados nos rios Piumhi e São Francisco, respectivamente.

Em ambos os rios estudados, os maiores valores das concentrações de oxigênio foram registrados durante os períodos chuvosos (março de 2007 e de 2008).

No rio Piumhi (Figura 12) a concentração de oxigênio dissolvido variou entre $7,9 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em outubro de 2006 e $9,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em março de 2008.

No rio São Francisco (Figura 13) a variação desta variável limnológica foi entre $7,28 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em outubro de 2007 e $10,41 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em março de 2007.

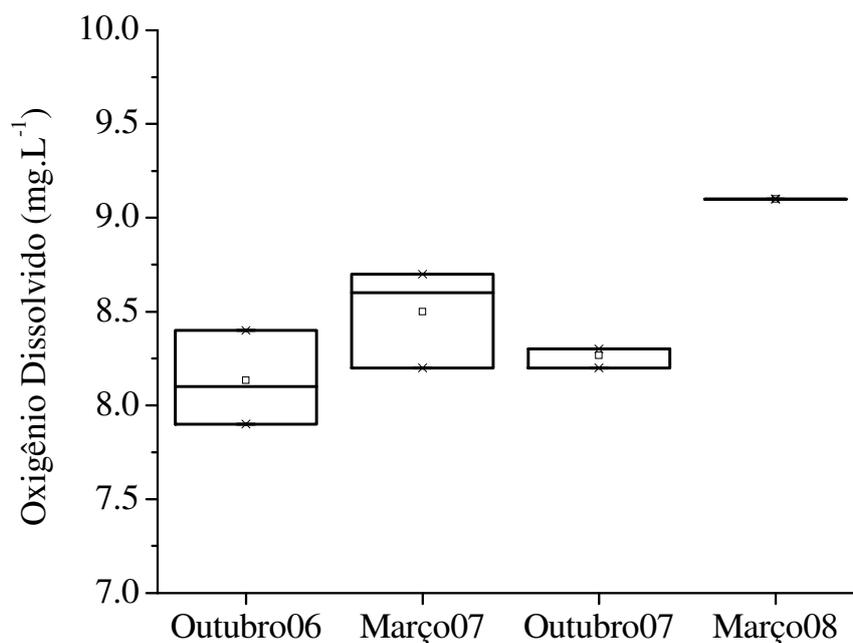


Figura 12: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão da concentração de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

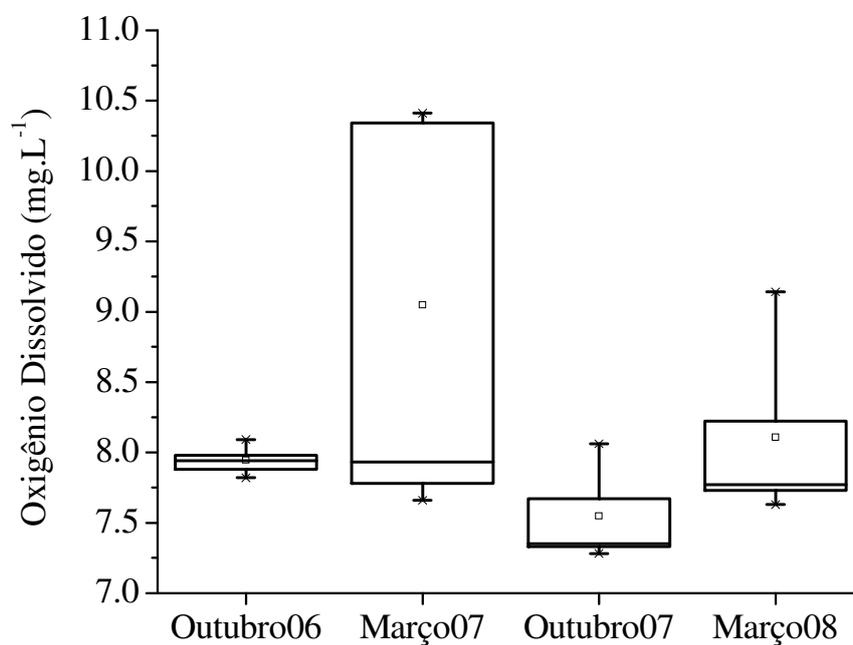


Figura 13: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão da concentração de oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

5.4.5. Temperatura da água

Os valores máximos, mínimos, médios e desvios-padrão da temperatura da água nos rios Piumhi e São Francisco durante os períodos de coleta são mostrados nas Figuras 14 e 15, respectivamente.

Para a temperatura da água de ambos os rios, os valores médios registrados durante os períodos de amostragem evidenciaram pequenas variações em torno de 25°C.

No rio Piumhi (Figura 14) o menor valor registrado foi 23,4 °C em março de 2007 e o maior foi 27 °C em outubro de 2007.

No rio São Francisco (Figura 15) a temperatura da água variou entre 23 °C em março de 2008 e 27 °C em outubro de 2007.

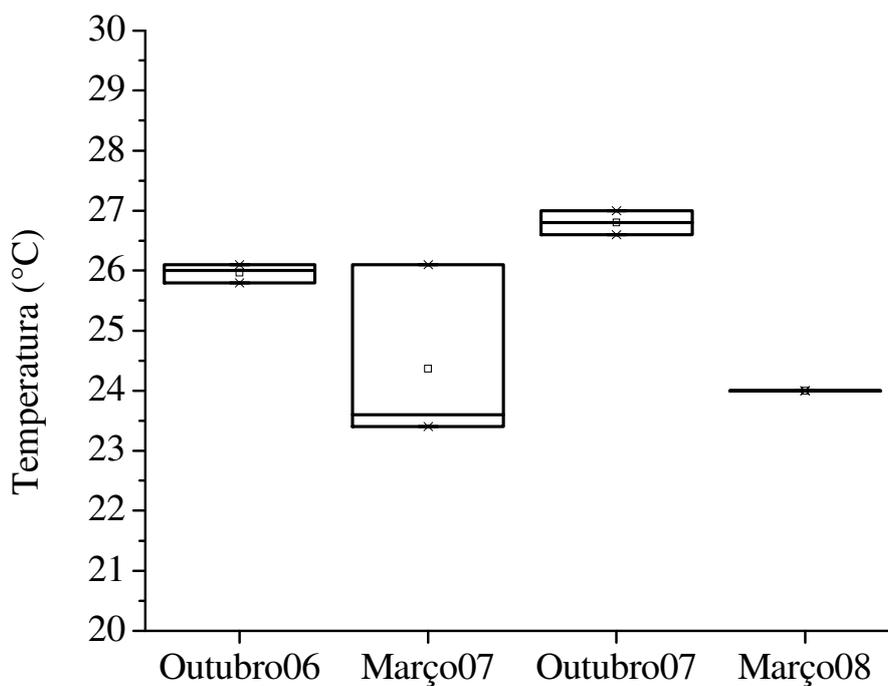


Figura 14: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão da temperatura da água (°C) no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

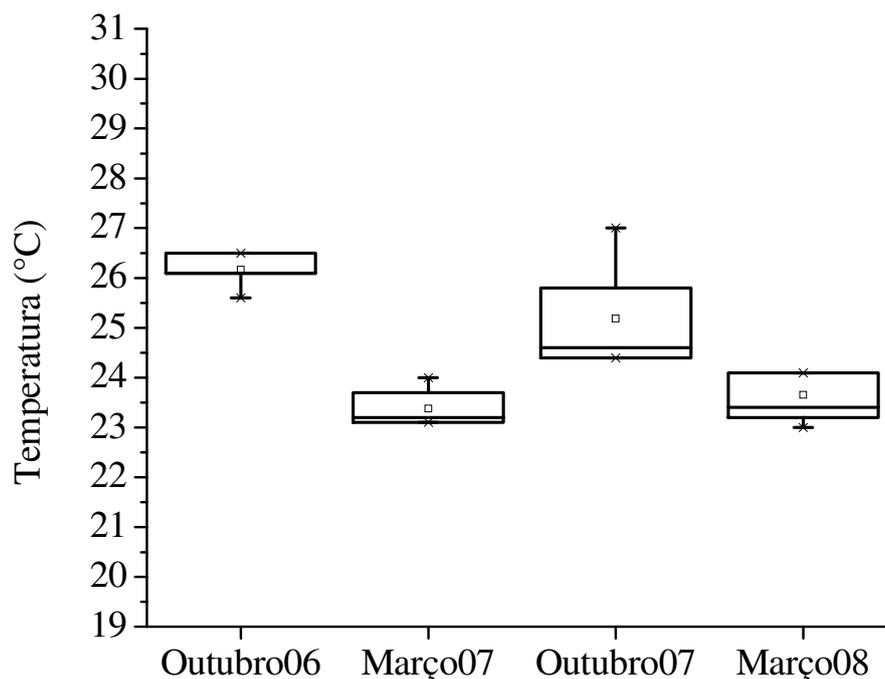


Figura 15: Variação dos valores médios (entre os pontos) e desvios-padrão da temperatura da água (°C) no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

5.4.6. Concentrações de nutrientes totais e dissolvidos

As Tabelas 4 e 5 mostram os valores médios, máximos, mínimos e desvios-padrão das concentrações dos nutrientes dissolvidos e totais, registrados na coluna d'água dos rios Piumhi e São Francisco durante os quatro períodos de coleta, respectivamente.

No rio Piumhi (Tabela 4) as maiores concentrações médias dos compostos nitrogenados e fosfatados (exceto para o amônio e fósforo total) foram registrados em outubro de 2007 (período seco). A faixa de variação dos compostos de nitrogênio e fósforo neste rio foi: entre 0,38 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) e 41,34 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) para o nitrito; entre 12,71 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) e 527,88 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) para o nitrato; entre 2,81 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) e 42,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) para o amônio; entre 37,53 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) e 1081,84 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) para o nitrogênio orgânico total; entre 1,27 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) e 55,88 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) para o fosfato dissolvido total; entre 1,19 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) e 48,73 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) para o fosfato inorgânico; entre 1,51 $\mu\text{g.L}^{-1}$

(março de 2008) e $18,2 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2008) para o fosfato orgânico e entre $5,89 \mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) e $256,18 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2008) para o fósforo total.

No rio São Francisco (Tabela V) a variação destes compostos foi: entre $0,58 \mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2006) e $7,11 \mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) para nitrito; entre $11,27 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2007) e $137,82 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2008) para o nitrato; entre $4,99 \mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2006) e $50,85 \mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) para o amônio; entre $55,12 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2007) e $678,72 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2008) para o nitrogênio orgânico total; entre $5,45 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2008) e $26,85 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2008) para o fosfato dissolvido total; entre $1,23 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2007) e $12,37 \mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007) para o fosfato inorgânico; entre $0,72 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2008) e $24,44 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2008) para o fosfato orgânico e entre $11,5 \mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2006) e $550,77 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2008) para o fósforo total.

Os valores médios da concentração dos compostos de nitrogênio e fósforo (exceto para o fósforo total) foram maiores no rio Piumhi quando comparados com o rio São Francisco, evidenciando uma maior trofia para aquele tributário.

Tabela 4: Valores máximos, mínimos, médios e desvios-padrão (SD) das concentrações dos nutrientes dissolvidos e totais da água do rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

	Nitrito	Nitrato	Amônio	Nitrogênio	Fosfato	Fosfato	Fosfato	Fósforo	
	($\mu\text{g.L}^{-1}$)	($\mu\text{g.L}^{-1}$)	($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Orgânico	Dissolvido	Inorgânico	Orgânico	Total	
	Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)								
	Min. - Max.								
	Média								
Rio Piumhi	Out./06	12,63 - 13,3	86,82 - 111,38	6,54 - 11,99	173,19 - 248,2	16,46 - 18,9	7,09 - 9,15	7,31 - 11,81	15,09 - 26,84
		12,86	97,21	9,65	209,93	17,48	8,46	9,01	21,18
		SD = 0,38	SD = 12,71	SD = 2,81	SD = 37,53	SD = 1,27	SD = 1,19	SD = 2,44	SD = 5,89
	Mar./07	1,31 - 26,01	33,93 - 321,33	17,24 - 41,42	145,14 - 686,34	13,39 - 36,79	5,63 - 28,7	4,06 - 9,95	27,16 - 61,71
		9,82	138,02	30,98	399,32	21,14	13,95	7,39	39,04
		SD = 11,62	SD = 135,93	SD = 11,46	SD = 218,20	SD = 10,09	SD = 10,72	SD = 2,22	SD = 14,38
	Out./07	0,38 - 41,34	12,71 - 527,88	2,81 - 42,3	37,53 - 1081,84	1,27 - 55,88	1,19 - 48,73	2,44 - 12,95	5,89 - 104,81
		26,01	321,33	20,10	686,34	36,79	28,70	8,55	61,71
		SD = 18,39	SD = 246,65	SD = 17,24	SD = 517,38	SD = 25,68	SD = 22,11	SD = 4,06	SD = 44,85
	Mar./08	3,14 - 11,62	122,71 - 185,04	11,46 - 32,97	218,2 - 599,14	10,09 - 32,04	10,72 - 17,65	1,51 - 18,2	14,38 - 256,18
		6,36	141,07	27,65	458,33	20,27	14,53	6,36	153,30
		SD = 4,04	SD = 25,54	SD = 9,08	SD = 153,28	SD = 7,88	SD = 2,68	SD = 7,02	SD = 116,49

Tabela 5: Valores máximos, mínimos, médios e desvios-padrão (SD) das concentrações dos nutrientes dissolvidos e totais da água do rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

	Nitrito	Nitrato	Amônio	Nitrogênio	Fosfato	Fosfato	Fosfato	Fósforo	
	($\mu\text{g.L}^{-1}$)	($\mu\text{g.L}^{-1}$)	($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Orgânico	Dissolvido	Inorgânico	Orgânico	Total	
	Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)								
	Min. - Max.								
	Média								
Rio São Francisco	Out./06	0,58 - 6,26	51,4 - 30,63	4,99 - 8,1	142,53 - 297,13	6,98 - 19,82	1,52 - 6,21	1,99 - 18,29	11,5 - 19,01
		2,00	39,91	7,06	207,00	9,78	2,45	7,33	17,21
		SD = 2,20	SD = 7,70	SD = 1,36	SD = 61,86	SD = 4,94	SD = 1,86	SD = 5,62	SD = 4,55
	Mar./07	0,7 - 3,88	11,27 - 61,79	26,75 - 34,53	55,12 - 220,81	6,98 - 14,62	1,23 - 7,09	4,89 - 7,53	13,14 - 32,06
		1,68	22,21	32,20	91,65	9,43	3,53	5,90	24,94
		SD = 1,13	SD = 19,94	SD = 2,78	SD = 63,57	SD = 2,89	SD = 2,10	SD = 1,13	SD = 6,92
	Out./07	0,64 - 7,11	27,79 - 89,65	14,32 - 50,85	269,73 - 485,64	7,29 - 17,37	2,11 - 12,37	4,7 - 5,9	39,89 - 64,68
		2,91	53,69	24,68	422,15	10,90	5,78	5,13	54,19
		SD = 2,64	SD = 27,54	SD = 15,29	SD = 78,11	SD = 3,72	SD = 3,75	SD = 0,41	SD = 8,96
	Mar./08	0,98 - 3,37	53,77 - 137,82	13,54 - 25,98	216,24 - 678,72	5,45 - 26,85	2,4 - 7,39	0,72 - 24,44	87,19 - 550,77
		1,76	79,03	19,76	366,49	10,55	5,09	5,46	243,84
		SD = 0,91	SD = 31,92	SD = 4,48	SD = 166,41	SD = 8,18	SD = 1,80	SD = 9,34	SD = 158,83

5.4.7. Concentração de material em suspensão na água

Os valores da concentração de sólidos em suspensão presentes nas águas dos rios Piumhi e São Francisco, durante os períodos de coleta são mostrados nas Figuras 16 e 17, respectivamente.

Durante os períodos de amostragem verificou-se uma predominância da fração inorgânica no material suspenso tanto no rio Piumhi quanto no rio São Francisco.

No rio Piumhi (Figura 16) os maiores valores de material em suspensão total ocorreram em março de 2007 e de 2008 (períodos chuvosos) variando entre 11,7 mg.L⁻¹ (Ponto 2) em outubro de 2007 e 269 mg.L⁻¹ (Ponto 3) em março de 2008.

No rio São Francisco (Figura 17) o maior valor de material em suspensão total foi 210 mg.L⁻¹ (Ponto 4) em março de 2008 e o menor foi 17,3 mg.L⁻¹ (Ponto 4) em outubro de 2007. O Ponto 2 do rio São Francisco durante os períodos chuvosos teve um padrão diferente dos demais pontos neste rio, com a predominância da fração orgânica correspondendo a 52 mg.L⁻¹ em março de 2007 e 27,2 mg.L⁻¹ em 2008. A concentração da fração inorgânica neste ponto em ambos os períodos chuvosos foi de 0,4 mg.L⁻¹.

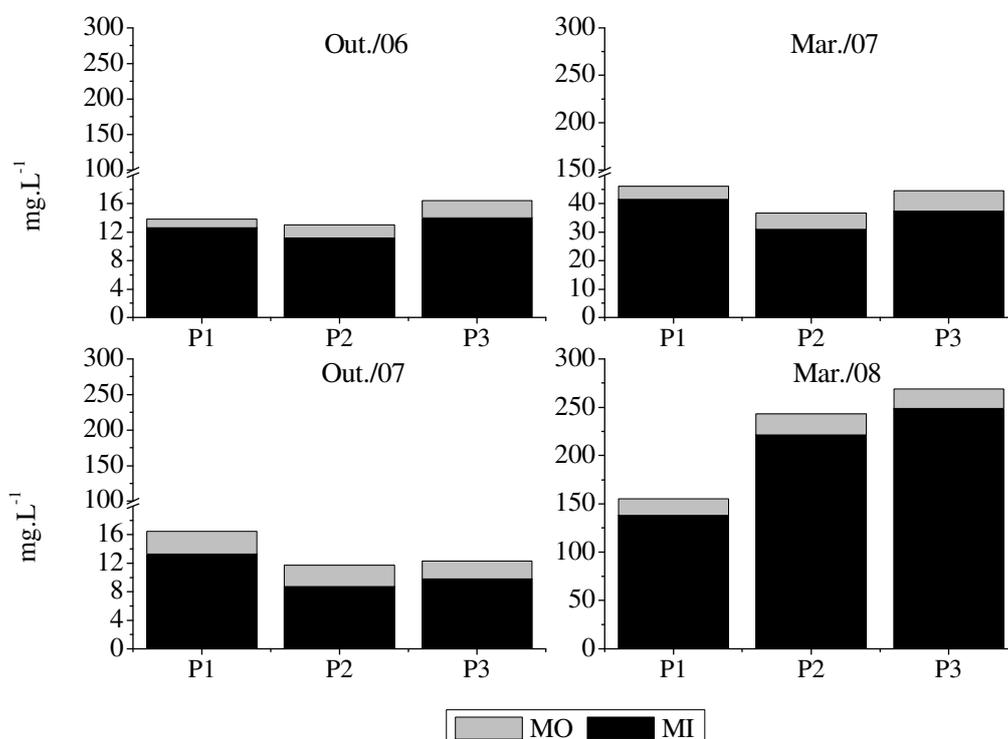


Figura 16: Variação da concentração de material em suspensão total (MO - Matéria orgânica e MI - Matéria inorgânica) em relação aos pontos amostrados no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

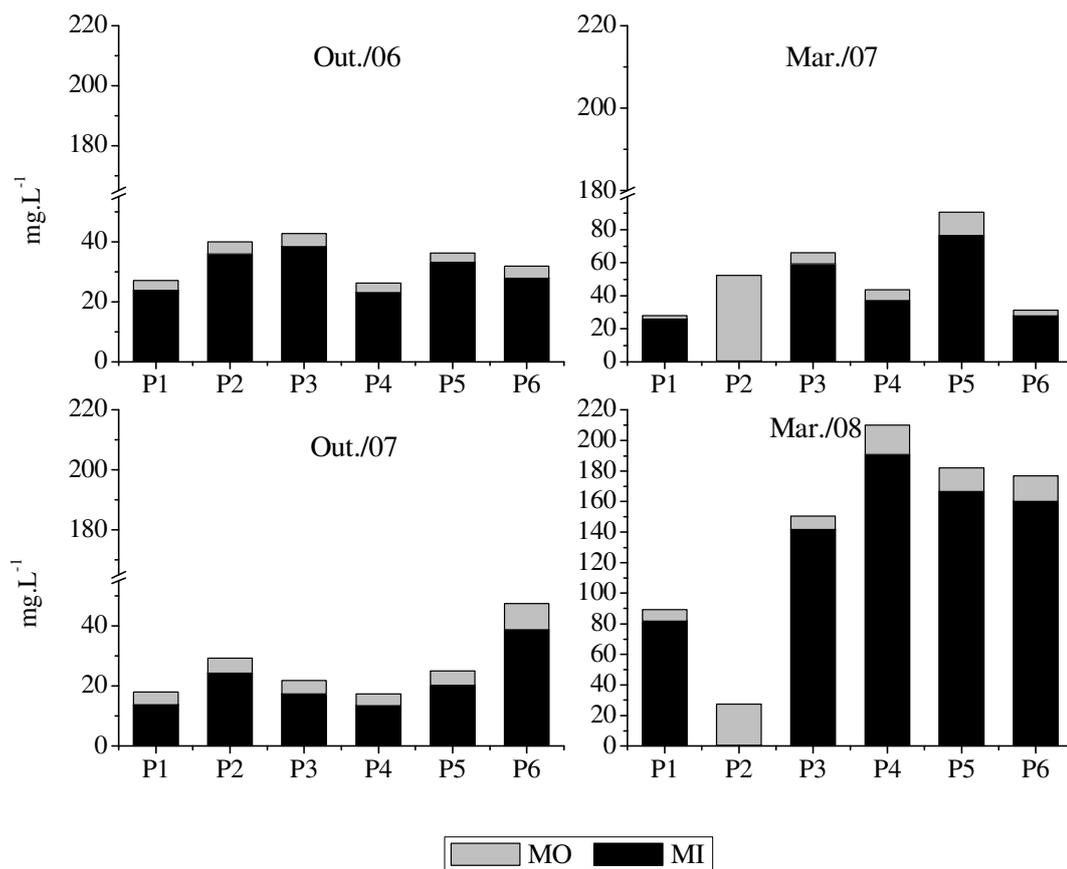


Figura 17: Variação da concentração de material em suspensão total (MO - Matéria orgânica e MI - Matéria inorgânica) em relação aos pontos amostrados no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

5.4.8. Concentrações de clorofila *a* e de feofitina

As Figuras 18 a 21 apresentam os valores máximos, mínimos, médios e desvios-padrão das concentrações de clorofila *a* e de feofitina presentes nos rios Piumhi e São Francisco, durante os quatro períodos de amostragem.

No rio Piumhi, a concentração de clorofila *a* (Figura 18) foi mais elevada durante os períodos secos e esteve compreendida entre $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008) e $2,37 \mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007). Em março de 2008 (período chuvoso) a concentração de clorofila *a* foi praticamente nula. A concentração de feofitina para este mesmo rio (Figura 20) variou entre $0 \mu\text{g.L}^{-1}$ em outubro de 2006 (período seco), e $24,2 \mu\text{g.L}^{-1}$ em março de 2008 (período chuvoso).

No rio São Francisco, a maior concentração de clorofila *a* (Figura 19) também ocorreu durante o período seco e esteve compreendida entre $0,1 \mu\text{g.L}^{-1}$ (março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008) e $1,76 \mu\text{g.L}^{-1}$ (outubro de 2007). A concentração de

feofitina (Figura 21) variou entre $0 \mu\text{g.L}^{-1}$ em outubro de 2006 e março de 2007 e $15,62 \mu\text{g.L}^{-1}$ em março de 2008 (período chuvoso).

Em geral, as concentrações de feofitina foram superiores às de clorofila *a* (exceto em outubro de 2006 no rio Piumhi).

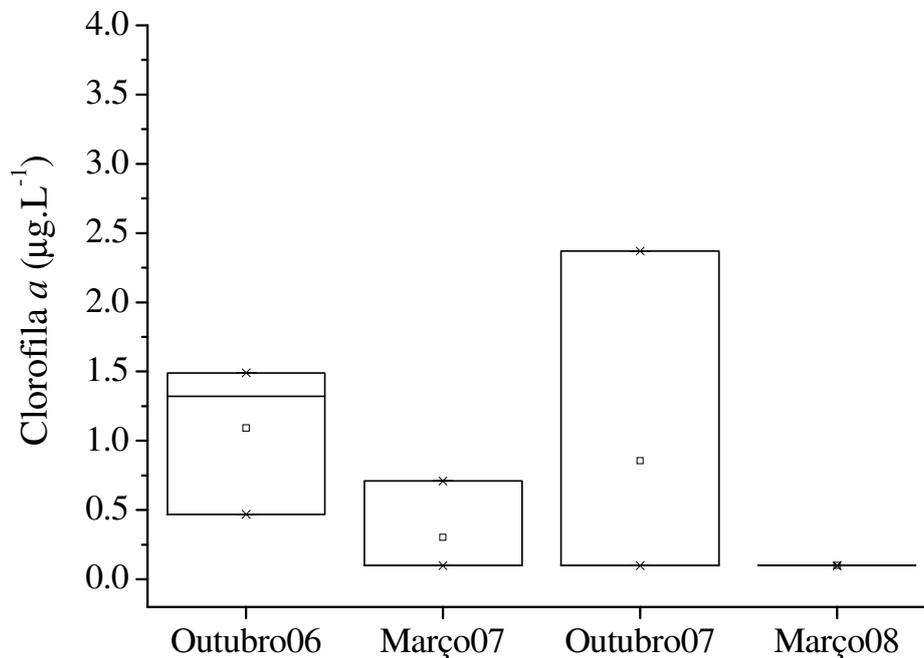


Figura 18: Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão da concentração de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$), considerando todos os pontos de amostragem do rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

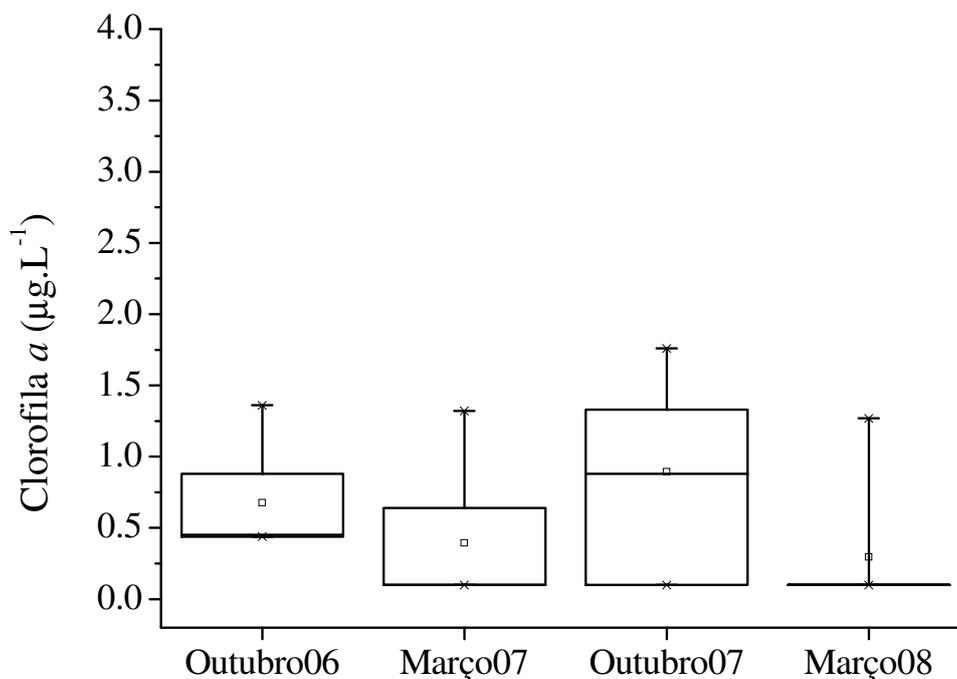


Figura 19: Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão da concentração de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$), considerando todos os pontos de amostragem do rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

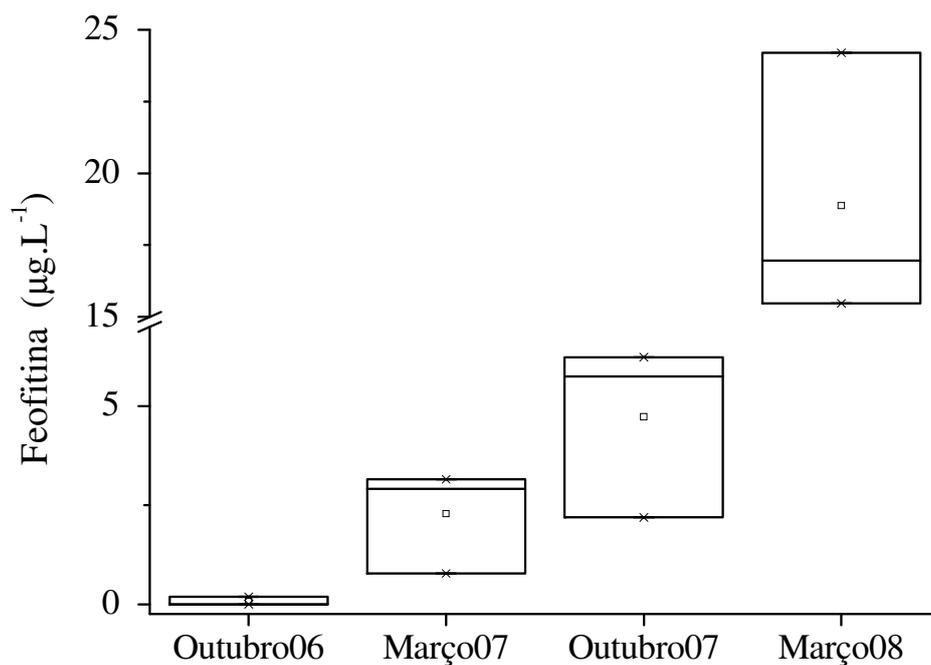


Figura 20: Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão da concentração de feofitina ($\mu\text{g.L}^{-1}$), considerando todos os pontos de amostragem do rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

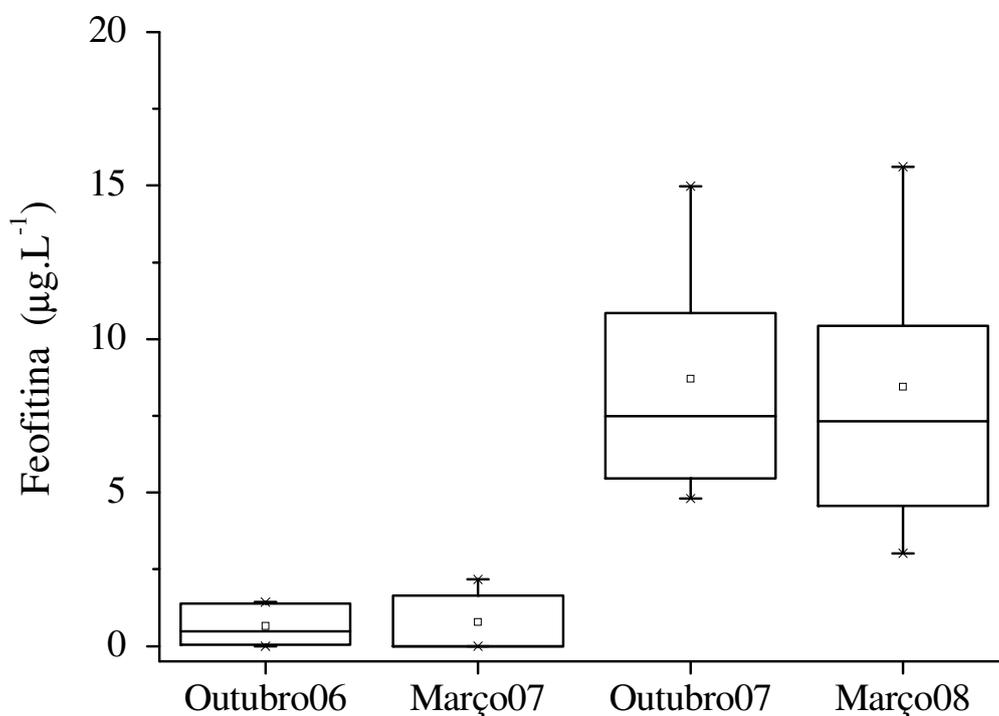


Figura 21: Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão da concentração de feofitina ($\mu\text{g.L}^{-1}$), considerando todos os pontos de amostragem do rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

5.4.9. Índice de Estado Trófico (IET)

Nas Figuras 22 e 23 são apresentados os valores médios calculados para os Índices de Estado Trófico com base nas concentrações de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$), registrados durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008) nos rios Piumhi e São Francisco, respectivamente.

Os resultados obtidos para o Índice de Estado Trófico médio no rio Piumhi (Figura 22) evidenciaram um gradiente decrescente de trofia, variando de uma classificação oligotrófica a ultraoligotrófica. Em outubro de 2006 e de 2007 (períodos secos) os valores médios do Índice de Estado Trófico foram 51 e 48, caracterizando uma condição de oligotrofia. Durante os períodos chuvosos, março de 2007 e de 2008, os valores do IET foram 45 e 47, classificando as águas deste rio como ultraoligotrófica.

Os valores do IET médio registrados no rio São Francisco (Figura 23) foram próximos aos obtidos no rio Piumhi, também classificando suas águas como ultraoligotróficas e oligotróficas. Os valores médios do Índice de Estado Trófico foram 48 em outubro de 2006, 51 em outubro de 2007 e 49 em março de 2008, que caracterizaram uma condição de oligotrofia. Em março de 2007, as águas deste rio foram classificadas como ultraoligotróficas, com valor do IET médio de 44.

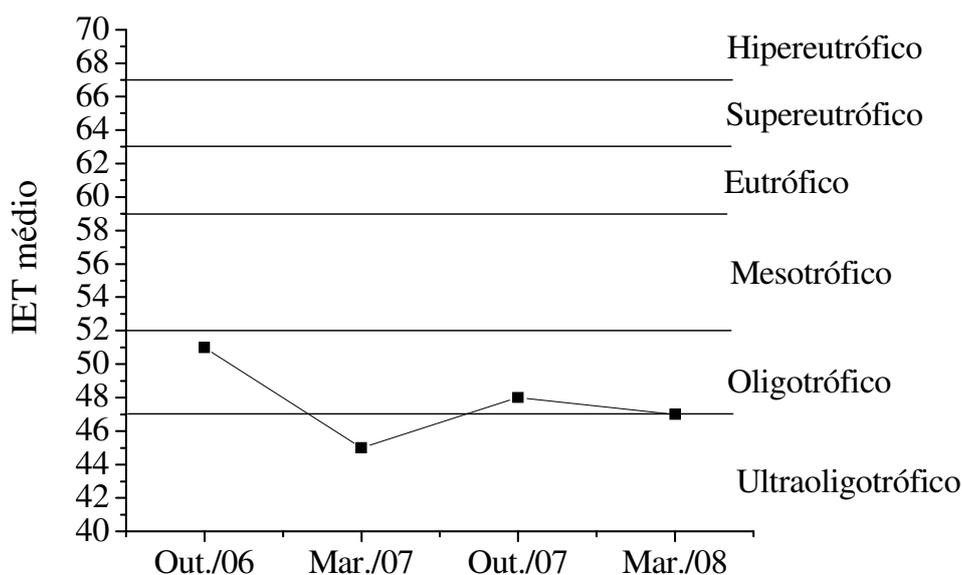


Figura 22: Valores do Índice de Estado Trófico (IET) médio de Carlson modificado por Lamparelli (2004), baseado nas concentrações de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$), registrados durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008) no rio Piumhi.

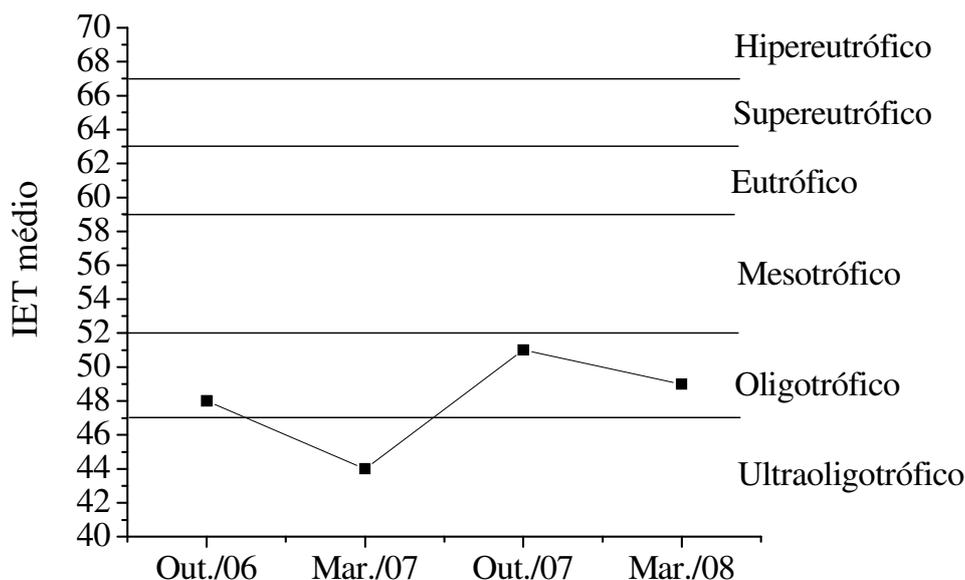


Figura 23: Valores do Índice de Estado Trófico (IET) médio de Carlson modificado por Lamparelli (2004), baseado nas concentrações de fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$), registrados durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008) no rio São Francisco.

5.4.10. Composição granulométrica e classificação textural dos sedimentos

Os valores relativos às frações granulométricas do sedimento dos pontos amostrados nos rios Piumhi e São Francisco durante os períodos de coleta, são apresentados nas Figuras 24 e 25, respectivamente.

Observou-se que o sedimento do rio Piumhi (Figura 24) foi predominantemente arenoso com grãos de tamanhos pequenos (areia fina e média). No Ponto 1 (outubro de 2006 e março de 2008) ocorreu uma maior porcentagem de argila e nos Pontos 1 e 2 (março de 2007) e em outubro de 2007 (Ponto 2) o silte foi a fração predominante.

No rio São Francisco (Figura 25) os sedimentos argilosos e arenosos predominaram durante os períodos estudados. As frações areia fina e média foram as que mais contribuíram dentro dos sedimentos arenosos, exceto no Ponto 4 (março de 2007), quando houve predominância de silte no sedimento. A fração granulométrica areia grossa esteve presente somente no Ponto 6, em outubro de 2006, e no Ponto 2, em março de 2007.

A Tabela 6 apresenta a classificação textural dos sedimentos segundo Camargo et al. (1987) nos rios Piumhi e São Francisco com base nas concentrações médias da fração argila durante os períodos amostrados (outubro de 2006, março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008).

No rio Piumhi, durante os dois primeiros períodos de coleta (outubro de 2006 e março de 2007), os sedimentos foram classificados como Limo-arenosos, pois a porcentagem da fração argila foi menor que 12,5 %. Porém nos períodos seguintes de amostragem, outubro de 2007 e março de 2008, a classificação dos sedimentos variou, ocorrendo solos do tipo Limo-areno-barrento e Barrento, respectivamente.

No rio São Francisco, em todos os períodos de coleta, a porcentagem de argila nos sedimentos esteve entre 12,5 % e 25 %, que determinou uma classificação textural do solo como Limo-areno-barrento.

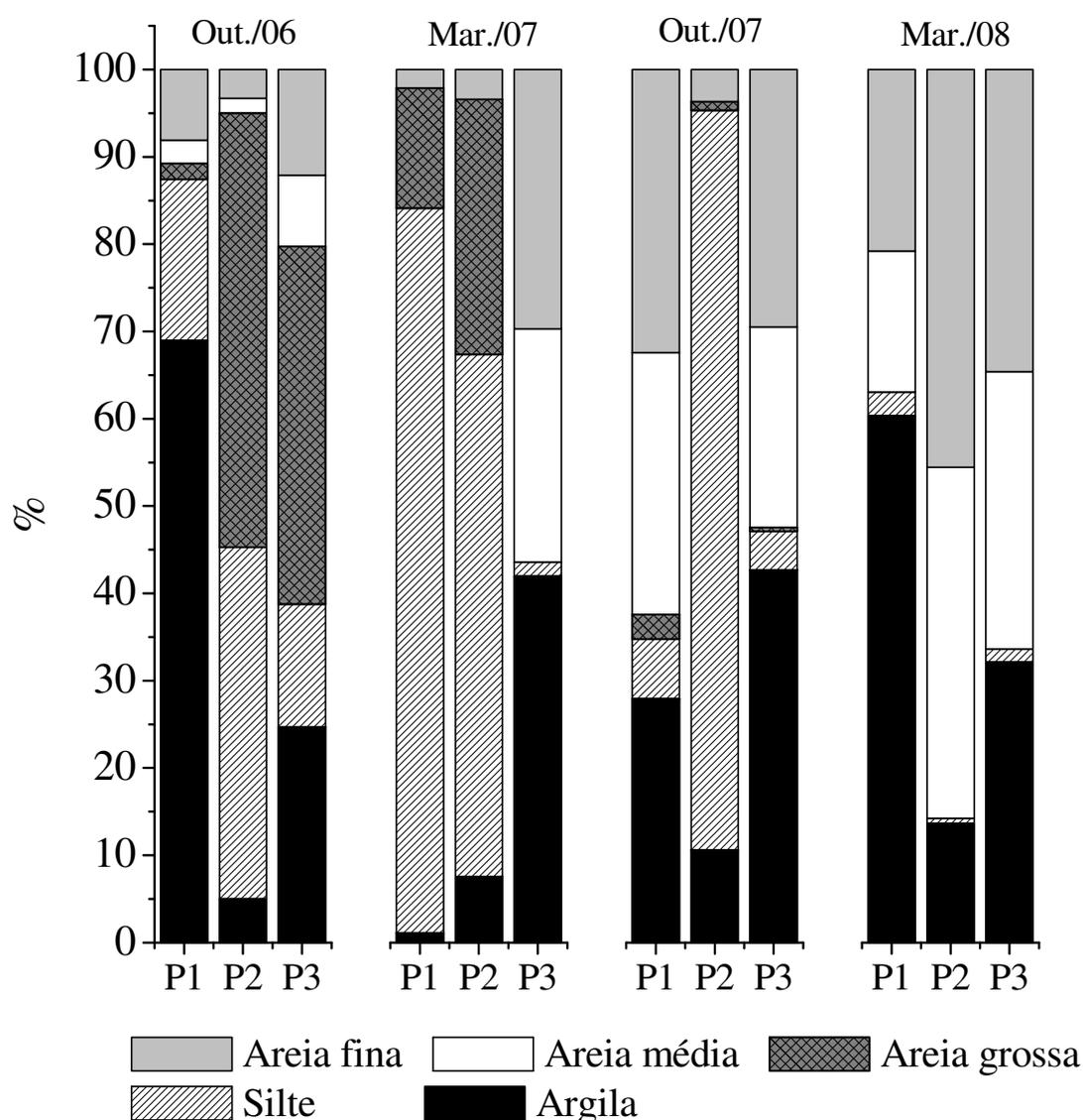


Figura 24: Composição granulométrica dos sedimentos nos pontos de coleta do rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

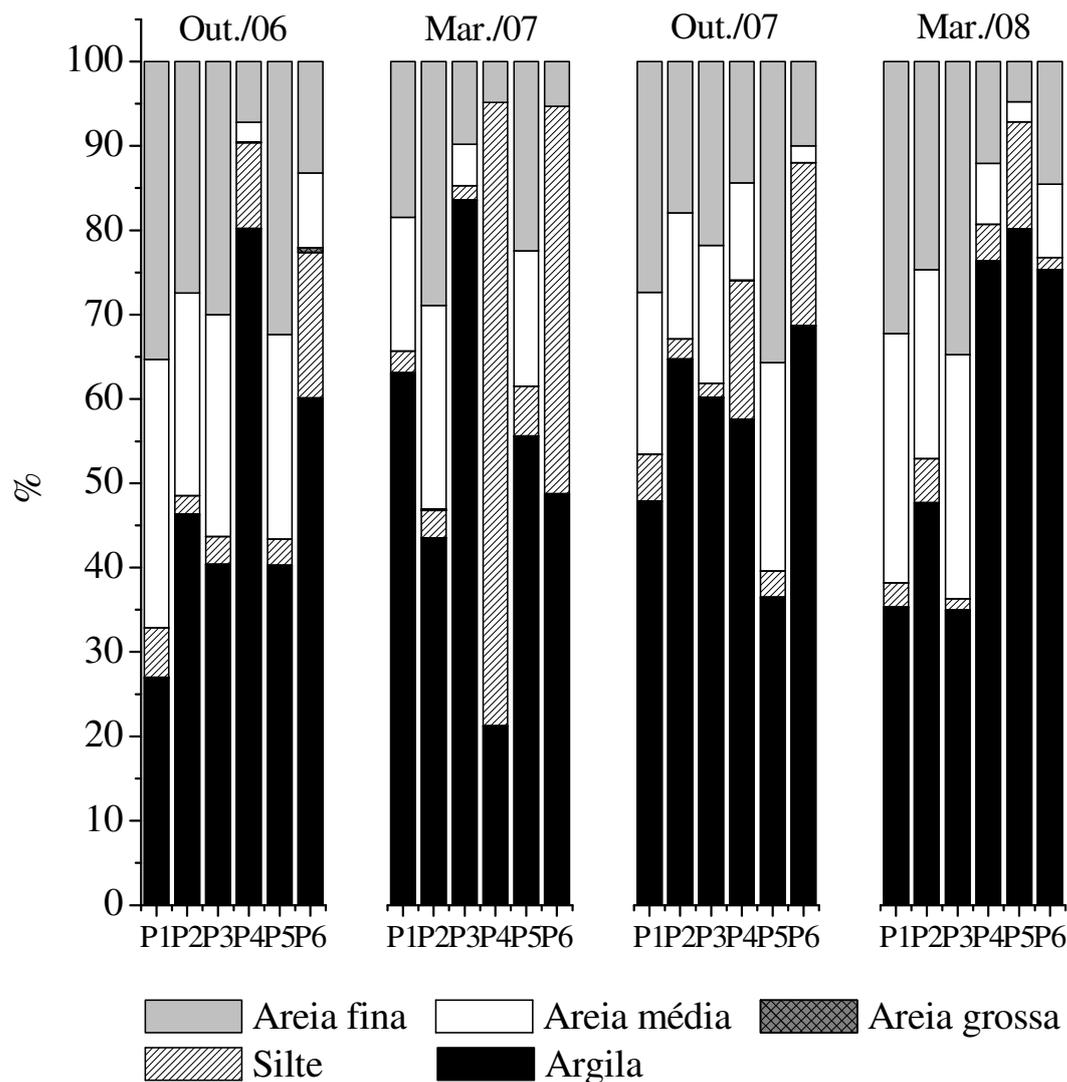


Figura 25: Composição granulométrica dos sedimentos nos pontos de coleta do rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Tabela 6: Porcentagem de argila e classificação textural segundo Camargo et al. (1987) para os sedimentos dos rios Piumhi e São Francisco, durante os períodos de amostragem (outubro de 2006, março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008).

	% de Argila				Classificação textural			
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
Rio Piumhi	7,85	11,76	21,87	33,66	Limo arenoso	Limo arenoso	Limo areno barrento	Barrento
Rio São Francisco	24,26	14,98	21,19	20,51	Limo areno barrento	Limo areno barrento	Limo areno barrento	Limo areno barrento

5.4.11. Contribuição relativa das frações inorgânicas e orgânicas nos sedimentos

As porcentagens de matéria orgânica e inorgânica presentes nos sedimentos dos rios Piumhi e São Francisco durante as quatro coletas são apresentadas nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

De maneira geral, a contribuição da fração inorgânica foi superior à fração orgânica em todos os pontos amostrados de ambos os rios estudados. Portanto, os sedimentos destes rios puderam ser classificados como minerais, pois contem menos de 10% de matéria orgânica.

No rio Piumhi (Tabela 7) o maior valor registrado da contribuição orgânica no sedimento foi 5,09 % encontrado no Ponto 3 em outubro de 2007 e o menor foi de 0,21 % registrado no Ponto 1 em março de 2007. Já para a fração inorgânica o maior valor foi de 99,79 % (Ponto 1) em março de 2007 e o menor valor foi de 94,91 % (Ponto 3) em outubro de 2007.

No rio São Francisco (Tabela 8) o maior valor registrado da contribuição orgânica no sedimento foi de 4,10 % registrado no Ponto 5 em outubro de 2007 e o menor de 0,37 % encontrado no Ponto 6 em março de 2007. Com relação à fração inorgânica do sedimento verificou-se uma variação de 95,9 % (Ponto 3) em outubro de 2007 e 99,63 % (Ponto 6) em março de 2007.

Pode-se observar que para ambos os rios estudados os maiores valores da fração orgânica foram encontrados durante o período seco em outubro de 2007 e os menores valores no período chuvoso em março de 2007. Para a fração inorgânica verificou-se um padrão contrário com os maiores valores registrados em março de 2007 e os menores em outubro de 2007.

Tabela 7: Valores das frações orgânicas e inorgânicas presentes nos sedimentos dos pontos amostrados no rio Piumhi (expressos como porcentagem de peso seco do sedimento), durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Pontos	Matéria Orgânica (%)				Matéria Inorgânica (%)			
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
P1	0,91	0,21	2,49	2,87	99,09	99,79	97,51	97,13
P2	0,34	0,24	0,81	3,48	99,66	99,76	99,19	96,52
P3	1,31	1,51	5,09	2,93	98,69	98,49	94,91	97,07

Tabela 8: Valores das frações orgânicas e inorgânicas presentes nos sedimentos dos pontos amostrados no rio São Francisco (expressos como porcentagem de peso seco do sedimento), durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Pontos	Matéria Orgânica (%)				Matéria Inorgânica (%)			
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
P1	3,29	1,50	3,10	2,27	96,71	98,50	96,9	97,73
P2	2,15	2,12	3,00	1,55	97,85	97,88	97,00	98,45
P3	3,92	0,83	3,34	2,17	96,08	99,17	96,66	97,83
P4	0,52	0,44	3,06	0,92	99,48	99,56	96,94	99,08
P5	2,16	1,88	4,10	0,43	97,84	98,12	95,9	99,57
P6	0,98	0,37	1,03	1,18	99,02	99,63	98,97	98,82

5.4.12. Concentrações de nitrogênio e fósforo nos sedimentos

As Tabelas 9 e 10 apresentam os valores das concentrações de nitrogênio e fósforo total presentes no sedimento dos rios Piumhi e São Francisco durante os períodos de amostragem, respectivamente.

As concentrações de nitrogênio total presentes no sedimento dos rios Piumhi e São Francisco variaram entre 0,05 mg.g⁻¹ (Pontos 1 e 2 - março de 2007) e 0,84 mg.g⁻¹ (Ponto 2 - março de 2008) e entre 0,07 mg.g⁻¹ (Ponto 6 - março de 2007) e 0,60 mg.g⁻¹ (Ponto 5 - outubro de 2007), respectivamente.

O menor valor de fósforo total registrado para o rio Piumhi foi 9,09 µg.g⁻¹ em outubro de 2006 e o maior foi 56,13 µg.g⁻¹ em março de 2008, ambos no Ponto 2. No rio São Francisco a maior concentração de fósforo (41,07 µg.g⁻¹ - Ponto 5) ocorreu em outubro de 2007 e a menor (14,65 µg.g⁻¹ - Ponto 6) em março de 2007.

Tabela 9: Valores das concentrações de nitrogênio total Kjeldhal (NTK) e fósforo total (PT) presentes nos sedimentos dos pontos amostrados no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Pontos	NTK (mg.g ⁻¹)				PT (µg.g ⁻¹)			
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
P1	0,21	0,05	0,42	0,75	29,30	14,18	41,70	41,86
P2	0,09	0,05	0,09	0,84	9,09	9,37	20,79	56,13
P3	0,25	0,33	0,57	0,65	25,29	30,32	37,58	53,28

Tabela 10: Valores das concentrações de nitrogênio total Kjeldhal (NTK) e fósforo total (PT) presentes nos sedimentos dos pontos amostrados no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Pontos	NTK (mg.g ⁻¹)				PT (µg.g ⁻¹)			
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
P1	0,53	0,23	0,26	0,56	34,57	20,50	19,12	37,11
P2	0,43	0,44	0,21	0,47	26,02	32,51	22,63	30,81
P3	0,56	0,24	0,18	0,58	29,97	17,52	22,98	33,14
P4	0,14	0,12	0,39	0,21	22,37	24,77	32,35	25,77
P5	0,30	0,52	0,60	0,12	23,50	27,51	41,07	18,44
P6	0,18	0,07	0,12	0,26	19,90	14,65	17,49	28,99

5.5. Análise estatística multivariada dos dados limnológicos

5.5.1. Análise Discriminante

Os resultados da análise discriminante para as variáveis limnológicas da água e do sedimento, medidas nos diversos pontos de coleta dos rios Piumhi e São Francisco, são apresentados nas Figuras 26 e 27, respectivamente.

As duas funções discriminantes (eixos F1 e F2) expressaram 98,51 % e 96,94 % da variância dos dados registrados nos rios Piumhi e São Francisco, respectivamente.

No rio Piumhi (Figura 26), a análise mostrou que as variáveis limnológicas discriminam os períodos amostrados. O período de outubro de 2006 (seca 1) esteve relacionado a elevados valores de pH, substrato predominantemente arenoso e a baixas concentrações de fósforo e matéria orgânica no sedimento. Outubro de 2007 (seca 2) associou-se com as elevadas concentrações de nitrato, nitrogênio orgânico total, fosfato inorgânico e fosfato dissolvido. O mês de março de 2008 (chuva 2) foi discriminado por elevadas concentrações de nitrogênio, matéria orgânica, silte e argila no sedimento e por amônio, fósforo total, oxigênio dissolvido e vazão presentes na água. Já em março de 2007 (chuva 1) não foi verificada nenhuma associação com as variáveis limnológicas.

No rio São Francisco (Figura 27), os quatro períodos de coleta também apresentaram diferenças significativas quanto às variáveis limnológicas da água e do sedimento. O período de outubro de 2006 (seca 1) foi discriminado pelos elevados valores de pH, silte, argila e nitrogênio no sedimento e por baixas concentrações de amônio na água. O mês de outubro de 2007 (seca 2) relacionou-se a baixos valores de vazão, a elevadas concentrações de fosfato dissolvido, nitrito e nitrogênio orgânico total e a sedimento compostos predominantemente por matéria orgânica. O período de março de 2007 (chuva 1) associou-se a elevadas concentrações de amônio e areia e a baixos

valores de pH. O mês de março de 2008 (chuva 2) foi associado com elevadas concentrações de fósforo total, oxigênio dissolvido e vazão e com baixos valores de condutividade elétrica e matéria orgânica no substrato.

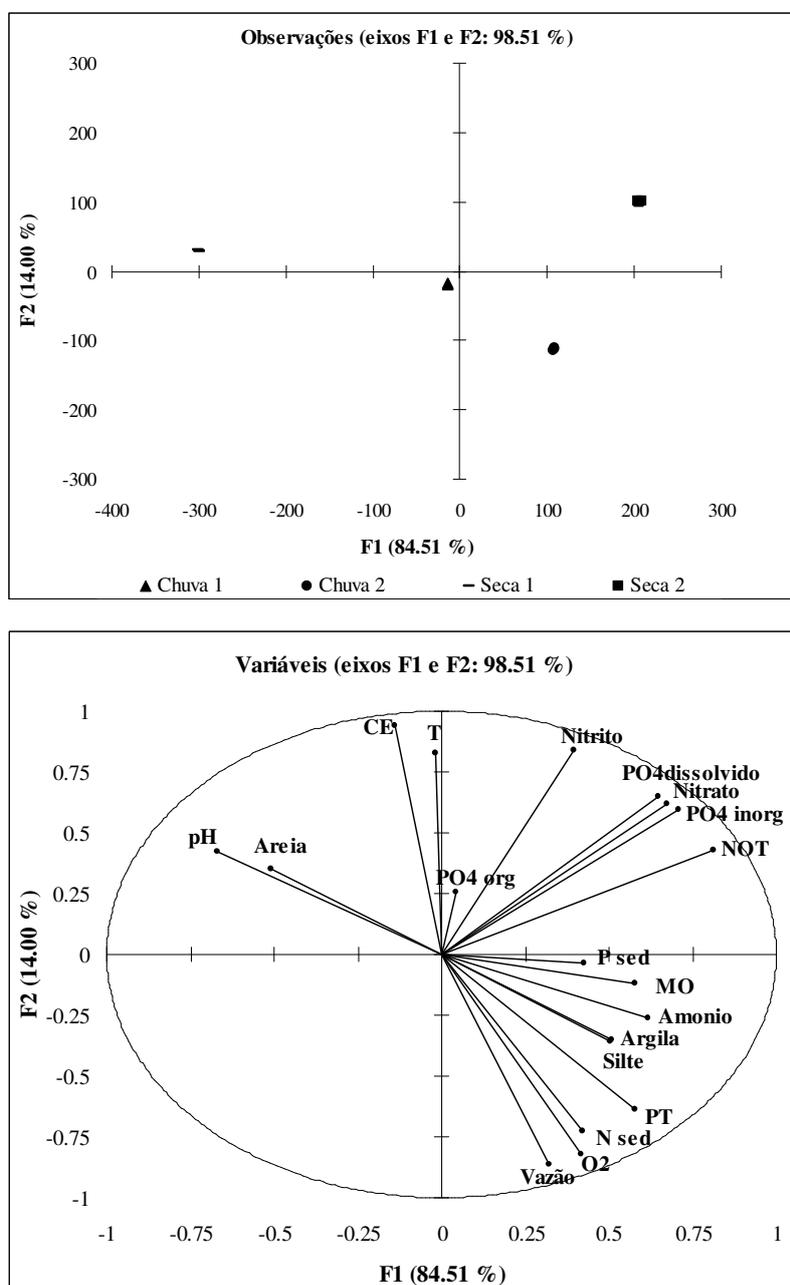


Figura 26: Análise discriminante das distribuições das variáveis limnológicas presentes no sedimento e na água do rio Piumhi durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008), sendo: seca 1 (outubro de 2006), seca 2 (outubro de 2007), chuva 1 (março de 2007), chuva 2 (março de 2008), NOT (nitrogênio orgânico total), PT (fósforo total), PO4 dissolvido (fosfato dissolvido), PO4 inorg (fosfato inorgânico), PO4 org (fosfato orgânico), CE (condutividade elétrica), T (temperatura), O2 (oxigênio dissolvido), P sed (fósforo no sedimento), N sed (nitrogênio no sedimento) e MO (matéria orgânica no sedimento).

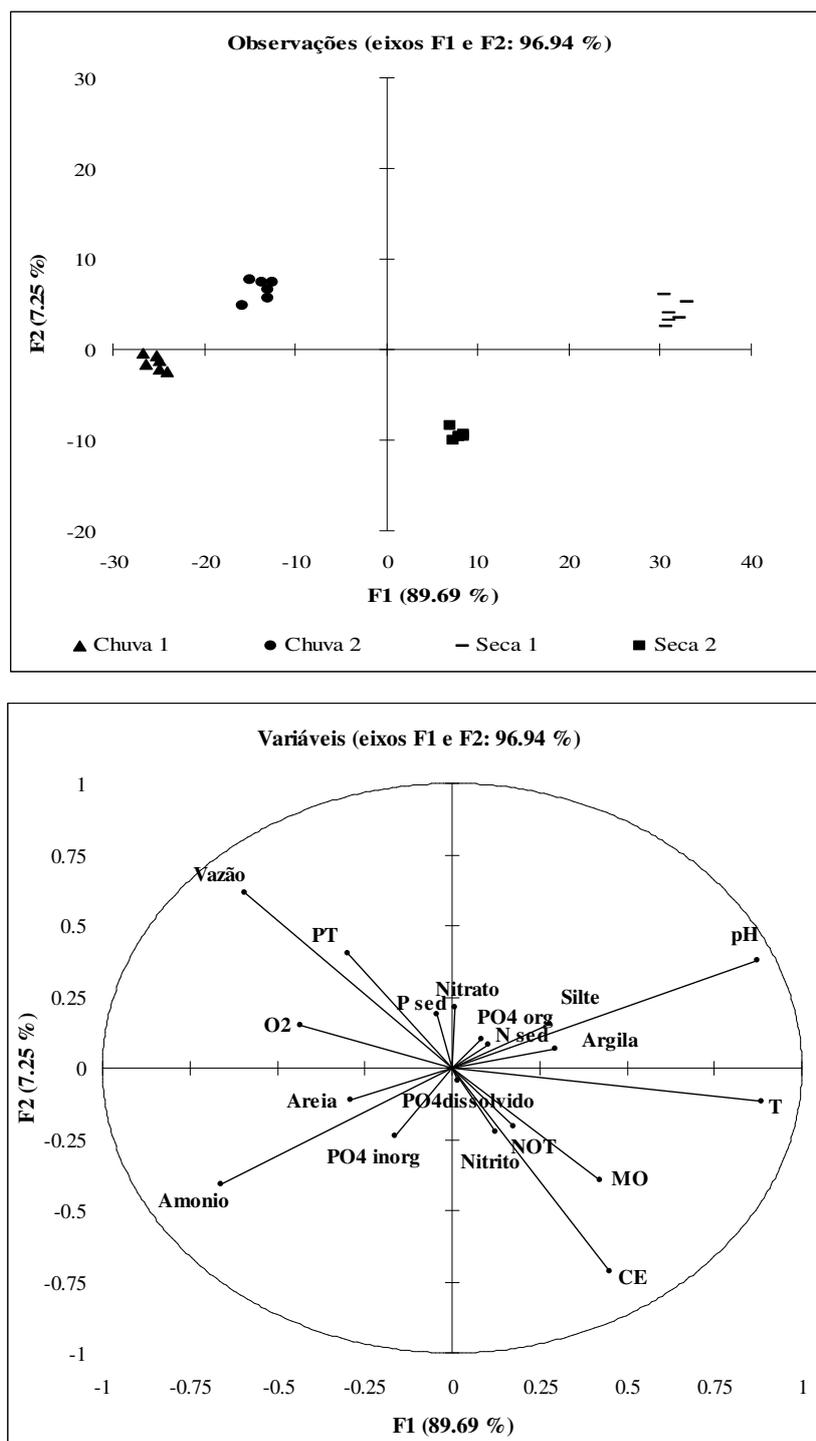


Figura 27: Análise discriminante das distribuições das variáveis limnológicas presentes no sedimento e na água do rio São Francisco durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008), sendo: seca 1 (outubro de 2006), seca 2 (outubro de 2007), chuva 1 (março de 2007), chuva 2 (março de 2008), NOT (nitrogênio orgânico total), PT (fósforo total), PO4 dissolvido (fosfato dissolvido), PO4 inorg (fosfato inorgânico), PO4 org (fosfato orgânico), CE (condutividade elétrica), T (temperatura), O2 (oxigênio dissolvido), P sed (fósforo no sedimento), N sed (nitrogênio no sedimento) e MO (matéria orgânica no sedimento).

5.6. Variáveis biológicas

5.6.1. Composição taxonômica da comunidade de macro-invertebrados bentônicos

As imagens referentes aos principais táxons de macro-invertebrados bentônicos amostrados nos rios Piumhi e São Francisco são apresentadas no Anexo C.

As Tabelas 11 e 12 contêm os resultados relativos à composição taxonômica e riqueza de espécies da comunidade de macro-invertebrados bentônicos, registradas no rio Piumhi com os amostradores van Veen e Surber, respectivamente, durante os períodos de coleta. Neste rio, durante todos os períodos de estudo, foram coletados 1539 indivíduos com a draga de van Veen e 1530 indivíduos com o amostrador Surber.

No rio Piumhi, onde a comunidade bentônica foi amostrada com a draga van Veen, foram registrados 56 táxons considerando-se os quatro períodos de amostragem (Tabela 11). Desse total, 1 táxon é Hirudinea, 6 Oligochaeta (Naididae), 1 Crustacea (Hydracarina), 1 Mollusca (Bivalvia), 47 Insecta, dos quais 9 são Coleoptera (Elmidae, Hydrophilidae e Staphylinidae), 4 Ephemeroptera (Baetidae, Leptophlebiidae e Leptohiphidae), 1 Hemiptera (Naucoridae), 1 Lepidoptera (Pyrilidae), 2 Odonata (Gomphidae e Libellulidae), 5 Trichoptera (Glossosomatidae, Hydropsychidae e Hydroptilidae), 1 Ceratopogonidae, 21 Chironomidae, 1 Dolichopodidae e 2 Empididae. Ainda no mesmo rio, registraram-se 56 táxons para os macro-invertebrados bentônicos coletados com o amostrador Surber, considerando-se os dois períodos de seca (outubro de 2006 e de 2007) (Tabela 12). Desse total, 3 táxons pertencem a Oligochaeta (Alluroididae e Naididae), 1 à Classe Turbellaria, 1 ao Filo Mollusca (Bivalvia) e 51 à Classe Insecta, sendo que entre estes últimos 10 são Coleoptera (Elmidae e Hydrophilidae), 4 Ephemeroptera (Baetidae, Leptophlebiidae e Leptohiphidae), 1 Hemiptera (Naucoridae), 3 Odonata (Calopterygidae, Gomphidae e Libellulidae), 3 Trichoptera (Glossosomatidae e Leptoceridae), 1 Ceratopogonidae, 1 Chaoboridae, 27 Chironomidae e 1 Empididae.

A Tabela 13 mostra a composição taxonômica e riqueza de espécies da comunidade de macro-invertebrados bentônicos amostrados no rio São Francisco com a draga van Veen, durante os quatro períodos de amostragem. Neste rio foram coletados 1073 indivíduos e registrados 74 táxons, no total. Destes, 1 táxon pertence à Nematoda, 7 à Oligochaeta (Alluroididae e Naididae), 1 à Crustacea (Hydracarina), 1 à Mollusca (Bivalvia) e 64 à Insecta, sendo que entre estes últimos 9 são Coleoptera (Elmidae), 6

Ephemeroptera (Caenidae, Leptophlebiidae, Leptohyphidae e Polymitarciidae), 1 Hemiptera (Naucoridae), 2 Odonata (Gomphidae), 1 Plecoptera (Perlidae), 7 Trichoptera (Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptoceridae e Polycentropodidae), 2 Ceratopogonidae, 33 Chironomidae, 1 Cecidomyiidae e 2 Empididae.

Tabela 11: Composição taxonômica e riqueza de espécies da comunidade de macroinvertebrados bentônicos amostrados com draga van Veen no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

			Outubro de 2006	Março de 2007	Outubro de 2007	Março de 2008
FILO ANNELIDA						
Classe Hirudinea			x			
Classe Oligochaeta						
Família Naididae						
	Subfamília Naidinae	<i>Dero (Aulophorus) furcatus</i>	x			
		<i>Dero (Dero) sawayai</i>	x			
	Subfamília Pristininae	<i>Pristina americana</i>		x		
		<i>Pristina synclites</i>	x			
	Subfamília Rhyacodrilinae	<i>Bothrioneurum</i>	x			x
	Subfamília Tubificinae	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	x	x	x	x
FILO ARTHROPODA						
Classe Insecta						
Ordem Coleoptera						
	Família Elmidae	<i>Heterelmis</i> sp	x		x	
		<i>Hexacylloepus</i> sp	x		x	
		Larva C *			x	
		Larva E *			x	
		Morfotipo I			x	
		Morfotipo III			x	
		<i>Neoelmis</i> sp		x		
	Família Hydrophilidae	<i>Berosus</i> sp			x	
	Família Staphylinidae				x	
Ordem Diptera						
	Família Ceratopogonidae	<i>Culicoides</i> sp	x		x	
	Família Chironomidae	<i>Ablabesmyia</i> sp	x		x	
		<i>Caladomyia</i> morfotipo I	x		x	
	Família Chironomidae	<i>Caladomyia</i> morfotipo II	x		x	
		<i>Caladomyia</i> morfotipo III			x	
		<i>Chironomus</i> sp	x	x	x	x
		<i>Cladopelma</i> sp	x		x	
		Complexo <i>Harnischia</i> morfotipo I		x	x	
		<i>Cricotopus</i> sp			x	
		<i>Cryptochironomus</i> sp	x	x	x	
		<i>Dicrotendipes</i> sp			x	
		<i>Djalmabatista</i> morfotipo II			x	

Continuação Tabela 11.

		Outubro de 2006	Março de 2007	Outubro de 2007	Março de 2008
Família Chironomidae	<i>Endotribelos</i> sp				X
	<i>Harnischia</i> sp3 **			X	
	<i>Lopescladius</i> sp			X	
	<i>Microtendipes</i> sp			X	
	<i>Paratendipes</i> sp			X	
	<i>Pentaneura</i> sp			X	
	<i>Polypedilum</i> sp	X	X	X	X
	<i>Rheotanytarsus</i> sp	X			
	<i>Tanytarsus</i> sp	X		X	
	<i>Thienemanniella</i> sp1 **			X	
Família Dolichopodidae	<i>Rhapium</i> sp			X	
Família Empididae	<i>Hemerodromia</i> sp			X	
	<i>Rhaphomyia</i> sp			X	
Ordem Ephemeroptera					
Família Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp		X	X	
Família Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> sp			X	
Família Leptohephidae	<i>Traverhyphes</i> sp	X	X	X	
	<i>Tricorythopsis</i> sp			X	
Ordem Hemiptera					
Família Naucoridae	<i>Ambrysus</i> sp			X	
Ordem Lepidoptera					
Família Pyralidae					
Subfamília Aryractini	<i>Paragyraetis</i> sp			X	
Ordem Odonata					
Família Gomphidae	<i>Phyllocycla</i> sp		X	X	X
Família Libellulidae	<i>Macrothemis</i> sp			X	
Ordem Trichoptera					
Família Glossosomatidae	<i>Mexitrichia</i> sp			X	
	<i>Protoptila</i> sp			X	
Família Hydropsychidae	<i>Smicridea</i> sp		X		X
Família Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> sp			X	
	<i>Oxyethira</i> sp		X		
FILO CRUSTACEA					
Ordem Hydracarina					
			X		
FILO MOLLUSCA					
Classe Bivalvia					
Família Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>		X	X	
Número de táxons		19	14	44	7

* Classificação de acordo com Passos et. al (2007).

** Classificação de acordo com Trivinho-Strixino & Strixino (1995).

Tabela 12: Composição taxonômica e riqueza de espécies da comunidade de macro-invertebrados bentônicos coletados com amostrador Surber no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007).

		Outubro de 2006	Outubro de 2007
FILO ANNELIDA			
Classe Oligochaeta			
Família Alluroididae	<i>Brinkhurstia americana</i>		X
Família Naididae			
Subfamília Naidinae	<i>Dero</i> sp		X
Subfamília Pristininae	<i>Pristina americana</i>		X
FILO ARTHROPODA			
Classe Insecta			
Ordem Coleoptera			
Família Elmidae	<i>Hexacylloepus</i> sp	X	X
	Larva C *		X
	Larva E *		X
	<i>Microcyllloepus</i> sp		X
	Morfotipo I		X
	Morfotipo II	X	
	Morfotipo III		X
	Morfotipo IV		X
	<i>Stenelmis</i> sp		X
Família Hydrophilidae	<i>Dibolocelus</i> sp		X
Ordem Diptera			
Família Ceratopogonidae	<i>Culicoides</i> sp		X
Família Chaoboridae		X	
Família Chironomidae	<i>Ablabesmyia</i> sp	X	X
	<i>Axarus</i> sp		X
	<i>Caladomyia</i> cf. <i>ortoni</i>		X
	<i>Caladomyia</i> morfotipo I	X	X
	<i>Caladomyia</i> morfotipo II		X
	<i>Caladomyia</i> morfotipo III		X
	<i>Caladomyia</i> morfotipo IV		X
	<i>Chironomus</i> sp		X
Família Chironomidae	<i>Cladopelma</i> sp		X
	Complexo <i>Harnischia</i> morfotipo I		X
	<i>Cricotopus</i> sp	X	X
	<i>Cryptochironomus</i> sp	X	X
	<i>Djalmabatista</i> morfotipo II	X	X
	<i>Endotribelos</i> sp		X
	<i>Fissimentum</i> sp		X
	<i>Harnischia</i> sp3 **		X
	<i>Lopescladius</i> sp		X
	<i>Microtendipes</i> sp		X

Continuação Tabela 12.

		Outubro de 2006	Outubro de 2007
Família Chironomidae	<i>Parachironomus</i> sp	x	
	<i>Paratendipes</i> sp		x
	<i>Pentaneura</i> sp	x	x
	<i>Polypedilum</i> sp	x	x
	<i>Rheotanytarsus</i> sp		x
	<i>Stempellinella</i> sp		x
	<i>Tanytarsus</i> sp		x
	<i>Thienemanniella</i> sp1 **		x
	<i>Xestochironomus</i> sp		x
Família Empididae	<i>Hemerodromia</i> sp		x
Ordem Ephemeroptera			
Família Baetidae	<i>Americabaetis</i> sp		x
	<i>Apobaetis</i> sp	x	
Família Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i> sp	x	x
Família Leptohyphidae	<i>Traverhyphes</i> sp	x	x
Ordem Hemiptera			
Família Naucoridae	<i>Limnocoris</i> sp		x
Ordem Odonata			
Família Calopterygidae	<i>Hetaerina</i> sp	x	
Família Gomphidae	<i>Phyllocycla</i> sp		x
Família Libellulidae	<i>Macrothemis</i> sp		x
Ordem Trichoptera			
Família Glossosomatidae	<i>Mexitrichia</i> sp		x
	<i>Protoptila</i> sp		x
Família Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp		x
FILO MOLLUSCA			
Classe Bivalvia			
Família Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>		x
FILO PLATYHELMINTHES			
Classe Turbellaria			
Número de táxons		15	51

* Classificação de acordo com Passos et. al (2007).

** Classificação de acordo com Trivinho-Strixino & Strixino (1995).

Tabela 13: Composição taxonômica e riqueza de espécies da comunidade de macro-invertebrados bentônicos amostrados com draga van Veen no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

		Outubro de 2006	Março de 2007	Outubro de 2007	Março de 2008
FILO ANNELIDA					
Classe Oligochaeta					
Família Alluroididae	<i>Brinkhurstia americana</i>	x	x	x	
Família Naididae					
Subfamília Naidinae	<i>Allonais chelata</i>				x
Subfamília Pristininae	<i>Pristina americana</i>	x			
	<i>Pristina synclites</i>		x		
Subfamília Rhyacodrilinae	<i>Bothrioneurum</i>	x			
Subfamília Tubificinae	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	x	x	x	
	<i>Limnodrilus neotropicus</i>	x	x	x	
FILO ARTHROPODA					
Classe Insecta					
Ordem Coleoptera					
Família Elmidae	<i>Heterelmis</i> sp		x		x
	<i>Hexacylloepus</i> sp	x	x	x	
	<i>Macrelmis</i> sp		x		x
	<i>Microcyllloepus</i> sp		x		
	Morfotipo II	x		x	
	Morfotipo IV			x	
	<i>Neoelmis</i> sp				x
	<i>Phanocerus</i> sp		x		
	<i>Stenelmis</i> sp		x		
Ordem Diptera					
Família Ceratopogonidae	<i>Culicoides</i> sp	x		x	x
	<i>Dasyhelea</i> sp		x	x	x
Família Cecidomyiidae	<i>Lopesia</i> sp				x
Família Chironomidae	<i>Ablabesmyia</i> sp		x	x	x
	<i>Aedokritus</i> sp	x			
	<i>Axarus</i> sp	x		x	
	<i>Beardius</i> sp			x	
	<i>Caladomyia</i> cf. <i>ortoni</i>			x	
	<i>Caladomyia</i> morfotipo I	x		x	
	<i>Caladomyia</i> morfotipo III		x		
	<i>Caladomyia</i> morfotipo IV			x	
	<i>Chironomus</i> sp		x	x	x
	<i>Cladopelma</i> sp	x		x	
	<i>Coelotanypus</i> sp			x	
	Complexo <i>Harnischia</i> morfotipo I		x		
	<i>Cricotopus</i> sp		x	x	
	<i>Cryptochironomus</i> sp	x	x	x	x

Continuação Tabela 13.

		Outubro de 2006	Março de 2007	Outubro de 2007	Março de 2008
Família Chironomidae	<i>Dicrotendipes</i> sp		X		X
	<i>Djalmabatista</i> morfotipo I	X			X
	<i>Djalmabatista</i> morfotipo II	X	X	X	
	<i>Endotribelos</i> sp		X	X	X
	<i>Fissimentum</i> sp	X		X	
	<i>Harnischia</i> sp3 **	X		X	X
	<i>Labrundinia</i> sp		X		X
	<i>Lopescladius</i> sp		X		
	<i>Microtendipes</i> sp			X	
	<i>Nilothauma</i> sp		X	X	
	<i>Onconeura</i>		X		X
	<i>Paratendipes</i> sp				X
	<i>Pentaneura</i> sp	X	X	X	X
	<i>Polypedilum</i> sp	X	X	X	X
	<i>Procladini</i> NI	X			
	<i>Rheotanytarsus</i> sp	X	X	X	X
	<i>Tanytarsus</i> sp	X	X	X	X
	<i>Thienemanniella</i> sp1 **		X		X
	<i>Thienemannimyia</i>	X			
Família Empididae	<i>Hemerodromia</i> sp				X
	<i>Rhaphomyia</i> sp	X	X	X	
Ordem Ephemeroptera					
Família Caenidae	<i>Caenis</i> sp			X	
Família Leptophlebiidae	<i>Farrodos</i> sp		X		X
	<i>Traverella</i> sp	X	X		
Família Leptohiphidae	<i>Traverhyphes</i> sp		X	X	X
Família Polymitarcyidae	<i>Campsurus</i> sp	X			
	<i>Tortopus</i> sp		X	X	
Ordem Hemiptera					
Família Naucoridae	<i>Limnocoris</i> sp				X
Ordem Odonata					
Família Gomphidae	<i>Gomphoides</i> sp				X
	<i>Phyllocycla</i> sp	X	X	X	X
Ordem Plecoptera					
Família Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp		X		
Ordem Trichoptera					
Família Hydropsychidae	<i>Leptonema</i> sp		X		
	<i>Macronema</i> sp		X		
	<i>Smicridea</i> sp	X	X		
Família Hydroptilidae	<i>Oxyethira</i> sp				X
Família Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp				X

Continuação Tabela 13.

		Outubro de 2006	Março de 2007	Outubro de 2007	Março de 2008
Família Leptoceridae	<i>Oecetis</i> sp		x		
Família Polycentropodidae	<i>Cyrnellus</i> sp		x	x	
FILO CRUSTACEA					
Ordem Hydracarina					
					x
FILO MOLLUSCA					
Classe Bivalvia					
Família Corbiculidae	<i>Corbicula fluminea</i>		x	x	
FILO NEMATODA					
		x			
Número de táxons		29	42	36	31

* Classificação de acordo com Passos et. al (2007).

** Classificação de acordo com Trivinho-Strixino & Strixino (1995).

5.6.2. Frequência de ocorrência dos táxons de macro-invertebrados bentônicos

As Tabelas 14 e 15 mostram a frequência de ocorrência dos táxons da comunidade de macro-invertebrados bentônicos registrada no rio Piumhi com os amostradores van Veen e Surber, respectivamente, durante os períodos de coleta.

No rio Piumhi (Tabela 14) amostrado com a draga van Veen, em outubro de 2006, somente o táxon *Polypedilum* foi considerado constante, enquanto que os demais se apresentaram como raros. Em março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008 foram totalizados 10 táxons como comuns sendo 5 (*Limnodrilus hoffmeisteri*, Complexo *Harnischia* morfotipo I, *Traverhyphes*, *Phyllocycla* e Hydracarina), 2 (*Polypedilum* e *Lopescladius*) e 3 (*L. hoffmeisteri*, *Chironomus* e *Polypedilum*), respectivamente. Os demais táxons amostrados nesses períodos foram considerados raros. Somente *L. hoffmeisteri*, *Chironomus* e *Polypedilum* foram registrados em todos os períodos de coleta. Neste mesmo rio, dentre os macro-invertebrados coletados com o amostrador Surber, em outubro de 2006 e de 2007, 4 táxons foram comuns, sendo 2 (*Cryptochironomus* e *Polypedilum*) e 2 (*Caladomyia* morfotipo I e *Polypedilum*), respectivamente e os demais foram considerados raros. *Hexacylloepus*, *Ablabesmyia*, *Caladomyia* morfotipo I, *Cricotopus*, *Cryptochironomus*, *Djalmabatista* morfotipo II, *Pentaneura*, *Polypedilum*, *Thraulodes* e *Traverhyphes* foram os táxons presentes nos dois períodos de amostragem.

A frequência de ocorrência dos táxons bentônicos registrados no rio São Francisco durante os meses amostrados é apresentada na Tabela 16. Neste rio, somente o táxon *Smicridea* foi classificado como constante em março de 2007. Durante os

quatro períodos de coleta 9 táxons foram classificados como comuns, sendo que destes, 3 (*Axarus*, *Polypedilum* e *Rheotanytarsus*) ocorreram em outubro de 2006, 1 (*Polypedilum*) em março de 2007, 3 (*Djalmabatista* morfotipo II, *Fissimentum* e *Polypedilum*) em outubro de 2007 e 2 (*Polypedilum*, *Rheotanytarsus*) em março de 2008. Os demais táxons foram considerados raros em todos os períodos amostrados. Os táxons *Cryptochironomus*, *Pentaneura*, *Polypedilum*, *Rheotanytarsus*, *Tanytarsus* e *Phyllocycla* tiveram ocorrência nos 4 períodos de coleta.

Tabela 14: Frequência de ocorrência dos táxons de macro-invertebrados bentônicos amostrados com draga van Veen no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

$F \geq 50\%$ = Constantes (CT); $10\% < F < 50\%$ = Comuns (CM); $F \leq 10\%$ = Raras (RR).

Rio Piumhi				
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
<i>Dero (Aulophorus) furcatus</i>	RR			
<i>Dero (Dero) sawyai</i>	RR			
<i>Pristina americana</i>		RR		
<i>Pristina synclites</i>	RR			
<i>Bothrioneurum</i>	RR			RR
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	RR	CM	RR	CM
<i>Heterelmis</i> sp	RR		RR	
<i>Hexacylloepus</i> sp	RR		RR	
Coleoptera Larva C			RR	
Coleoptera Larva E			RR	
Coleoptera morfotipo I			RR	
Coleoptera morfotipo III			RR	
<i>Neoelmis</i> sp		RR		
<i>Berosus</i> sp			RR	
Staphylinidae NI			RR	
<i>Culicoides</i> sp	RR		RR	
<i>Ablabesmyia</i> sp	RR		RR	
<i>Caladomyia</i> morfotipo I	RR		RR	
<i>Caladomyia</i> morfotipo II	RR		RR	
<i>Caladomyia</i> morfotipo III			RR	
<i>Chironomus</i> sp	RR	RR	RR	CM
<i>Cladopelma</i> sp	RR		RR	
Complexo <i>Harnischia</i> morfotipo I		CM	RR	
<i>Cricotopus</i> sp			RR	
<i>Cryptochironomus</i> sp	RR	RR	RR	
<i>Dicrotendipes</i> sp			RR	
<i>Djalmabatista</i> morfotipo II			RR	
<i>Endotribelos</i> sp				RR
<i>Harnischia</i> sp3			RR	

Continuação Tabela 14.

	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
<i>Lopescladius</i> sp			CM	
<i>Microtendipes</i> sp			RR	
<i>Paratendipes</i> sp			RR	
<i>Pentaneura</i> sp			RR	
<i>Polypedilum</i> sp	CT	RR	CM	CM
<i>Rheotanytarsus</i> sp	RR			
<i>Tanytarsus</i> sp	RR		RR	
<i>Thienemanniella</i> sp1			RR	
<i>Rhapium</i> sp			RR	
<i>Hemerodromia</i> sp			RR	
<i>Rhaphomyia</i> sp			RR	
<i>Americabaetis</i> sp		RR	RR	
<i>Thraulodes</i> sp			RR	
<i>Traverhyphes</i> sp	RR	CM	RR	
<i>Tricorythopsis</i> sp			RR	
<i>Ambrysus</i> sp			RR	
<i>Paragyraetis</i> sp			RR	
<i>Phyllocycla</i> sp		CM	RR	RR
<i>Macrothemis</i> sp			RR	
<i>Mexitrichia</i> sp			RR	
<i>Protoptila</i> sp			RR	
<i>Smicridea</i> sp		RR		RR
<i>Hydroptila</i> sp			RR	
<i>Oxyethira</i> sp		RR		
Hydracarina		CM		
<i>Corbicula fluminea</i>		RR	RR	
Hirudinea	RR			
RR	18	9	42	4
CM	0	5	2	3
CT	1	0	0	0
Total	19	14	44	7

Tabela 15: Frequência de ocorrência dos táxons de macro-invertebrados bentônicos coletados com amostrador Surber no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007).
 $F \geq 50\%$ = Constantes (CT); $10\% < F < 50\%$ = Comuns (CM); $F \leq 10\%$ = Raras (RR).

	Rio Piumhi	
	Out./06	Out./07
<i>Brinkhurstia americana</i>		RR
<i>Dero</i> sp		RR
<i>Pristina americana</i>		RR
<i>Hexacylloepus</i> sp	RR	RR
Coleoptera Larva C		RR
Coleoptera Larva E		RR
<i>Microcyllloepus</i> sp		RR
Coleoptera morfotipo I		RR
Coleoptera morfotipo II	RR	
Coleoptera morfotipo III		RR
Coleoptera morfotipo IV		RR
<i>Stenelmis</i> sp		RR
<i>Dibolocelus</i> sp		RR
<i>Culicoides</i> sp		RR
Chaoboridae	RR	
<i>Ablabesmyia</i> sp	RR	RR
<i>Axarus</i> sp		RR
<i>Caladomyia</i> cf. <i>ortoni</i>		RR
<i>Caladomyia</i> morfotipo I	RR	CM
<i>Caladomyia</i> morfotipo II		RR
<i>Caladomyia</i> morfotipo III		RR
<i>Caladomyia</i> morfotipo IV		RR
<i>Chironomus</i> sp		RR
<i>Cladopelma</i> sp		RR
Complexo <i>Harnischia</i> morfotipo I		RR
<i>Cricotopus</i> sp	RR	RR
<i>Cryptochironomus</i> sp	CM	RR
<i>Djalmabatista</i> morfotipo II	RR	RR
<i>Endotribelos</i> sp		RR
<i>Fissimentum</i> sp		RR
<i>Harnischia</i> sp3		RR
<i>Lopescladius</i> sp		RR
<i>Microtendipes</i> sp		RR
<i>Parachironomus</i> sp	RR	
<i>Paratendipes</i> sp		RR
<i>Pentaneura</i> sp	RR	RR
<i>Polypedilum</i> sp	CM	CM
<i>Rheotanytarsus</i> sp		RR
<i>Stempellinella</i> sp		RR
<i>Tanytarsus</i> sp		RR
<i>Thienemanniella</i> sp1		RR

Continuação Tabela 15.

	Out./06	Out./07
<i>Xestochironomus</i> sp		RR
<i>Hemerodromia</i> sp		RR
Baetidae NI	RR	
<i>Americabaetis</i> sp		RR
<i>Apobaetis</i> sp	RR	
<i>Thraulodes</i> sp	RR	RR
<i>Traverhyphes</i> sp	RR	RR
<i>Limnocoris</i> sp		RR
<i>Hetaerina</i> sp	RR	
<i>Phyllocycla</i> sp		RR
<i>Macrothemis</i> sp		RR
<i>Mexitrichia</i> sp		RR
<i>Protoptila</i> sp		RR
<i>Nectopsyche</i> sp		RR
<i>Corbicula fluminea</i>		RR
Turbellaria		RR
RR	14	49
CM	2	2
CT	0	0
Total	16	51

Tabela 16: Frequência de ocorrência dos táxons de macro-invertebrados bentônicos amostrados com draga van Veen no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

F \geq 50% = Constantes (CT); 10% < F < 50% = Comuns (CM); F \leq 10% = Raras (RR).

	Rio São Francisco			
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
<i>Brinkhurstia americana</i>	RR	RR	RR	
<i>Allonais chelata</i>				RR
<i>Pristina americana</i>	RR	RR		
<i>Pristina synclites</i>		RR		
<i>Bothrioneurum</i>	RR			
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	RR	RR	RR	
<i>Limnodrilus neotropicus</i>	RR	RR	RR	
<i>Heterelmis</i> sp		RR		RR
<i>Hexacylloepus</i> sp	RR	RR	RR	
<i>Macrelmis</i> sp		RR		RR
<i>Microcyllloepus</i> sp		RR		
Coleoptera morfotipo II	RR		RR	
Coleoptera morfotipo IV			RR	
<i>Neoelmis</i> sp				RR
<i>Phanocerus</i> sp		RR		

Continuação Tabela 16.

	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
<i>Stenelmis</i> sp		RR		
<i>Culicoides</i> sp	RR		RR	RR
<i>Dasyhelea</i> sp		RR	RR	RR
<i>Lopesia</i> sp				RR
<i>Ablabesmyia</i> sp		RR	RR	RR
<i>Aedokritus</i> sp	RR			
<i>Axarus</i> sp	CM		RR	
<i>Beardius</i> sp			RR	
<i>Caladomyia</i> cf. <i>ortoni</i>			RR	
<i>Caladomyia</i> morfotipo I	RR		RR	
<i>Caladomyia</i> morfotipo III		RR		
<i>Caladomyia</i> morfotipo IV			RR	
<i>Chironomus</i> sp		RR	RR	RR
<i>Cladopelma</i> sp	RR		RR	
<i>Coelotanypus</i> sp			RR	
Complexo <i>Harnischia</i> morfotipo I		RR		
<i>Cricotopus</i> sp		RR	RR	
<i>Cryptochironomus</i> sp	RR	RR	RR	RR
<i>Dicrotendipes</i> sp		RR		RR
<i>Djalmabatista</i> morfotipo I	RR			RR
<i>Djalmabatista</i> morfotipo II	RR	RR	CM	
<i>Endotribelos</i> sp		RR	RR	RR
<i>Fissimentum</i> sp	RR		CM	
<i>Harnischia</i> sp3	RR		RR	RR
<i>Labrundinia</i> sp		RR		RR
<i>Lopescladius</i> sp		RR		
<i>Microtendipes</i> sp			RR	
<i>Nilothauma</i> sp		RR	RR	
<i>Onconeura</i>		RR		RR
<i>Paratendipes</i> sp				RR
<i>Pentaneura</i> sp	RR	RR	RR	RR
<i>Polypedilum</i> sp	CM	CM	CM	CM
Procladini NI	RR			
<i>Rheotanytarsus</i> sp	CM	RR	RR	CM
<i>Tanytarsus</i> sp	RR	RR	RR	RR
<i>Thienemanniella</i> sp1		RR		RR
<i>Thienemannimyia</i>	RR			
<i>Hemerodromia</i> sp				RR
<i>Rhaphomyia</i> sp	RR	RR	RR	
<i>Caenis</i> sp			RR	
<i>Farrodes</i> sp		RR		RR
<i>Traverella</i> sp	RR	RR		

Continuação Tabela 16.

	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
<i>Traverhyphes</i> sp		RR	RR	RR
<i>Campsurus</i> sp	RR			
<i>Tortopus</i> sp		RR	RR	
<i>Limnocoris</i> sp				RR
<i>Gomphoides</i> sp				RR
<i>Phyllocycla</i> sp	RR	RR	RR	RR
<i>Anacroneuria</i> sp		RR		
<i>Leptonema</i> sp		RR		
<i>Macronema</i> sp		RR		
<i>Smicridea</i> sp	RR	CT		
<i>Oxyethira</i> sp				RR
<i>Nectopsyche</i> sp				RR
<i>Oecetis</i> sp		RR		
<i>Cyrnellus</i> sp		RR	RR	
Hydracarina				RR
<i>Corbicula fluminea</i>		RR	RR	
Nematoda	RR			
RR	26	41	33	29
CM	3	1	3	2
CT	0	1	0	0
Total	29	43	36	31

5.6.3. Abundância relativa dos principais táxons de macro-invertebrados bentônicos

Os dados relativos à abundância relativa dos diferentes grupos taxonômicos de macro-invertebrados bentônicos registrados no rio Piumhi com os amostradores van Veen e Surber, durante os períodos de coleta são apresentados nas Figuras 28 e 29, respectivamente.

Analisando-se as populações de macro-invertebrados bentônicos amostradas nos sedimentos do rio Piumhi, coletadas com draga van Veen em outubro de 2006, março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008, observa-se que os representantes da família Chironomidae foram numericamente dominantes, constituindo 85,7 %, 27 %, 85 % e 50 % do total, respectivamente (Figura 28). Em outubro de 2006, o segundo grupo com maior representatividade foram os Oligochaeta com 9,4 %, seguidos por Coleoptera com 2,3 %, Hirudinea com 1,6 %, Ephemeroptera com 0,6 % e outras larvas de Diptera com 0,3 %. Em março de 2007, os Oligochaeta e Ephemeroptera representaram 16,2 %, Hydracarina 13,5 %, Odonata 10,8 %, Mollusca 8,1 %, Trichoptera 5,4 % e Coleoptera

2,7 % do total de macro-invertebrados amostrados. Em outubro de 2007, os Trichoptera tiveram abundância relativa de 5,1 %, seguidos por Coleoptera com 4,6 %, Ephemeroptera e outras larvas de Diptera com 1,5 %, Oligochaeta com 1,2 %, Mollusca com 0,8 %, Odonata com 0,2 % e Hemiptera e Lepidoptera, ambos com 0,1 %. Em março de 2008, o segundo grupo mais abundante foi Oligochaeta com 30 %, seguido por Odonata e Trichoptera, ambos com 10 %.

Neste mesmo rio, dentre os macro-invertebrados bentônicos coletados com amostrador Surber (Figura 29) nos períodos secos (outubro de 2006 e de 2007), os Chironomidae também tiveram maior representatividade com as abundâncias relativas de 63,8 % e 74,2 %, respectivamente. Em outubro de 2006, Ephemeroptera foi o segundo grupo numericamente mais representativo, com 17 %, seguido de Coleoptera com 12,8 %, outras larvas de Diptera com 4,1 % e Odonata com 2,1 %. Em outubro de 2007, Ephemeroptera foi registrado com 10,9 %, Coleoptera com 9,2 %, Trichoptera com 3 %, Oligochaeta e Mollusca com 0,9 %, outras larvas de Diptera e Odonata com 0,3 %, Turbellaria com 0,2 % e Hemiptera com apenas 0,1 %.

Os valores de abundância relativa dos principais grupos da comunidade de macro-invertebrados bentônicos do rio São Francisco durante os períodos de coleta são apresentados na Figura 30.

No rio São Francisco, Chironomidae também foi o grupo mais abundante, representando 76,9 % do total de macro-invertebrados bentônicos amostrados em outubro de 2006, 47,3 % em março de 2007, 78,7 % em outubro de 2007 e 74,3 % em março de 2008. Durante o período seco, em outubro de 2006, o segundo grupo mais abundante foi Ephemeroptera com 9 %, seguido por Oligochaeta com 7,2 %, Coleoptera com 3,6 %, outras larvas de Diptera com 1,4 %, Trichoptera com 0,9 % e Nematoda e Odonata, ambos com 0,5 %. Em março de 2007 (período chuvoso), Trichoptera foi registrado com 34,9 %, Oligochaeta com 6,2 %, Ephemeroptera com 5,2 %, Coleoptera com 2,7 %, outras larvas de Diptera com 1,5 %, Odonata com 1,0 % e Mollusca com 0,2 %. Em outubro de 2007, o segundo grupo mais representativo foi Oligochaeta com 6,9 %, seguidos por Coleoptera com 4,6 %, Odonata com 3,2 %, Ephemeroptera com 2,9 %, outras larvas de Diptera com 2 % e Trichoptera e Mollusca, ambos com 0,9 %. Em março de 2008, verificou-se a presença de Coleoptera e Odonata com 5,9 %, Ephemeroptera e outras larvas de Diptera com 4 %, Oligochaeta e Trichoptera com 2 %, Hemiptera e Hydracarina com apenas 1 %.

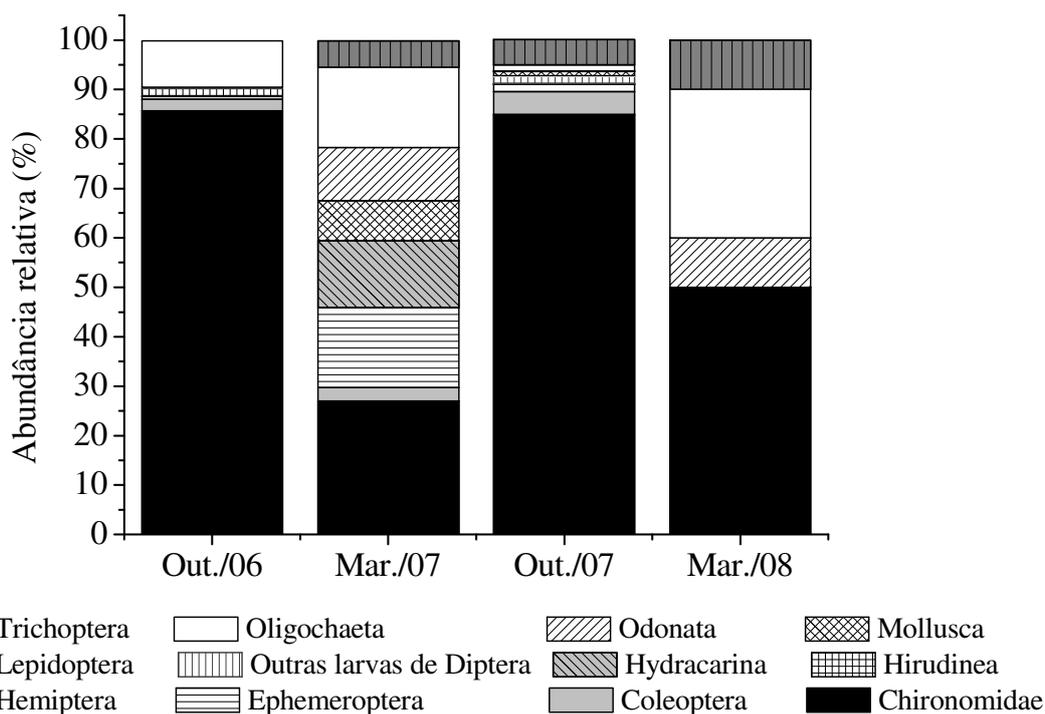


Figura 28: Abundância relativa (%) dos principais grupos taxonômicos da comunidade bentônica amostrados com draga van Veen no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

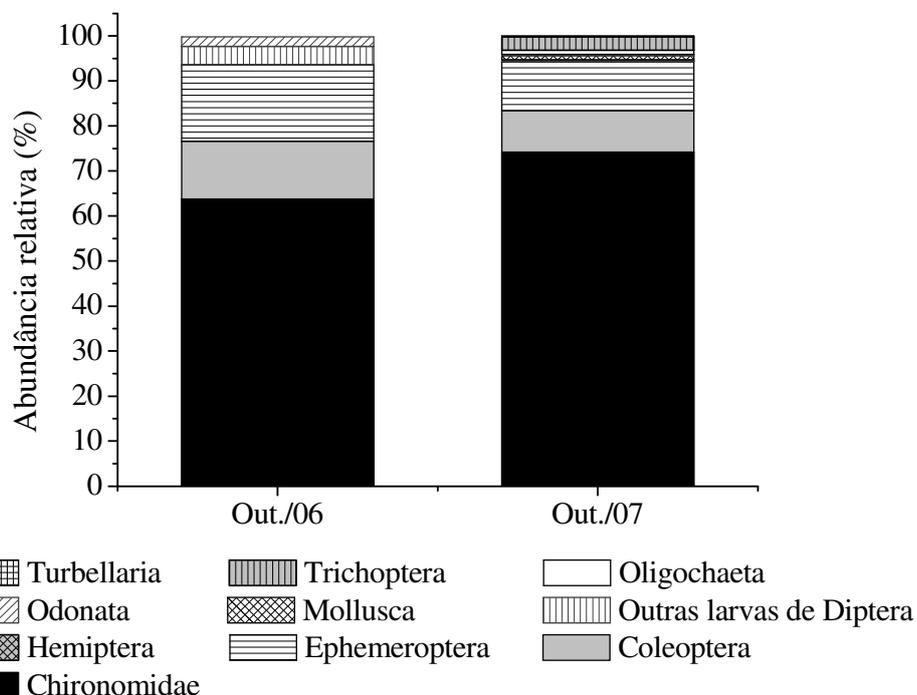


Figura 29: Abundância relativa (%) dos principais grupos taxonômicos da comunidade bentônica coletados com amostrador Surber no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007).

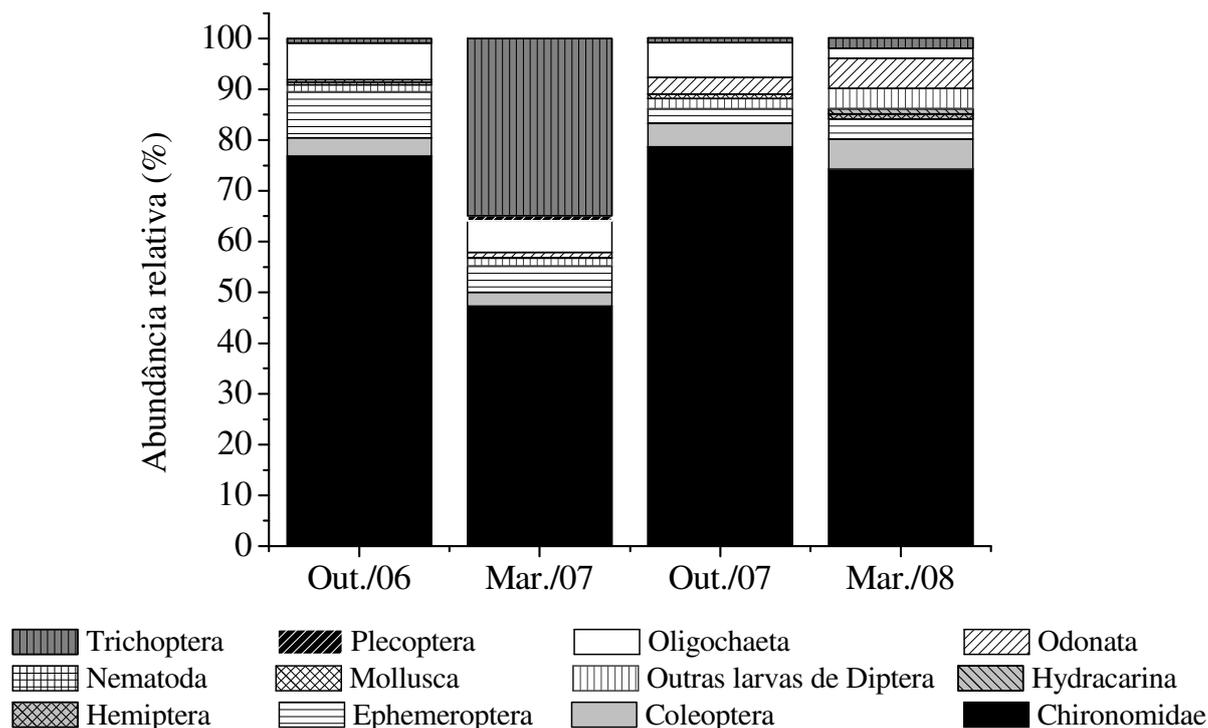


Figura 30: Abundância relativa (%) dos principais grupos taxonômicos da comunidade bentônica amostrados com draga van Veen no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

5.6.4. Densidade numérica dos principais táxons de macro-invertebrados bentônicos

A Figura 31 mostra os valores da densidade total de organismos bentônicos no sedimento dos rios Piumhi e São Francisco durante os quatro períodos de amostragem. A densidade total dos macro-invertebrados variou entre 33 ind.m⁻² em março de 2008 e 3904 ind.m⁻² em outubro de 2007, ambos os valores registrados no rio Piumhi. Os valores de densidade total nos rio Piumhi foram maiores durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007).

Os dados relativos à densidade dos diferentes grupos taxonômicos de macro-invertebrados bentônicos registrados no rio Piumhi com os amostradores van Veen e Surber, durante os períodos de coleta são apresentados nas Tabelas 17 e 18, respectivamente.

Na comunidade de macro-invertebrados bentônicos dos sedimentos do rio Piumhi, amostrado com draga van Veen (Tabela 17), observou-se que em todos os períodos estudados (outubro de 2006, março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008), Chironomidae foi o grupo taxonômico que ocorreu em maior densidade com 870 ind.m⁻², 33 ind.m⁻², 3317 ind.m⁻² e 16 ind.m⁻², respectivamente. O menor valor de

densidade neste rio foi de 3 ind.m⁻² registrado para as outras larvas de Diptera em outubro de 2006, Coleoptera em março de 2007, Lepidoptera e Hemiptera em outubro de 2007 e para os grupos Odonata e Trichoptera em março de 2008. Neste mesmo rio, nas coletas realizadas com amostrador do tipo Surber (Tabela 18), em outubro de 2006 e de 2007, também houve a predominância dos Chironomidae os quais ocorreram nas densidades de 333 ind.m⁻² e 12222 ind.m⁻², respectivamente. Os grupos Odonata (outubro de 2006) e Hemiptera (outubro de 2007) ocorreram com as menores densidades, ambos com 11 ind. m⁻².

Os dados relativos à densidade dos organismos presentes no rio São Francisco, durante os períodos de coleta são apresentados na Tabela 19. Neste rio, Chironomidae também foi o táxon com os maiores valores de densidade sendo 280 ind.m⁻² em outubro de 2006, 315 ind.m⁻² em março de 2007, 450 ind.m⁻² em outubro de 2007 e 124 ind.m⁻² em março de 2008. Estes valores são menores quando comparados àqueles registrados para este mesmo táxon no rio Piumhi. Em outubro de 2006, março de 2007 e março de 2008 o menor valor de densidade foi 2 ind.m⁻², registrado para os representantes de Odonata, Mollusca e Hydracarina, respectivamente. Em outubro de 2007 os grupos Trichoptera e Mollusca ocorreram com valores de densidade iguais a 5 ind.m⁻².

As Figuras 33 e 34 evidenciam que o aumento da densidade numérica da macroinvertebrados bentônicos foi inversamente proporcional às vazões registradas nos rios Piumhi e São Francisco durante os períodos estudados, respectivamente. Porém, no rio São Francisco em março de 2007 (período chuvoso) houve uma exceção, onde os valores de densidade e de vazão foram ambos elevados.

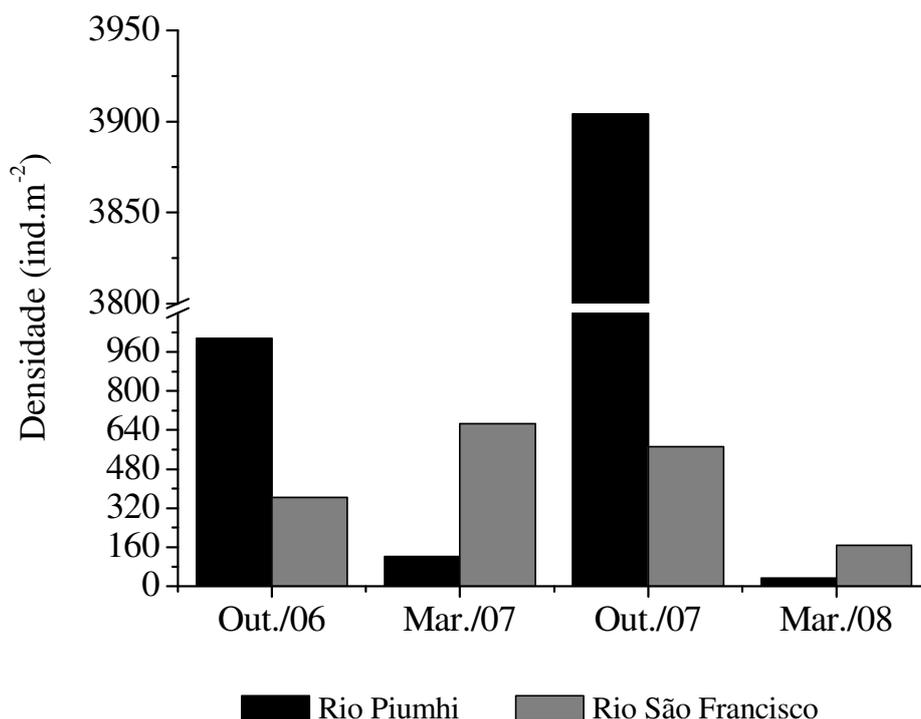


Figura 31: Variação da densidade numérica total (ind.m⁻²) dos macro-invertebrados bentônicos presentes nos sedimentos dos rios Piumhi e São Francisco em outubro de 2006, março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008.

Tabela 17: Valores da densidade (ind.m⁻²) dos grupos de macro-invertebrados bentônicos amostrados com draga van Veen no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Grupos	Rio Piumhi			
	Out./06 Ind.m ⁻²	Mar./07 Ind.m ⁻²	Out./07 Ind.m ⁻²	Mar./08 Ind.m ⁻²
Chironomidae	870	33	3317	16
Coleoptera	23	3	178	0
Ephemeroptera	7	20	59	0
Hemiptera	0	0	3	0
Lepidoptera	0	0	3	0
Odonata	0	13	7	3
Trichoptera	0	7	198	3
Outras larvas de Diptera	3	0	59	0
Hirudinea	16	0	0	0
Hydracarina	0	16	0	0
Mollusca	0	10	33	0
Oligochaeta	96	20	46	10
Total	1015	122	3904	33

Tabela 18: Valores da densidade (ind.m^{-2}) dos grupos de macro-invertebrados bentônicos coletados com o amostrador Surber no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007).

Rio Piumhi		
Grupos	Out./06	Out./07
	Ind.m⁻²	Ind.m⁻²
Chironomidae	333	12222
Coleoptera	67	1522
Ephemeroptera	89	1789
Hemiptera	0	11
Odonata	11	56
Trichoptera	0	489
Outras larvas de Diptera	22	56
Mollusca	0	144
Oligochaeta	0	156
Turbellaria	0	33
Total	522	16478

Tabela 19: Valores da densidade (ind.m^{-2}) dos grupos de macro-invertebrados bentônicos amostrados com draga van Veen no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Rio São Francisco				
Grupos	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
	Ind.m⁻²	Ind.m⁻²	Ind.m⁻²	Ind.m⁻²
Chironomidae	280	315	450	124
Coleoptera	13	18	26	10
Ephemeroptera	33	35	16	7
Hemiptera	0	0	0	2
Odonata	2	7	18	10
Plecoptera	0	7	0	0
Trichoptera	3	232	5	3
Outras larvas de Diptera	5	10	12	7
Hydracarina	0	0	0	2
Mollusca	0	2	5	0
Nematoda	2	0	0	0
Oligochaeta	26	41	40	3
Total	364	666	572	167

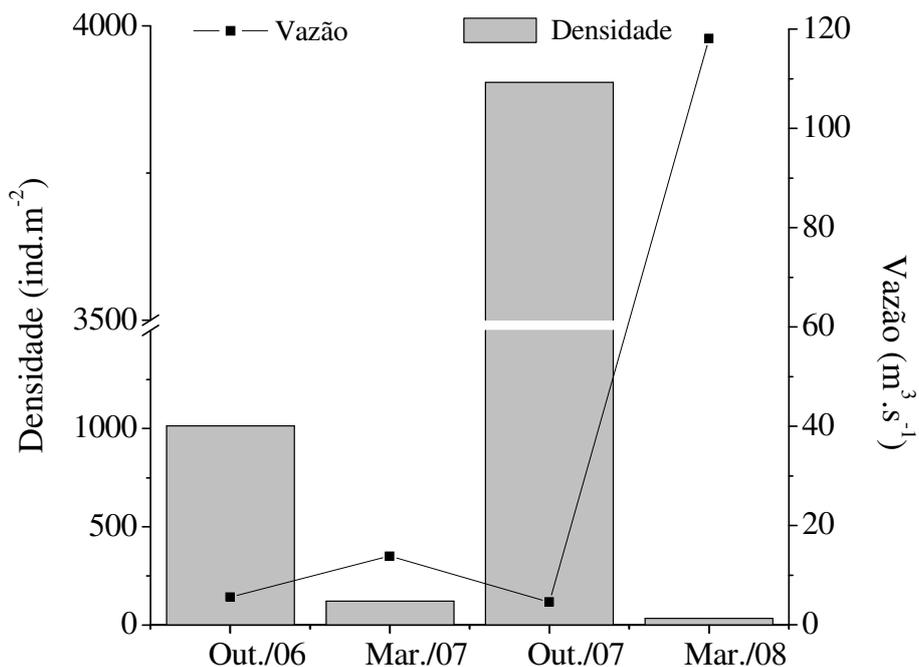


Figura 32: Variação da densidade numérica (ind.m⁻²) dos macro-invertebrados bentônicos e dos valores de vazão média (m³.s⁻¹) das águas no rio Piumhi registrada durante os períodos de outubro de 2006 a março de 2008.

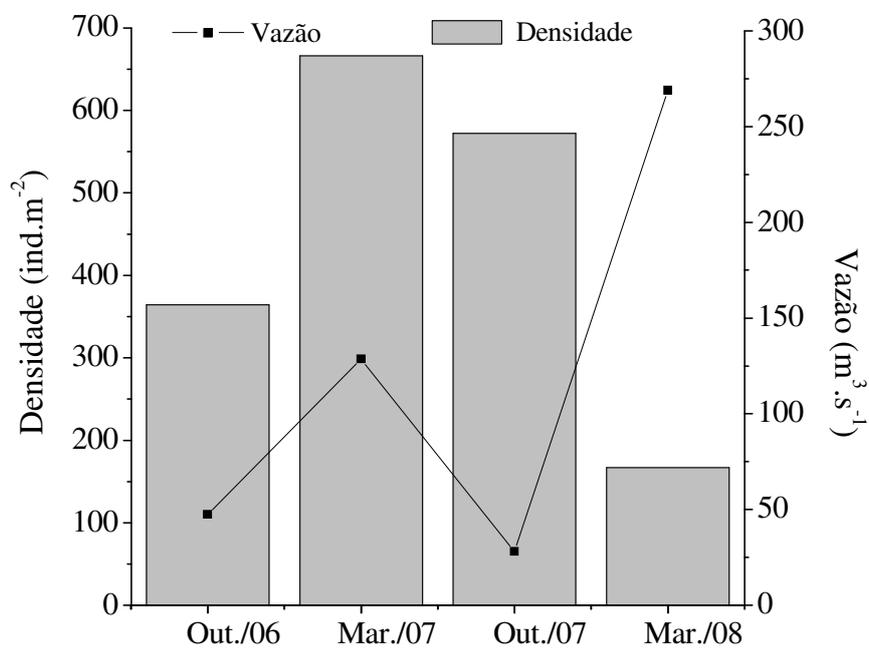


Figura 33: Variação da densidade numérica (ind.m⁻²) dos macro-invertebrados bentônicos e dos valores de vazão média (m³.s⁻¹) das águas no rio São Francisco registrada durante os períodos de outubro de 2006 a março de 2008.

5.6.5. Relação Oligochaeta/Oligochaeta + Chironomidae

A Tabela 20 mostra os valores encontrados para a relação Oligochaeta/Oligochaeta + Chironomidae nos rios Piumhi e São Francisco em outubro de 2006, março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008.

O maior e o menor valor da proporção Oligochaeta/Chironomidae foram registrados no rio Piumhi, sendo o primeiro de 0,38 durante os períodos chuvosos (março de 2007 e de 2008) e o segundo de 0,01 no período seco em outubro de 2007.

No rio Piumhi ocorreu um aumento da proporção Oligochaeta/Chironomidae durante os períodos chuvosos. Já no rio São Francisco este aumento somente pode ser observado durante o primeiro período chuvoso (março de 2007). Os valores da proporção Oligochaeta/Chironomidae encontrados no rio São Francisco foram inferiores aos registrados no rio Piumhi durante os períodos estudados, exceto em outubro de 2007.

Tabela 20: Valores médios da proporção entre Oligochaeta e Chironomidae nos rios Piumhi e São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Proporção Oligochaeta/ Chironomidae				
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
Rio Piumhi	0,10	0,38	0,01	0,38
Rio São Francisco	0,09	0,12	0,08	0,03

5.6.6. Diversidade, uniformidade e riqueza dos macro-invertebrados bentônicos

A Tabela 21 apresenta os valores do Índice de diversidade (H'), Uniformidade (E) e Riqueza de táxons (S) para a comunidade de macro-invertebrados bentônicos presentes nos rios Piumhi e São Francisco, durante os quatro períodos de amostragem.

Considerando-se o rio Piumhi, observou-se que tanto o maior valor de diversidade (3,84 bits/ind.) quanto de riqueza de táxons (44) foram registrados em outubro de 2007 (período seco). Entretanto, o maior valor de uniformidade deste rio foi 0,97 % obtido no período chuvoso em março de 2008.

No rio São Francisco, o maior valor do índice de diversidade foi de 4,14 bits/ind. registrado em março de 2008 e o menor valor foi de 3,54 bits/ind. em março de 2007. Durante o primeiro período chuvoso (março de 2007) verificou-se a maior riqueza de

macro-invertebrados bentônicos (42 táxons) e no segundo período chuvoso (março de 2008) o maior valor de uniformidade (0,84) foi registrado.

A Figura 34 representa as curvas do componente dominância da diversidade da comunidade de macro-invertebrados bentônicos do rio Piumhi, em outubro de 2006, março de 2007, outubro de 2007 e março de 2008. Comparando-se os 4 períodos, observou-se em outubro de 2007 uma menor dominância e maior riqueza de táxons neste rio. No rio São Francisco (Figura 35), um padrão semelhante ocorreu durante o período chuvoso (março de 2007), com menor dominância e maior riqueza de espécies, o que resulta em uma maior diversidade neste local.

A menor riqueza de táxons (7) ocorreu no rio Piumhi, em março de 2008 (período chuvoso). No rio São Francisco, o menor número de táxons (29) foi registrado em outubro de 2006 (período seco).

Tabela 21: Valores referentes ao Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), Uniformidade (E) e Riqueza de táxons (S) registrados nos rios Piumhi e São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

		Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
Rio Piumhi	H'	1,64	3,52	3,84	2,72
	E (%)	0,40	0,92	0,70	0,97
	S	19	14	44	7
Rio São Francisco	H'	3,64	3,54	3,73	4,14
	E (%)	0,70	0,66	0,72	0,84
	S	29	42	36	31

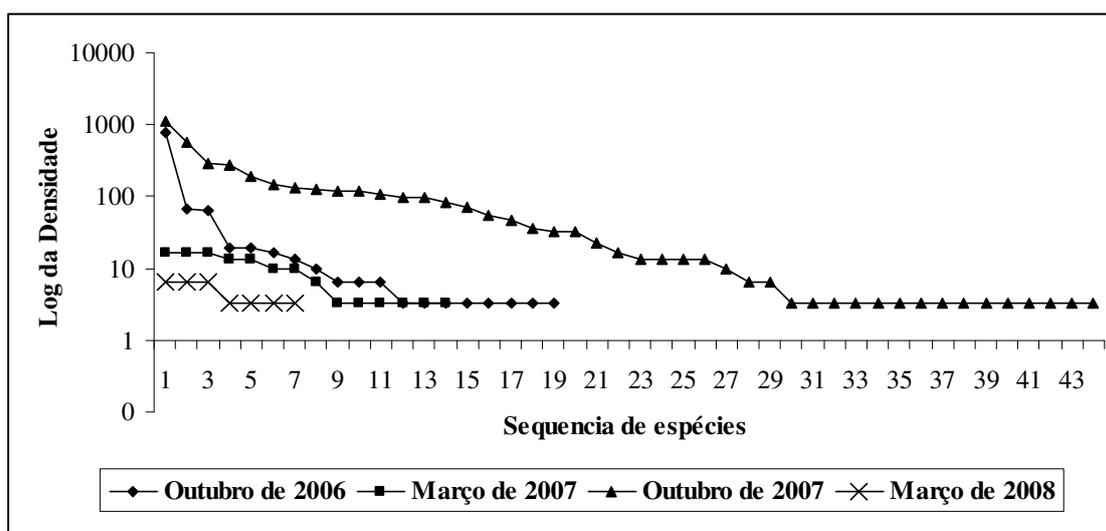


Figura 34: Comparação das curvas do componente de dominância da diversidade para a comunidade de macro-invertebrados bentônicos no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

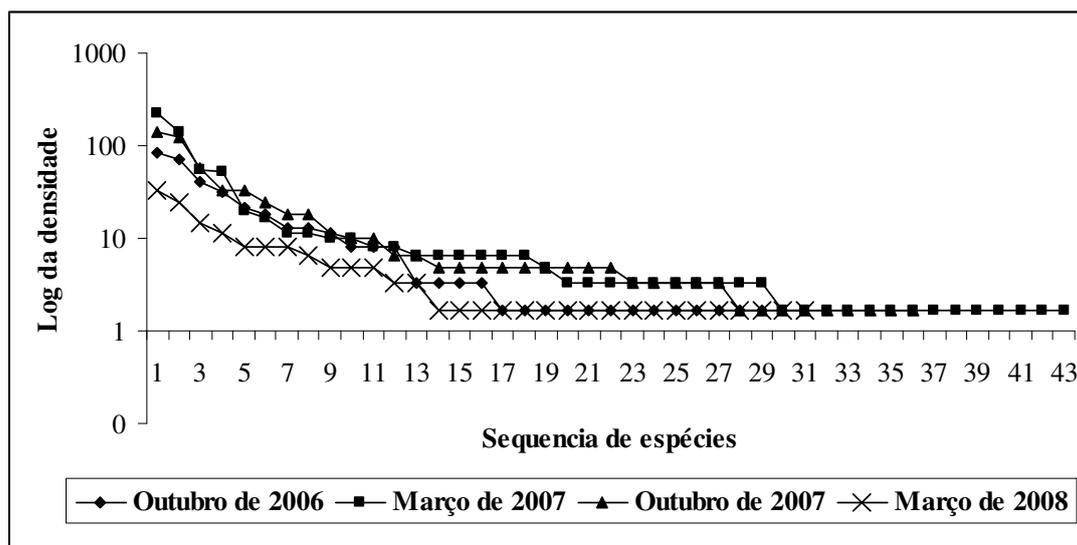


Figura 35: Comparação das curvas do componente de dominância da diversidade para a comunidade de macro-invertebrados bentônicos no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

5.6.7. Índices BMWP e BMWP-ASPT

As Tabelas 22 e 23 apresentam os valores dos índices BMWP, BMWP-ASPT e as suas classificações para a qualidade das águas dos rios Piumhi e São Francisco durante os períodos de coleta, respectivamente. De maneira geral os valores dos índices BMWP e BMWP-ASPT obtidos para o rio São Francisco foram mais constantes e evidenciaram uma qualidade da água melhor quando comparados aos valores obtidos para as águas do rio Piumhi, exceto em outubro de 2007 quando a qualidade da água deste rio para o BMWP foi considerada excelente.

No rio Piumhi (Tabela 22), o mês de outubro de 2007 (período seco) apresentou os maiores valores tanto para o índice BMWP (92) quanto para o BMWP-ASPT (5,1), sendo que para o primeiro a qualidade da água foi excelente e para o segundo duvidosa. Nos demais períodos de amostragem, outubro de 2006, março de 2007 e março de 2008, os valores do BMWP permitiram classificar as águas deste rio como ruim, satisfatória e péssima, respectivamente. Para o índice BMWP-ASPT, as águas destes mesmos períodos foram caracterizadas com poluição severa, poluição moderada e poluição severa, respectivamente.

No rio São Francisco (Tabela 23), durante o período chuvoso (março de 2007) foi registrado o maior valor do Índice BMWP (73), sendo a sua água classificada como boa, enquanto que em outubro de 2006, outubro de 2007 e março de 2008 a qualidade da água foi considerada satisfatória. Os valores do índice BMWP-ASPT mostraram que

as águas deste rio apresentavam uma qualidade duvidosa em março de 2007 e nos demais períodos uma poluição moderada.

Tabela 22: Resultados dos Índices BMWP, BMWP-ASPT e suas classificações da qualidade da água estabelecidas para organismos bentônicos amostrados no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

	BMWP	QUALIDADE (ÁGUA)	BMWP-ASPT	QUALIDADE (ÁGUA)
Out./06	20	Ruim	3,3	Poluição Severa
Mar./07	44	Satisfatória	4,4	Poluição Moderada
Out./07	92	Excelente	5,1	Qualidade Duvidosa
Mar./08	13	Péssima	3,2	Poluição Severa

Tabela 23: Resultados dos Índices BMWP, BMWP-ASPT e suas classificações da qualidade da água estabelecidas para organismos bentônicos amostrados no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

	BMWP	QUALIDADE (ÁGUA)	BMWP-ASPT	QUALIDADE (ÁGUA)
Out./06	40	Satisfatória	4	Poluição Moderada
Mar./07	73	Boa	5,2	Qualidade Duvidosa
Out./07	49	Satisfatória	4,4	Poluição Moderada
Mar./08	56	Satisfatória	4,6	Poluição Moderada

5.6.8. Índice Biótico de Família (FBI)

A Tabela 24 mostra os valores do índice biótico de família e a sua classificação para a qualidade das águas dos rios Piumhi e São Francisco durante os períodos de coleta.

No rio Piumhi, somente em março de 2007 a qualidade da sua água foi considerada boa, enquanto que nos demais períodos amostrados (outubro de 2006, outubro de 2007 e março de 2008) a sua classificação foi moderada.

No rio São Francisco, houve uma separação sazonal da qualidade da sua água, sendo que nos períodos secos ela foi considerada moderada e nos períodos chuvosos (março de 2007 e de 2008) boa.

Hydracarina com 2,29 %, *Protoptila* com 2,14 %, Coleoptera morfotipo III com 2 %, *Berosus* com 1,66 %, *L. hoffmeisteri* com 1,43 % e *Lopescladius* com 1,02 %. O restante dos táxons correspondeu a valores inferiores a 1 % e juntos somaram cerca de 8 %.

No rio São Francisco (Figura 37) os táxons que apresentaram maior contribuição em termos de biomassa foram: *Gomphoides* com 41,40 %, *C. fluminea* com 23,84 %, *Phyllocycla* com 22,22 %, *Smicridea* com 1,86 % e *Axarus* com 1,37 %. O restante dos táxons correspondeu a valores inferiores a 1 % e juntos representaram cerca de 7 %.

Tabela 25: Valores totais de biovolume (mm^3) e biomassa (mg.m^{-2}) calculados durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008) nos rios Piumhi e São Francisco.

		Biovolume total (mm^3)	Biomassa total (mg.m^{-2})
Rio Piumhi	Out./06	120,5	39,7
	Mar./07	347,6	114,6
	Out./07	697,4	229,9
	Mar./08	67,1	22,1
Rio São Francisco	Out./06	137,6	22,7
	Mar./07	649,5	107,1
	Out./07	1457,2	240,2
	Mar./08	2156,2	355,5

Tabela 26: Número de indivíduos medidos, forma geométrica, parâmetros obtidos para as variáveis mensuradas e valores calculados para o biovolume (mm^3) e biomassa (mg) para os táxons de invertebrados bentônicos presentes no rio Piumhi, durante os períodos de coleta. Espessura somente foi medida no caso em que a fórmula incluía esta dimensão.

	N	Formato	Medidas			Biovolume		Peso Seco (Biomassa)	
			Comprimento (μm)	Diâmetro (μm)	Espessura (μm)	Por táxon (mm^3)	Total (mm^3)	Por táxon (mg)	Total (mg)
<i>Ablabesmyia</i> sp	9	Cilindro	2681,3	237,5	-	0,12	1,1	0,012	0,11
<i>Ambrysus</i> sp	1	Cilindro	11375,0	4125,0	-	151,94	151,9	15,194	15,19
<i>Americabaetis</i> sp	12	Cilindro	2800,0	400,0	-	0,35	4,2	0,035	0,42
<i>Berosus</i> sp	1	Cilindro	9875,0	1625,0	-	20,47	20,5	2,047	2,05
<i>Bothrioneurum</i>	3	Cilindro	8000,0	225,0	-	0,32	1,0	0,032	0,10
<i>Caladomyia</i> morf. I	89	Cilindro	1962,5	175,0	-	0,05	4,2	0,005	0,42
<i>Caladomyia</i> morf. II	2	Cilindro	2750,0	156,3	-	0,05	0,1	0,005	0,01
<i>Caladomyia</i> morf. III	44	Cilindro	2450,0	168,8	-	0,05	2,4	0,005	0,24
<i>Chironomus</i> sp	9	Cilindro	6017,5	432,8	-	0,88	8,0	0,088	0,80
<i>Cladopelma</i> sp	38	Cilindro	3118,8	237,5	-	0,14	5,2	0,014	0,52
Coleoptera Larva C	1	Cilindro	2920,0	240,0	-	0,13	0,1	0,013	0,01
Coleoptera Larva E	1	Cilindro	2400,0	300,0	-	0,17	0,2	0,017	0,02
Coleoptera morf. I	1	Cilindro	3600,0	350,0	-	0,35	0,3	0,035	0,03
Coleoptera morf. III	17	Cilindro	5851,8	562,3	-	1,45	24,7	0,145	2,47
<i>C. Harnischia</i> morf. I	33	Cilindro	3287,5	263,8	-	0,18	5,9	0,018	0,59
<i>Corbicula fluminea</i>	13	Média esfera prolata e oblonga	1937,5	1437,5	-	19,68	255,8	1,968	25,58
<i>Cricotopus</i> sp	37	Cilindro	1850,0	175,0	-	0,04	1,6	0,004	0,16
<i>Cryptochironomus</i> sp	81	Cilindro	3850,0	293,8	-	0,11	8,8	0,011	0,88
<i>Culicoides</i> sp	11	Cilindro	370,0	50,0	-	0,001	0,01	0,0001	0,001
<i>Dero (Aulophorus) furcatus</i>	1	Cilindro	2187,5	120,0	-	0,02	0,02	0,002	0,002
<i>Dero (Dero) sawayai</i>	1	Cilindro	1800,0	120,0	-	0,02	0,02	0,002	0,002
<i>Dicrotendipes</i> sp	1	Cilindro	1562,5	187,5	-	0,04	0,04	0,004	0,004
<i>Djalmabatista</i> morf. II	25	Cilindro	3768,8	343,8	-	0,35	8,7	0,035	0,87
<i>Endotribelos</i> sp	1	Cilindro	2582,3	166,6	-	0,06	0,1	0,006	0,01
<i>Harnischia</i> sp3	7	Cilindro	3035,7	258,9	-	0,16	1,1	0,016	0,11
<i>Hemerodromia</i> sp	3	Cilindro	400,0	50,0	-	0,001	0,002	0,0001	0,0002
<i>Heterelmis</i> sp	3	Cilindro	2904,6	356,6	-	0,29	0,9	0,029	0,09

Continuação Tabela 26.		Medidas				Biovolume		Peso Seco (Biomassa)	
	N	Formato	Comprimento (μm)	Diâmetro (μm)	Espessura (μm)	Por táxon (mm^3)	Total (mm^3)	Por táxon (mg)	Total (mg)
<i>Hexacylloepus</i> sp	36	Cilindro	2125,0	235,0	-	0,09	3,3	0,009	0,33
Hirudinea	5	Prisma com base elíptica	3092,5	1397,5	465	1,58	7,9	0,158	0,79
Hydracarina	5	Esfera	-	1104,0	-	5,63	28,2	0,563	2,82
<i>Hydroptila</i> sp	1	Cilindro	1590,0	150,0	-	0,03	0,0	0,003	0,003
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	40	Cilindro	5612,5	316,0	-	0,44	17,6	0,044	1,76
<i>Lopescladius</i> sp	335	Cilindro	2525,0	137,5	-	0,04	12,6	0,004	1,26
<i>Macrothemis</i> sp	1	Cilindro	8750,0	2750,0	-	51,94	51,9	5,194	5,19
<i>Mexitrichia</i> sp	21	Cilindro	2268,0	337,0	-	0,20	4,2	0,020	0,42
<i>Microtendipes</i> sp	82	Cilindro	2525,0	200,0	-	0,08	6,5	0,008	0,65
<i>Neoelmis</i> sp	1	Cilindro	2900,0	300,0	-	0,20	0,2	0,020	0,02
<i>Oxyethira</i> sp	1	Cilindro	1260,0	240,0	-	0,06	0,1	0,006	0,01
<i>Paragyraetis</i> sp	1	Cilindro	5312,5	750,0	-	2,35	2,3	0,235	0,23
<i>Paratendipes</i> sp	4	Cilindro	3187,5	171,9	-	0,07	0,3	0,007	0,03
<i>Pentaneura</i> sp	1	Cilindro	2395,8	229,2	-	0,10	0,1	0,010	0,01
<i>Phyllocycla</i> sp	6	Cilindro	15270,8	2291,7	-	62,96	377,7	6,296	37,77
<i>Polypedilum</i> sp	413	Cilindro	3318,8	181,3	-	0,42	172,2	0,042	17,22
<i>Pristina americana</i>	1	Cilindro	1720,0	280,0	-	0,11	0,1	0,011	0,01
<i>Pristina synclites</i>	6	Cilindro	2082,5	250,0	-	0,10	0,6	0,010	0,06
<i>Protoptila</i> sp	38	Cilindro	3484,0	504,0	-	0,69	26,4	0,069	2,64
<i>Rhaphomyia</i> sp	1	Cilindro	1500,0	200,0	-	0,05	0,05	0,005	0,005
<i>Rhapium</i> sp	4	Cilindro	1200,0	100,0	-	0,01	0,04	0,001	0,004
<i>Rheotanytarsus</i> sp	1	Cilindro	1750,0	187,5	-	0,05	0,05	0,005	0,005
<i>Smicridea</i> sp	2	Cilindro	3581,9	333,2	-	0,31	0,6	0,031	0,06
Staphylinidae	1	Cilindro	2440,0	400,0	-	0,31	0,3	0,031	0,03
<i>Tanytarsus</i> sp	33	Cilindro	3162,5	218,8	-	0,12	3,9	0,012	0,39
<i>Thienemanniella</i> sp1	40	Cilindro	1887,5	150,0	-	0,03	1,3	0,003	0,13
<i>Thraulodes</i> sp	1	Cilindro	4156,3	656,3	-	1,41	1,4	0,141	0,14
<i>Traverhyphes</i> sp	11	Cilindro	2850,0	450,0	-	0,45	5,0	0,045	0,50
<i>Tricorythopsis</i> sp	2	Cilindro	2312,5	437,5	-	0,35	0,7	0,035	0,07
Total de indivíduos	1539						1232,7		123,27

Tabela 27: Número de indivíduos medidos, forma geométrica, parâmetros obtidos para as variáveis mensuradas e valores calculados para o biovolume (mm^3) e biomassa (mg) para os táxons de invertebrados bentônicos presentes no rio São Francisco, durante os períodos de coleta. Espessura somente foi medida no caso em que a fórmula incluía esta dimensão.

	N	Formato	Medidas			Biovolume		Peso Seco (Biomassa)	
			Comprimento (μm)	Diâmetro (μm)	Espessura (μm)	Por táxon (mm^3)	Total (mm^3)	Por táxon (mg)	Total (mg)
<i>Ablabesmyia</i> sp	12	Cilindro	2852,5	260,0	-	0,15	1,82	0,02	0,18
<i>Aedokritus</i> sp	1	Cilindro	5187,5	312,5	-	0,40	0,40	0,04	0,04
<i>Allonais chelata</i>	2	Cilindro	5150,0	275,0	-	0,31	0,61	0,03	0,06
<i>Anacroneuria</i> sp	4	Cilindro	3787,5	875,0	-	2,28	9,11	0,23	0,91
<i>Axarus</i> sp	45	Cilindro	6193,8	525,0	-	1,34	60,31	0,13	6,03
<i>Beardius</i> sp	3	Cilindro	2458,3	187,5	-	0,07	0,20	0,01	0,02
<i>Bothrioneurum</i>	1	Cilindro	3125,0	240,0	-	0,14	0,14	0,01	0,01
<i>Brinkhurstia americana</i>	23	Cilindro	14500,0	347,5	-	1,37	31,61	0,14	3,16
<i>Caenis</i> sp	1	Cilindro	4625,0	875,0	-	2,78	2,78	0,28	0,28
<i>Caladomyia</i> cf. <i>ortoni</i>	2	Cilindro	1875,0	62,5	-	0,01	0,01	0,001	0,00
<i>Caladomyia</i> morf. I	3	Cilindro	1687,5	125,0	-	0,02	0,06	0,002	0,01
<i>Caladomyia</i> morf. III	1	Cilindro	2512,5	168,8	-	0,06	0,06	0,01	0,01
<i>Caladomyia</i> morf. IV	1	Cilindro	2500,0	125,0	-	0,03	0,03	0,003	0,003
<i>Campsurus</i> sp	19	Cilindro	3761,4	465,9	-	0,64	12,18	0,06	1,22
<i>Chironomus</i> sp	7	Cilindro	7085,2	449,0	-	1,12	7,85	0,11	0,79
<i>Cladopelma</i> sp	8	Cilindro	2872,5	190,0	-	0,08	0,65	0,01	0,07
<i>Coelotanypus</i> sp	1	Cilindro	3750,0	187,5	-	0,10	0,10	0,01	0,01
<i>Coleoptera</i> morf. II	4	Cilindro	4998,0	603,9	-	1,43	5,72	0,14	0,57
<i>Coleoptera</i> morf. IV	2	Cilindro	8562,5	1187,5	-	9,48	18,96	0,95	1,90
<i>C. Harnischia</i> morf. I	2	Cilindro	3010,0	193,8	-	0,09	0,18	0,01	0,02
<i>Corbicula fluminea</i>	4	Média esfera prolata e oblonga	4375,0	3593,8	-	262,27	1049,09	26,23	104,91
<i>Cricotopus</i> sp	6	Cilindro	1887,5	168,8	-	0,04	0,25	0,004	0,03
<i>Cryptochironomus</i> sp	22	Cilindro	3060,8	254,6	-	0,16	3,43	0,02	0,34
<i>Culicoides</i> sp	7	Cilindro	1242,8	57,0	-	0,003	0,02	0,0003	0,002
<i>Cyrnellus</i> sp	5	Cilindro	2933,3	258,3	-	0,15	0,77	0,02	0,08
<i>Dasyhelea</i> sp	3	Cilindro	516,6	50,0	-	0,001	0,00	0,0001	0,0003
<i>Dicrotendipes</i> sp	7	Cilindro	4036,3	227,4	-	0,16	1,15	0,02	0,11

Continuação Tabela 27.

	N	Formato	Medidas			Biovolume		Peso Seco (Biomassa)	
			Comprimento (μm)	Diâmetro (μm)	Espessura (μm)	Por táxon (mm^3)	Total (mm^3)	Por táxon (mg)	Total (mg)
<i>Djalmabatista</i> morf. I	2	Cilindro	4375,0	500,0	-	0,86	1,72	0,09	0,17
<i>Djalmabatista</i> morf. II	87	Cilindro	2962,5	275,0	-	0,18	15,30	0,02	1,53
<i>Endotribelos</i> sp	13	Cilindro	2604,5	177,1	-	0,06	0,83	0,01	0,08
<i>Farrodes</i> sp	2	Cilindro	3562,5	562,5	-	0,88	1,77	0,09	0,18
<i>Fissimentum</i> sp	40	Cilindro	4312,5	243,8	-	0,20	8,05	0,02	0,80
<i>Gomphoides</i> sp	1	Cilindro	32125,0	8500,0	-	1822,01	1822,01	182,20	182,20
<i>Harnischia</i> sp3	29	Cilindro	3337,5	231,3	-	0,14	4,06	0,01	0,41
<i>Hemerodromia</i> sp	1	Cilindro	200,0	10,0	-	0,00002	0,00002	0,000002	0,000002
<i>Heterelmis</i> sp	2	Cilindro	3550,0	400,0	-	0,45	0,89	0,04	0,09
<i>Hexacylloepus</i> sp	23	Cilindro	2114,3	178,6	-	0,05	1,22	0,01	0,12
Hydracarina	1	Esfera	-	1200,0	-	7,23	7,23	0,72	0,72
<i>Labrundinia</i> sp	5	Cilindro	2875,0	200,0	-	0,09	0,45	0,01	0,05
<i>Leptonema</i> sp	1	Cilindro	3437,5	625,0	-	1,05	1,05	0,11	0,11
<i>Limnocoris</i> sp	1	Esfera		2100,0	-	38,77	38,77	3,88	3,88
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	14	Cilindro	5195,8	198,3	-	0,16	2,25	0,02	0,22
<i>Limnodrilus neotropicus</i>	23	Cilindro	16232,1	234,3	-	0,70	16,09	0,07	1,61
<i>Lopescladius</i> sp	2	Cilindro	2562,5	150,0	-	0,05	0,09	0,005	0,01
<i>Lopesia</i> sp	1	Cilindro	200,0	10,0	-	0,00002	0,00002	0,000002	0,000002
<i>Macrelmis</i> sp	2	Cilindro	6250,0	875,0	-	3,76	7,51	0,38	0,75
<i>Macronema</i> sp	2	Cilindro	6535,0	175,0	-	0,16	0,31	0,02	0,03
<i>Microcyllloepus</i> sp	1	Cilindro	2300,0	700,0	-	0,88	0,88	0,09	0,09
<i>Microtendipes</i> sp	3	Cilindro	5312,5	312,5	-	0,41	1,22	0,04	0,12
<i>Nectopsyche</i> sp	1	Cilindro	3625,0	375,0	-	0,40	0,40	0,04	0,04
Nematoda	1	Cilindro	7750,0	120,0	-	0,09	0,09	0,01	0,01
<i>Neoelmis</i> sp	4	Cilindro	8531,3	812,5	-	4,42	17,68	0,44	1,77
<i>Nilothauma</i> sp	2	Cilindro	5937,5	250,0	-	0,29	0,58	0,03	0,06
<i>Oecetis</i> sp	2	Cilindro	1600,0	200,0	-	0,05	0,10	0,01	0,01
<i>Onconeura</i> sp	3	Cilindro	2110,8	128,9	-	0,03	0,08	0,003	0,01
<i>Oxyethira</i> sp	1	Cilindro	700,0	160,0	-	0,01	0,01	0,001	0,001

Continuação Tabela 27.

	N	Formato	Medidas			Biovolume		Peso Seco (Biomassa)	
			Comprimento (μm)	Diâmetro (μm)	Espessura (μm)	Por táxon (mm^3)	Total (mm^3)	Por táxon (mg)	Total (mg)
<i>Paratendipes</i> sp	2	Cilindro	2612,5	133,3	-	0,04	0,07	0,004	0,01
<i>Pentaneura</i> sp	11	Cilindro	2253,5	187,5	-	1,33	14,59	0,13	1,46
<i>Phanocerus</i> sp	1	Prisma com base elíptica	2320,0	360,0	80	0,05	0,05	0,01	0,01
<i>Phyllocycla</i> sp	21	Cilindro	13612,5	2087,5	-	46,57	977,87	4,66	97,79
<i>Polypedilum</i> sp	236	Cilindro	4082,5	385,0	-	0,51	121,01	0,05	12,10
<i>Pristina americana</i>	2	Cilindro	2285,0	185,0	-	0,06	0,12	0,01	0,01
<i>Pristina synclites</i>	2	Cilindro	3150,0	112,5	-	0,03	0,06	0,003	0,01
Procladini NI	1	Cilindro	2312,5	187,5	-	0,06	0,06	0,01	0,01
<i>Rhaphomyia</i> sp	8	Cilindro	400,0	59,0	-	0,00	0,01	0,0001	0,001
<i>Rheotanytarsus</i> sp	99	Cilindro	2351,3	145,5	-	0,04	3,87	0,004	0,39
<i>Smicridea</i> sp	136	Cilindro	4137,2	430,4	-	0,60	81,81	0,06	8,18
<i>Stenelmis</i> sp	2	Cilindro	4331,6	416,5	-	0,59	1,18	0,06	0,12
<i>Tanytarsus</i> sp	50	Cilindro	2612,5	187,5	-	0,07	3,60	0,01	0,36
<i>Thienemanniella</i> sp1	2	Cilindro	1887,5	150,0	-	0,03	0,07	0,00	0,01
<i>Thienemannimyia</i>	1	Cilindro	2000,0	187,5	-	0,06	0,06	0,01	0,01
<i>Tortopus</i> sp	17	Cilindro	4541,7	583,3	-	1,21	20,62	0,12	2,06
<i>Traverella</i> sp	5	Cilindro	3275,0	425,0	-	0,46	2,32	0,05	0,23
<i>Traverhyphes</i> sp	11	Cilindro	4437,5	625,0	-	1,36	14,97	0,14	1,50
Total de indivíduos	1073						4400,51		440,05

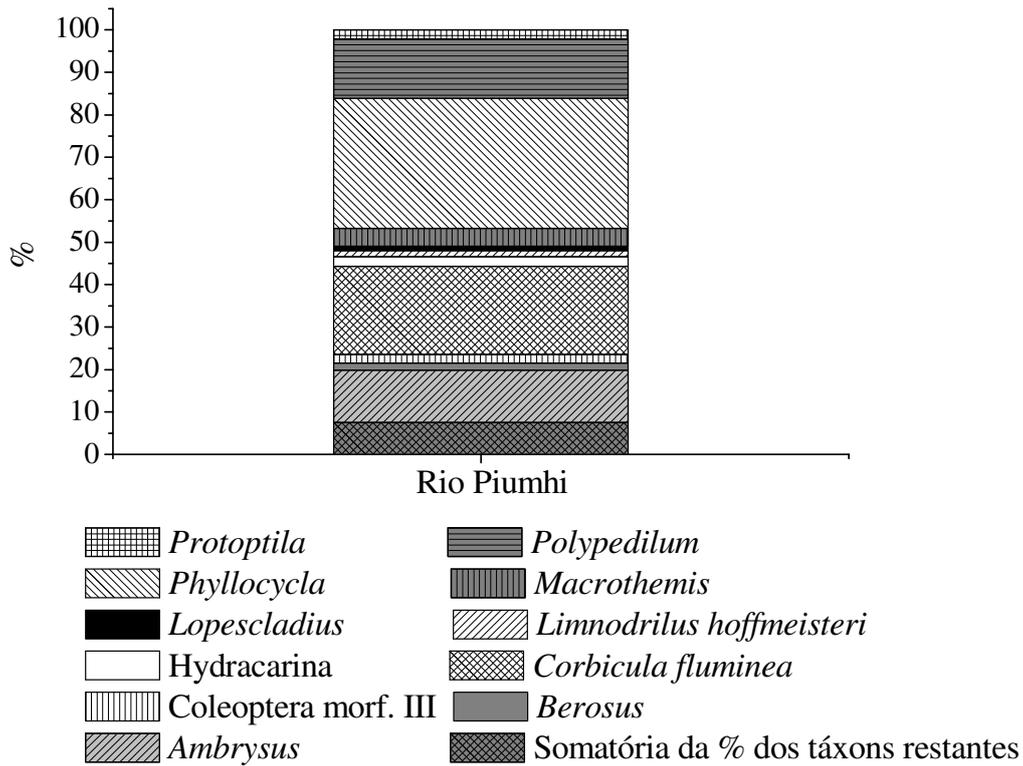


Figura 36: Contribuição em biomassa (%) dos principais táxons presentes no rio Piumhi durante os períodos de amostragem.

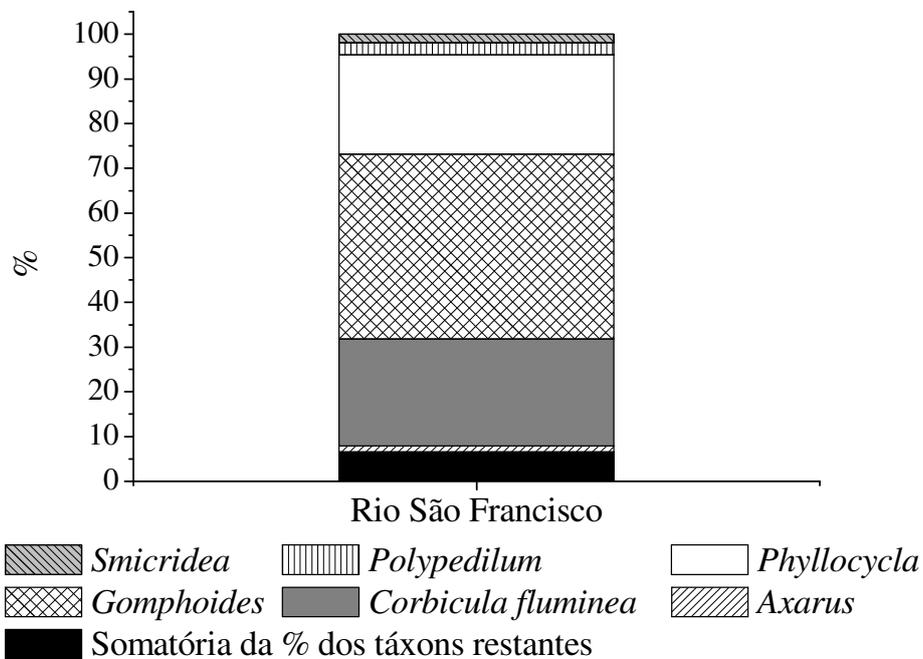


Figura 37: Contribuição em biomassa (%) dos principais táxons presentes no rio São Francisco durante os períodos de amostragem.

5.6.10. Grupos Tróficos Funcionais (GTF)

As Figuras 38 e 39 mostram a participação relativa dos grupos tróficos funcionais na comunidade de macro-invertebrados bentônicos amostrados durante os períodos secos e chuvosos nos rios Piumhi e São Francisco, respectivamente.

No rio Piumhi os 1539 indivíduos coletados foram distribuídos em 7 grupos funcionais: coletores-catadores, coletores-filtradores, predadores, filtradores, fragmentadores, raspadores e parasitas.

O grupo trófico funcional mais representativo do rio Piumhi durante os períodos chuvosos foi o dos coletores-catadores, representando 51,4 % da comunidade de macro-invertebrados em março de 2007 e 50 % em março de 2008. Por outro lado, em outubro de 2006 e de 2007 (períodos secos), os grupos tróficos funcionais mais abundantes foram os fragmentadores (75 %) e os coletores-catadores (45,8 %), respectivamente. O grupo menos abundante foi o dos filtradores, em outubro de 2007, os quais contribuíram com menos de 1 % da comunidade estudada, sendo estes, juntamente com os parasitas, os grupos tróficos funcionais com menor riqueza de táxons, com apenas 1 táxon cada.

No rio São Francisco, o número de grupos tróficos funcionais registrado na comunidade de macro-invertebrados bentônicos foi menor quando comparado àqueles no rio Piumhi, tendo sido representados por apenas 5 grupos (coletores-catadores, coletores-filtradores, predadores, filtradores e fragmentadores). O GTF mais rico foi o de coletores-catadores, com 40 táxons, enquanto que os filtradores apresentaram a menor riqueza, com apenas 1 táxon.

Durante os dois períodos de estiagem (outubro de 2006 e de 2007) o grupo trófico funcional que apresentou maior abundância relativa no rio São Francisco foi o dos coletores-catadores, com 38,9 % e 39,5 %, respectivamente. Nos períodos chuvosos, março de 2007 e de 2008, os grupos dos coletores-filtradores e dos predadores foram os mais abundantes, com 50,7 % e 32,7 %, respectivamente.

Comparativamente, em ambos os rios estudados, a comunidade de macro-invertebrados bentônicos amostrada nos períodos secos (principalmente outubro de 2007), caracterizou-se por maior diversidade e representatividade de grupos tróficos funcionais do que aquela amostrada nos períodos chuvosos.

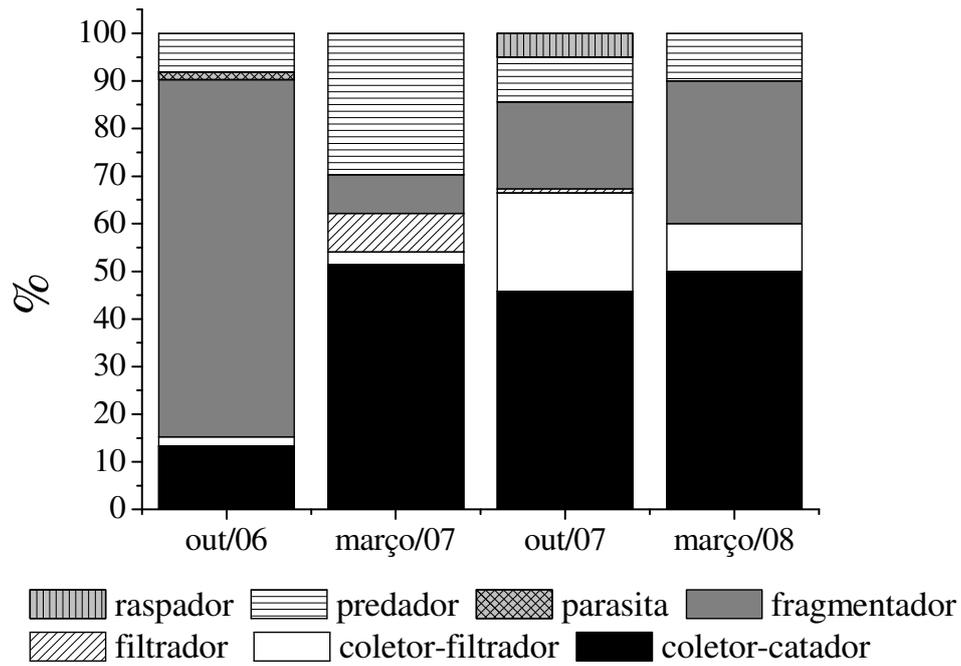


Figura 38: Abundância relativa dos grupos tróficos funcionais na comunidade de macroinvertebrados bentônicos amostrada no rio Piumhi durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

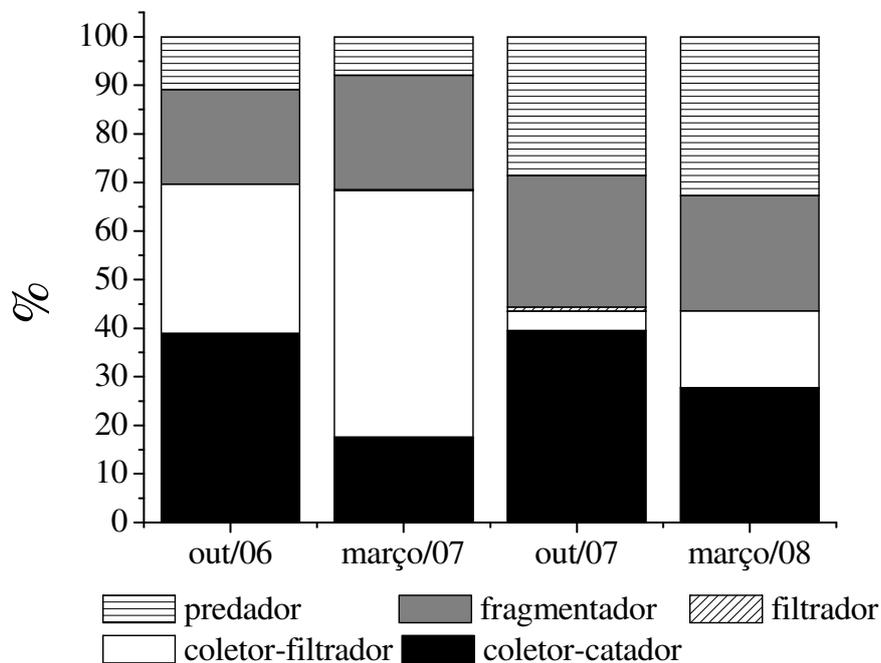


Figura 39: Abundância relativa dos grupos tróficos funcionais na comunidade de macroinvertebrados bentônicos amostrada no rio São Francisco durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

5.7. Análises estatísticas dos dados biológicos

5.7.1. Teste Qui-Quadrado (X^2)

A estrutura da comunidade de macro-invertebrados bentônicos de ambos os rios em estudo variou significativamente entre os períodos amostrados (rio Piumhi $X^2 = 1654,86$; GL = 165 e rio São Francisco $X^2 = 1142,38$; GL = 219).

Na comunidade de macro-invertebrados bentônicos do rio Piumhi, durante os períodos secos, foram registrados os maiores valores de abundância absoluta, correspondentes a 308 indivíduos em outubro de 2006 e 1184 indivíduos em outubro de 2007. *Polypedilum* e *Lopescladius* foram os táxons mais representativos em outubro de 2006 e de 2007 neste rio, respectivamente.

No rio São Francisco, o maior valor de abundância absoluta (404 indivíduos) ocorreu em março de 2007 (período chuvoso) e *Smicridea* foi o táxon mais abundante neste período. Em outubro de 2007 (período seco) registraram-se 347 indivíduos, com maior representatividade do gênero *Polypedilum*.

5.7.2. Comparação entre as comunidades de macro-invertebrados bentônicos e as localidades amostradas, por meio da Análise de Agrupamento (Cluster)

Os resultados das análises de agrupamento utilizadas para comparar a similaridade da composição taxonômica dos macro-invertebrados bentônicos presentes nos pontos amostrados dos rios Piumhi e São Francisco durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008) são apresentados nas Figuras 40 e 41, respectivamente.

No rio Piumhi (Figura 40), observou-se uma menor similaridade da comunidade de macro-invertebrados bentônicos entre os pontos amostrados, do que entre os períodos de coleta. A composição taxonômica dos macro-invertebrados bentônicos amostrados em outubro de 2006 e de 2007 (períodos secos) nos diferentes pontos foram mais similares entre si do que quando comparados aos pontos coletados em março de 2007 e de 2008 (períodos chuvosos), exceto para o Ponto 1 em outubro de 2006. O maior valor de similaridade (0,5) foi registrado entre a comunidade de macro-invertebrados bentônicos amostrados no Ponto1 de outubro de 2006 e aquela no mesmo ponto, coletada em março de 2008.

No rio São Francisco (Figura 41), não ocorreu uma maior similaridade para as comunidades de macro-invertebrados bentônicos entre os períodos amostrados, como foi obtida para as comunidades no rio Piumhi. O maior valor de similaridade (0,5) ocorreu entre as comunidades amostradas nos Pontos 2 e 5, durante o período seco (em outubro de 2006). O mesmo valor também foi registrado entre as comunidades amostradas nos Pontos 4, avaliadas em março de 2007 e de 2008.

A Figura 42 mostra o dendrograma de similaridade da composição taxonômica das associações de macro-invertebrados bentônicos entre os períodos amostrados e os rios em estudo.

De maneira geral, as associações de macro-invertebrados do rio Piumhi foram separadas pela sazonalidade. As composições taxonômicas dos macro-invertebrados do rio Piumhi durante os períodos chuvosos (março de 2007 e de 2008) foram mais similares entre si e se diferenciaram daquelas nos demais períodos amostrados no rio São Francisco. Os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) do rio Piumhi foram mais similares às associações de macro-invertebrados presentes rio São Francisco.

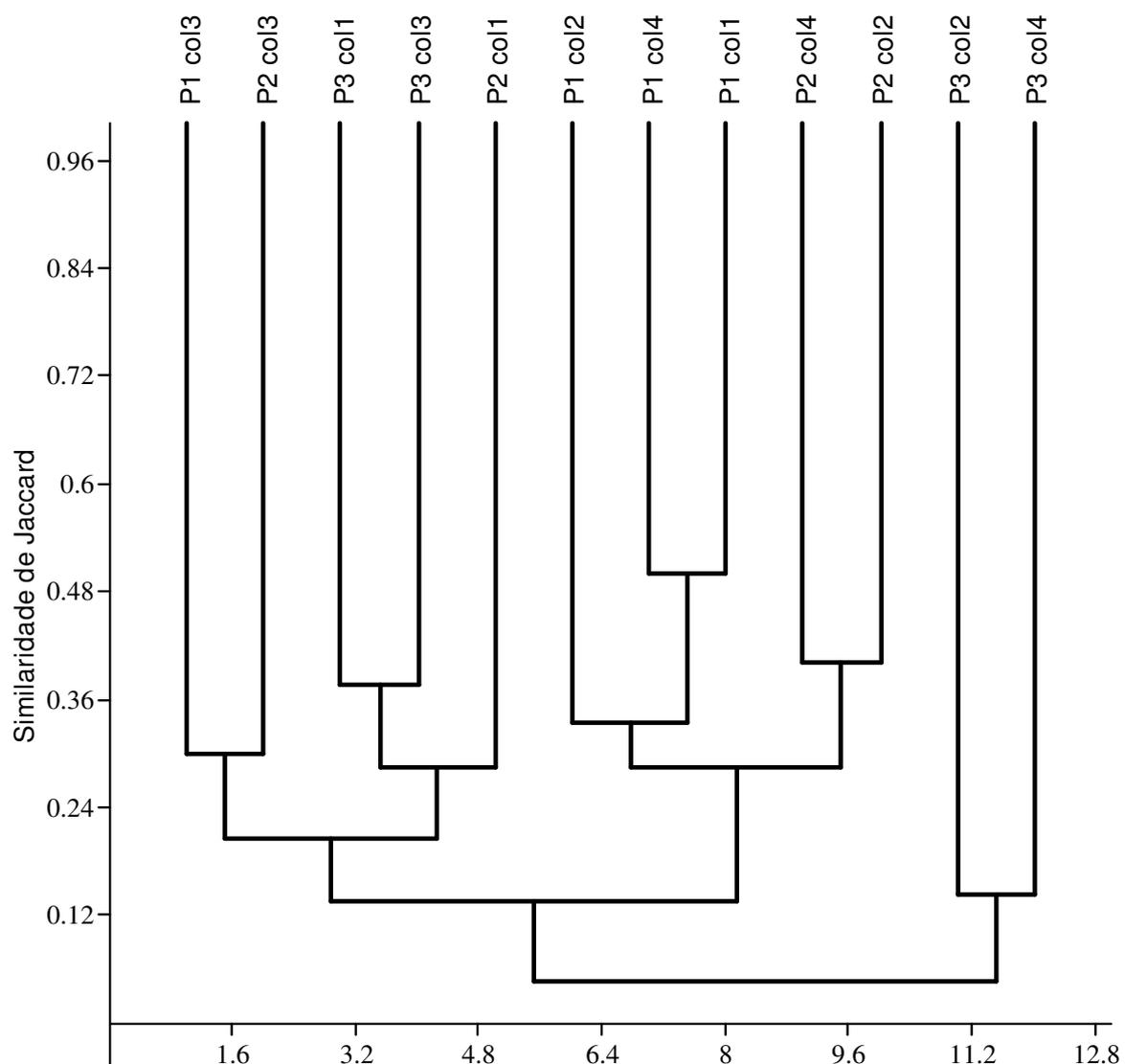


Figura 40: Dendrograma resultante da análise de agrupamento segundo o índice de Jaccard e ligação tipo UPGMA (média de grupo) para as associações de macro-invertebrados bentônicos presentes nos pontos do rio Piumhi, amostradas nos períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008). Coeficiente cofenético: 0,8369. Legenda: col1 – outubro de 2006; col2 – março de 2007; col3 – outubro de 2007; col4 – março de 2008.

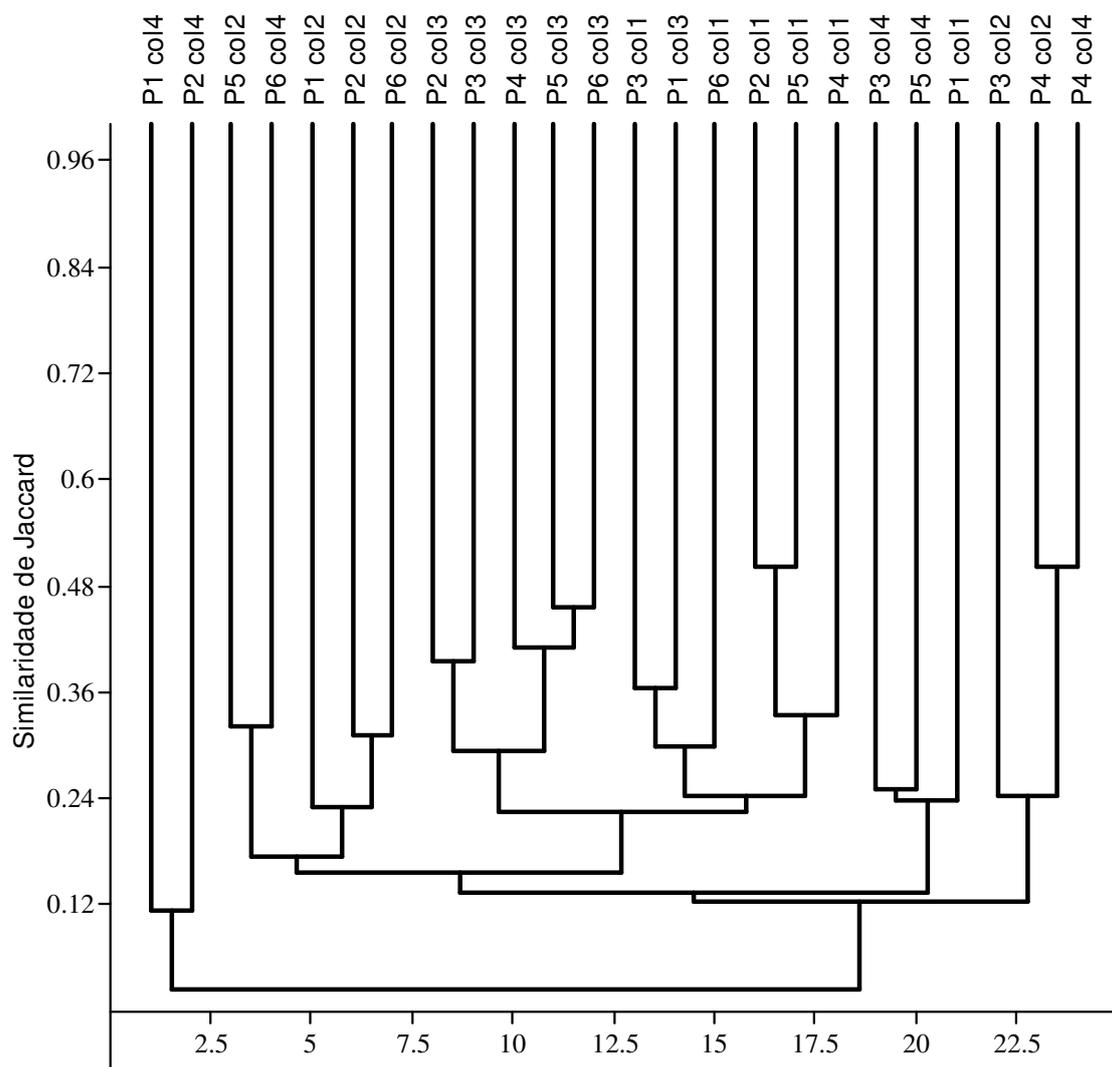


Figura 41: Dendrograma resultante da análise de agrupamento segundo o índice de Jaccard e ligação tipo UPGMA (média de grupo) para as associações de macro-invertebrados bentônicos presentes nos pontos do rio São Francisco, amostradas nos períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008). Coeficiente cofenético: 0,8015. Legenda: col1 – outubro de 2006; col2 – março de 2007; col3 – outubro de 2007; col4 – março de 2008.

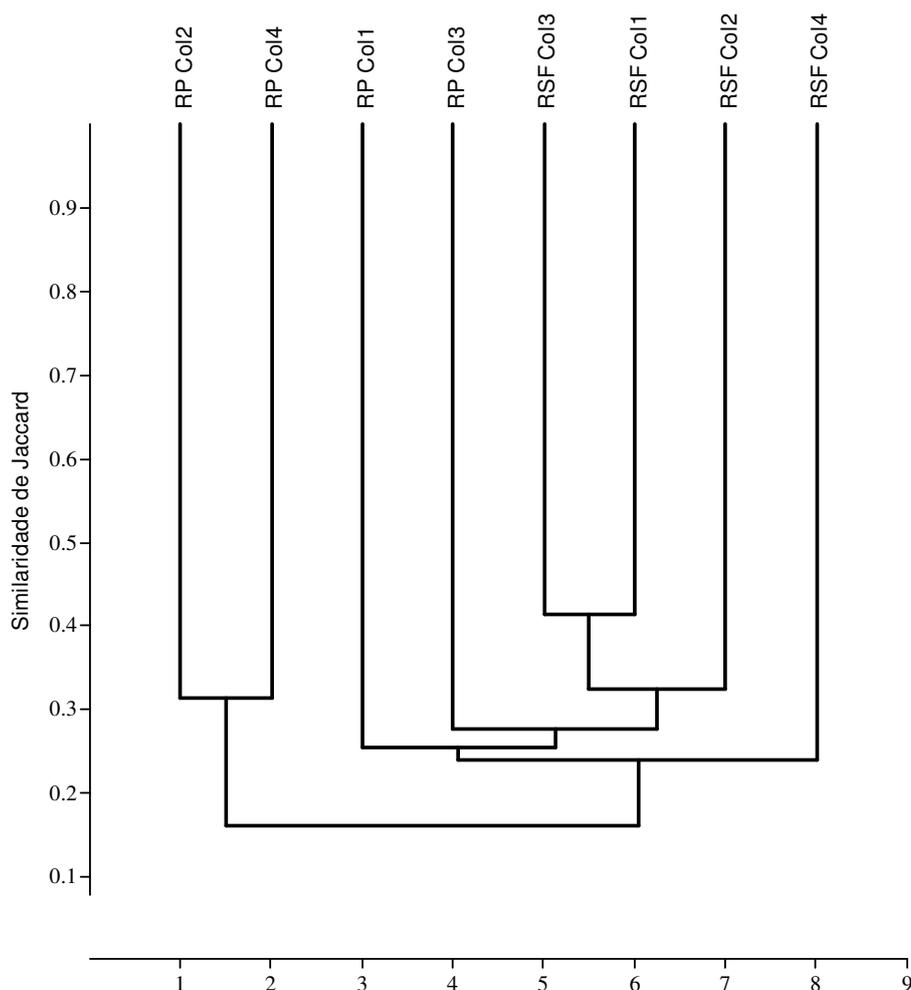


Figura 42: Dendrograma resultante da análise de agrupamento segundo o índice de Jaccard e ligação tipo UPGMA (média de grupo) para as associações de macro-invertebrados bentônicos presentes nos rios Piumhi e São Francisco, amostradas nos períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008). Coeficiente cofenético: 0,8636. Legenda: RP - Rio Piumhi; RSF - Rio São Francisco; col1 - outubro de 2006; col2 - março de 2007; col3 - outubro de 2007; col4 - março de 2008.

5.7.3. Relações entre as variáveis físicas e químicas e as variáveis biológicas, por meio da Análise de Correspondência Canônica (CCA)

As análises de correspondência canônica (CCA) entre as variáveis limnológicas do sedimento (Figura 43) e da água (Figura 44) e os táxons de Chironomidae presentes na comunidade bentônica do rio Piumhi permitiram a explicação de 67,91 % e 74,27 % da variância total dos dados, respectivamente.

Neste rio, a análise de correspondência canônica (CCA) para o sedimento, mostrou que o eixo 1 explicou 51,80 % da variância dos dados. Nesta análise observou-se que o táxon *Djalmabatista* morfotipo II, *Paratendipes*, *Tanytarsus*, *Cladopelma* e *Polypedilum* ocorreram em maior abundância no Ponto 3 deste rio em outubro de 2007 (período seco). Ainda, em relação a este eixo verificou-se uma correspondência destes

táxons com as frações areia fina, silte, argila e com as maiores concentrações de matéria orgânica no sedimento. Observou-se ainda que a ocorrência de *Dicrotendipes*, *Microtendipes*, Complexo *Harnischia* morfotipo I, *Thienemanniella* sp1, *Cryptochironomus*, *Caladomyia* morfotipo I, *Caladomyia* morfotipo III, *Pentaneura*, *Cricotopus*, *Harnischia* sp3 e *Lopescladius* esteve relacionada com a predominância de areia média no sedimento. Os táxons *Rheotanytarsus*, *Ablabesmyia*, *Chironomus* e *Caladomyia* morfotipo II associaram-se com as concentrações de nitrogênio no sedimento e com um substrato composto por areia grossa. O eixo 2 explicou 16,11 % da variância dos dados. O gênero *Endotribelos* não se associou a nenhuma variável limnológica e ocorreu somente no Ponto 2 em março de 2008 (período chuvoso).

Na análise de correspondência canônica (CCA) das variáveis limnológicas analisadas na água do rio Piumhi o eixo 1 explicou 49,50 % da variância dos dados. Os gêneros *Tanytarsus*, *Cricotopus*, *Caladomyia* morfotipo III e Complexo *Harnischia* morfotipo I relacionaram-se com elevados valores de temperatura e condutividade na água, presentes principalmente no Ponto 3 em outubro de 2007. *Thienemanniella* sp1, *Harnischia* sp3, *Caladomyia* morfotipo I, *Cladopelma*, *Ablabesmyia*, *Polypedilum*, *Djalmabatista* morfotipo II e *Paratendipes* estiveram presentes nos pontos com elevados valores de pH. Os táxons *Rheotanytarsus* e *Chironomus* associaram-se com elevados valores de vazão registrados principalmente no período chuvoso em março de 2008. Os Pontos 1 e 2 em outubro de 2007, onde foram registradas elevadas concentrações de fósforo total e de oxigênio dissolvido na água, associaram-se com *Cryptochironomus*, *Microtendipes*, *Caladomyia* morfotipo II, *Dicrotendipes*, *Pentaneura* e *Lopescladius*. O eixo 2 explicou 23,24 % da variância dos dados e também não evidenciou nenhuma associação para *Endotribelos*.

As análises de correspondência canônica (CCA) entre as variáveis limnológicas do sedimento (Figura 43) e da água (Figura 44) e os táxons de Chironomidae presentes na comunidade bentônica do rio São Francisco permitiram a explicação de 60,14 % e 64,64 % da variância total dos dados, respectivamente.

Os resultados desta análise para as variáveis do sedimento no rio São Francisco evidenciaram que o eixo 1 explicou 36,90 % da variância dos dados. Verificou-se que os táxons *Rheotanytarsus*, *Tanytarsus*, *Caladomyia* morfotipo III, *Lopescladius*, *Labrundinia*, *Procladini* NI, *Ablabesmyia*, *Aedokritus* e Complexo *Harnischia* morfotipo I associaram-se aos elevados teores de nitrogênio no sedimento, enquanto que *Onconeura*, *Thienemanniella* sp1, *Paratendipes*, *Chironomus*, *Cryptochironomus*,

Pentaneura, *Djalmabatista* morfotipo I e *Polypedilum* foram registrados nos pontos com substrato arenoso (areia fina e média). *Harnischia* sp3, *Djalmabatista* morfotipo II, *Caladomyia* morfotipos I e IV, *Caladomyia* cf. *ortoni*, *Fissimentum*, *Endotribelos*, *Microtendipes*, *Beardius*, *Coelotanypus* e *Cladopelma* ocorreram em vários pontos de outubro de 2007 com a predominância da fração areia grossa e associaram-se com elevados teores de fósforo no sedimento. Os indivíduos de *Nilothauma*, *Thienemannimyia*, *Cricotopus* e *Axarus* foram coletados principalmente em outubro de 2006 e de 2007 (períodos secos) e relacionaram-se com a alta concentração de matéria orgânica, silte e argila no sedimento. O eixo 2 explicou 23,24 % da variância dos dados.

Na análise de correspondência canônica (CCA) das variáveis limnológicas presentes na água do rio São Francisco o eixo 1 explicou 39,92 % da variância dos dados. Os táxons *Endotribelos*, *Polypedilum* e *Caladomyia* morfotipo IV apresentaram uma associação com o nitrogênio total e ocorreram nos Pontos 4 (março de 2007) e 1 (outubro de 2007). *Dicrotendipes*, *Paratendipes*, *Thienemanniella* sp1, *Djalmabatista* morfotipo I, *Onconeura*, *Chironomus*, *Cryptochironomus*, *Ablabesmyia* e *Pentaneura* ocorreram principalmente nos períodos chuvosos (março de 2007 e de 2008) e apresentaram correspondências com a vazão e com os teores de fósforo na água. Os elevados valores de pH, temperatura e condutividade registrados durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) tiveram uma associação com *Beardius*, *Coelotanypus*, *Microtendipes*, *Axarus*, *Harnischia* sp3, *Fissimentum*, *Cladopelma*, *Caladomyia* morfotipo I, *Djalmabatista* morfotipo II, *Cricotopus* e *Caladomyia* cf. *ortoni*. Os táxons *Rheotanytarsus*, *Thienemannimyia*, *Procladini* NI, *Labrundinia*, *Tanytarsus*, Complexo *Harnischia* morfotipo I, *Aedokritus*, *Nilothauma*, *Lopescladius* e *Caladomyia* morfotipo III ocorreram nos pontos onde foram registrados elevados valores de oxigênio dissolvido na água. O eixo 2 explicou 24,72 % da variância dos dados.

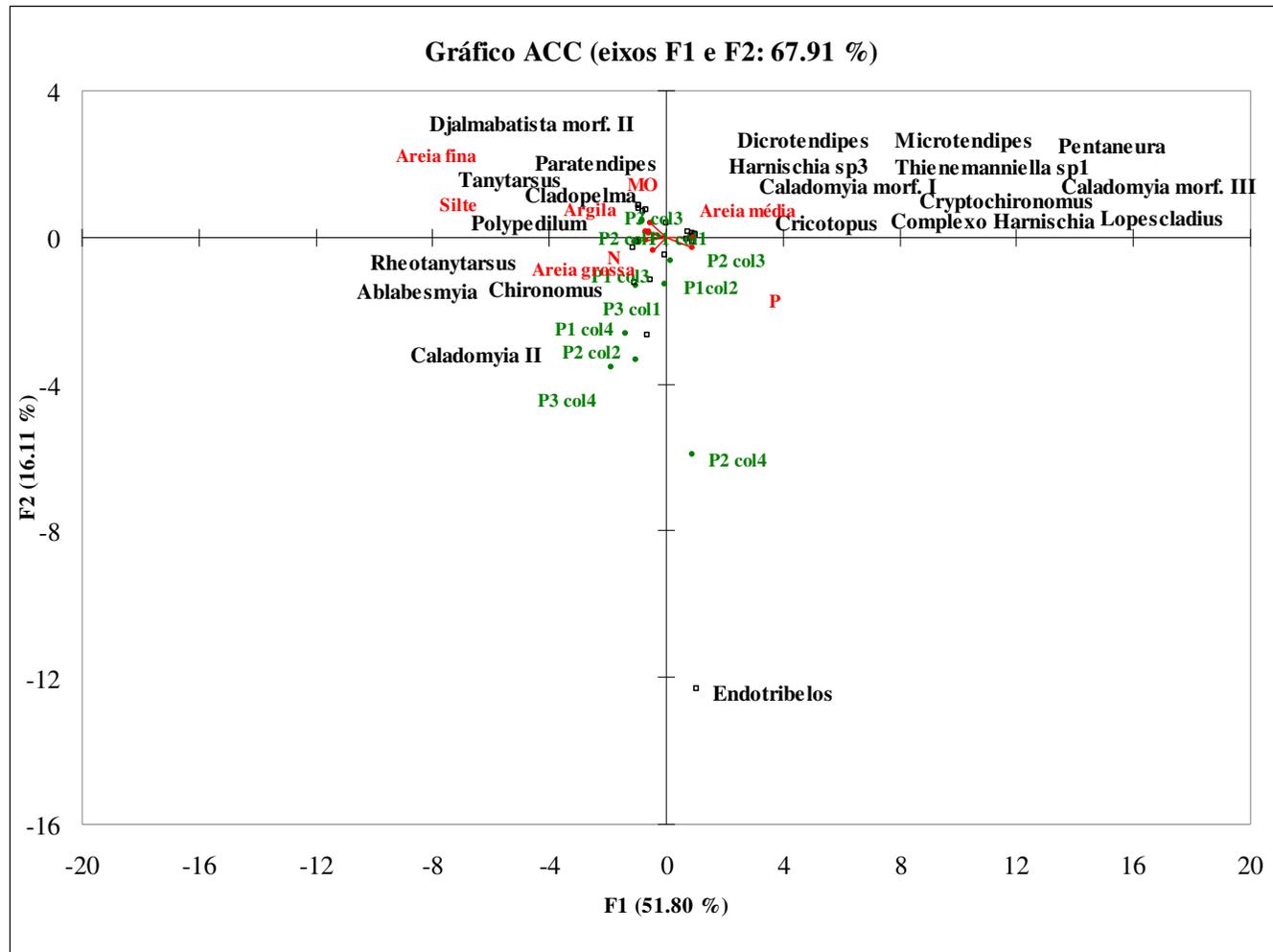


Figura 43: Eixos de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica das variáveis (granulometria, matéria orgânica, nitrogênio e fósforo total) do sedimento e os táxons de Chironomidae amostrados nos pontos do rio Piumhi nos períodos secos e chuvosos, sendo: Col1 (outubro de 2006), Col2 (março de 2007), Col3 (outubro de 2007), Col4 (março de 2008), N (nitrogênio total) e P (fósforo total).

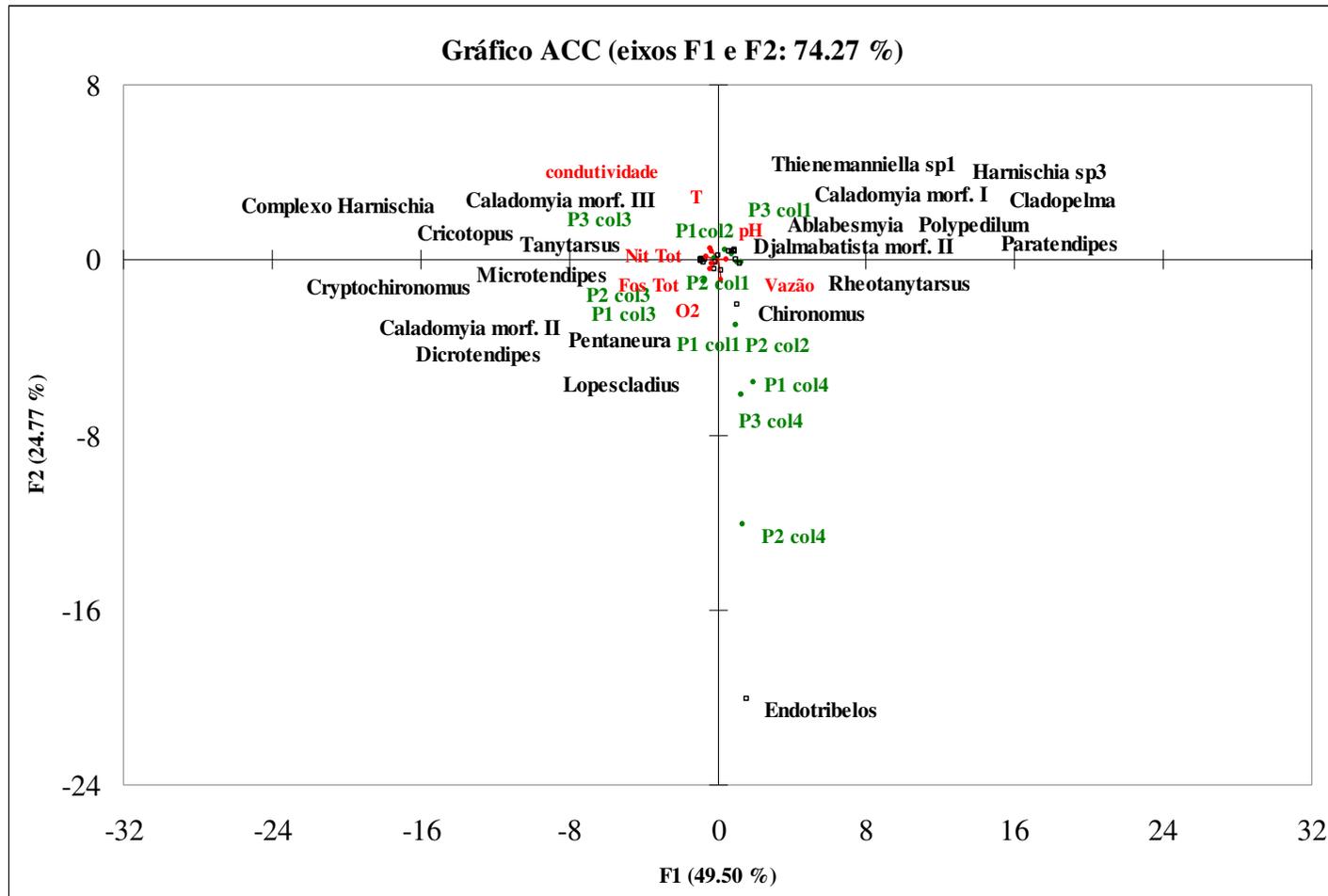


Figura 44: Eixos de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica das variáveis físicas e químicas da água e os táxons de Chironomidae amostrados nos pontos do rio Piumhi nos períodos secos e chuvosos, sendo: Col1 (outubro de 2006), Col2 (março de 2007), Col3 (outubro de 2007), Col4 (março de 2008), O2 (oxigênio dissolvido), T (temperatura), Nit tot (nitrogênio total) e Fos tot (fósforo total).

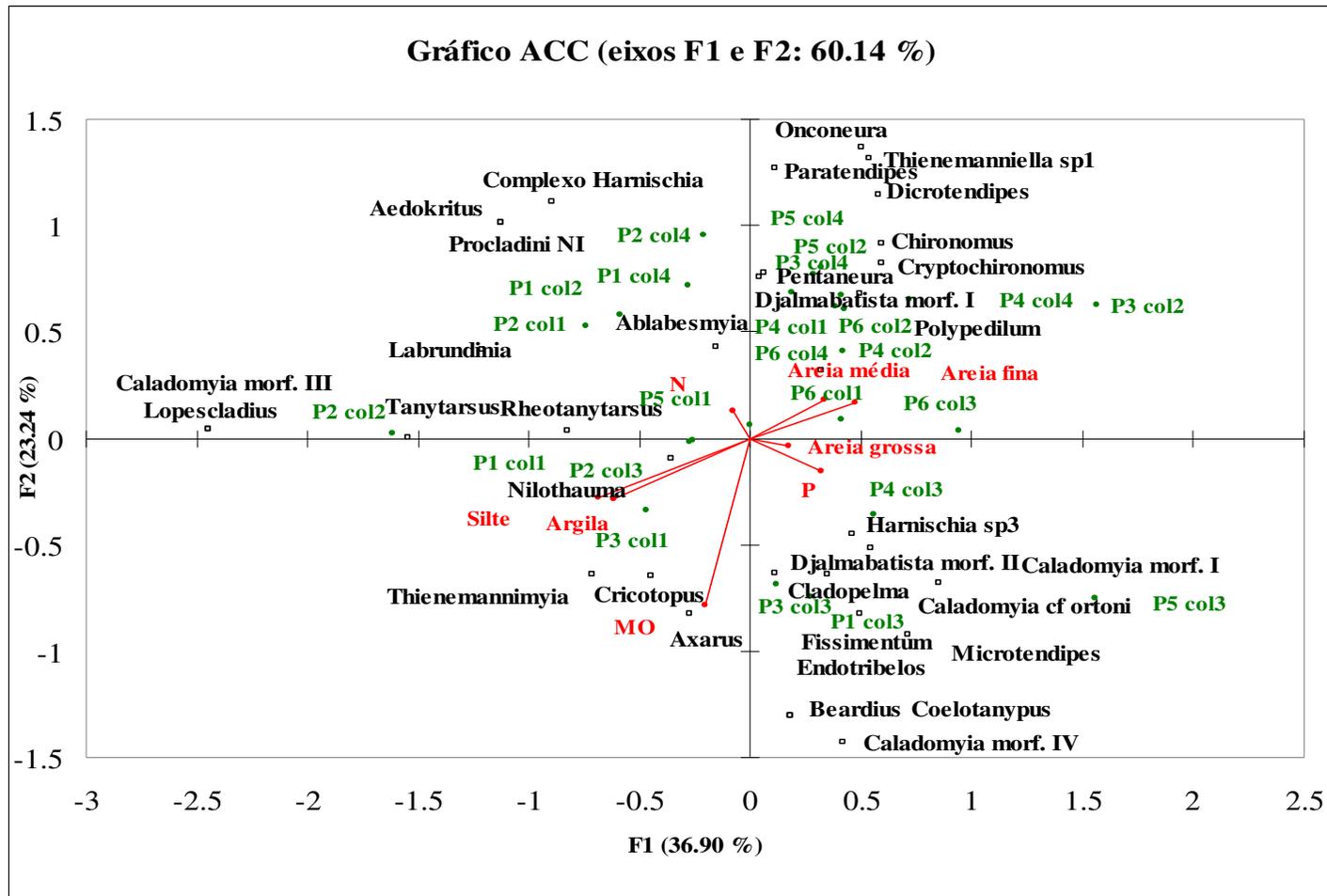


Figura 45: Eixos de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica das variáveis (granulometria, matéria orgânica, nitrogênio e fósforo total) do sedimento e os táxons de Chironomidae amostrados nos pontos do rio São Francisco nos períodos secos e chuvosos, sendo: Col1 (outubro de 2006), Col2 (março de 2007), Col3 (outubro de 2007), Col4 (março de 2008), N (nitrogênio total) e P (fósforo total).

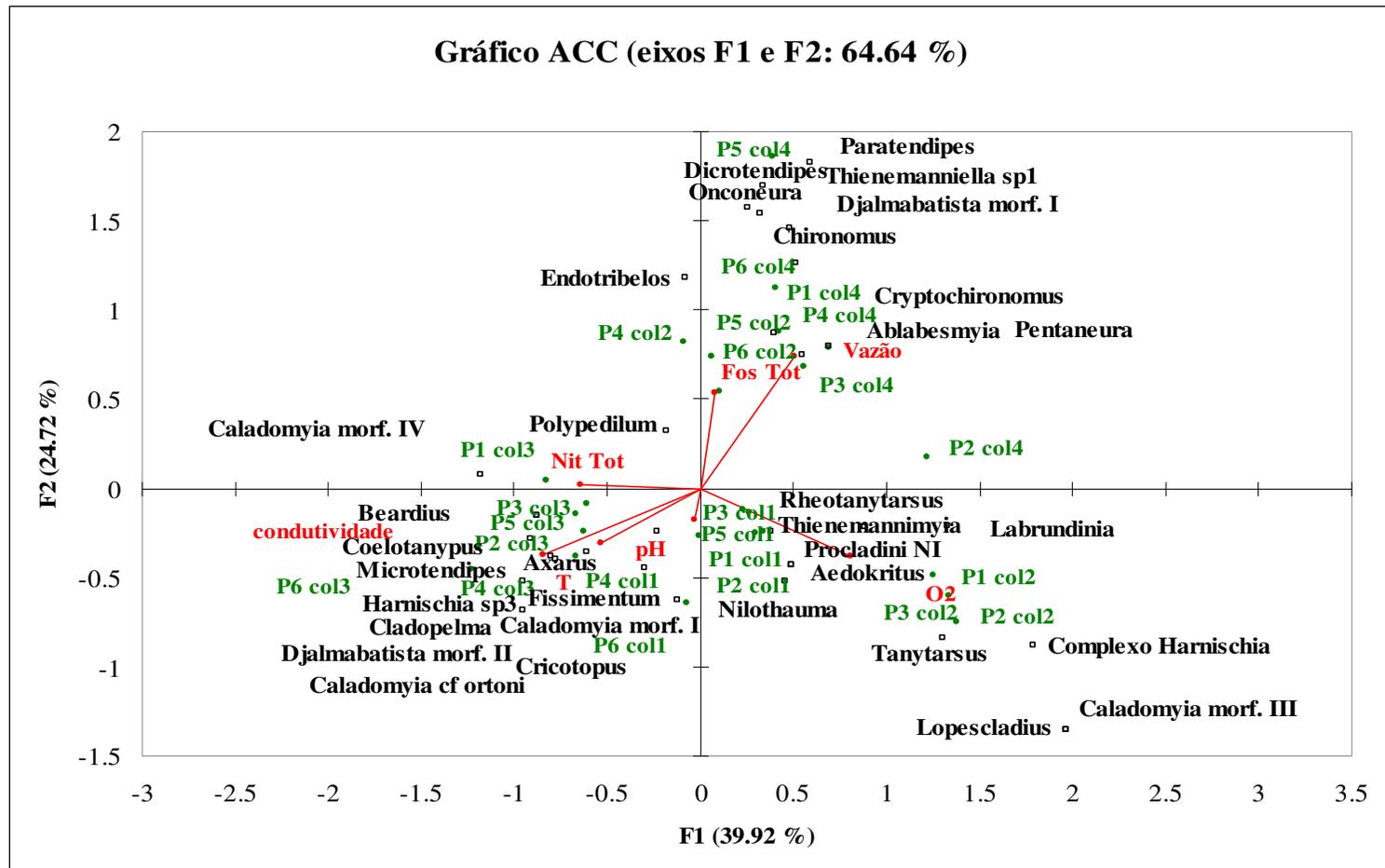


Figura 46: Eixos de ordenação produzidos pela análise de correspondência canônica das variáveis físicas e químicas da água e os táxons de Chironomidae amostrados nos pontos do rio São Francisco nos períodos secos e chuvosos, sendo: Col1 (outubro de 2006), Col2 (março de 2007), Col3 (outubro de 2007), Col4 (março de 2008), O2 (oxigênio dissolvido), T (temperatura), Nit tot (nitrogênio total) e Fos tot (fósforo total).

6. DISCUSSÃO

6.1. Variáveis limnológicas

Por meio do protocolo de avaliação rápida de diversidade de habitats, ficou evidenciado que o rio São Francisco encontra-se em melhor um estado de conservação podendo ser considerado um ambiente natural, enquanto que o rio Piumhi foi classificado como um ambiente alterado. As agências de proteção ambiental da Europa e dos EUA têm utilizado abordagens de avaliação de condições ecológicas em rios de cabeceira como sistemas de referência para o monitoramento de bacias hidrográficas (SOMMERHÄUSER et al., 2001). De acordo com Callisto et al. (2001b), o uso de protocolos e métodos de avaliação ecológica rápida é de fundamental importância, pois promove o entendimento dos padrões de organização dos ecossistemas aquáticos e auxilia no manejo e na conservação de ecossistemas naturais.

A elevada precipitação pluviométrica do mês de março de 2008 (317 mm) na região dos rios Piumhi e São Francisco, no município de Piumhi, MG, resultou em um distúrbio nesses sistemas aquáticos, ocasionando alterações no sedimento e na coluna d'água. Durante este período chuvoso, ocorreu provavelmente a ressuspensão do sedimento e também o aporte simultâneo de material alóctone no corpo da água oriundo de áreas-fonte adjacentes, que ocasionaram um aumento maior que duas vezes na concentração de material inorgânico em suspensão.

Segundo Blum (1978), Jordan et al. (1980) e Edwards (1982), a chuva pode ser considerada como um agente que promove uma significativa entrada de nutrientes minerais nos ecossistemas, pois, além de carrear elementos diretamente da atmosfera, atua também como principal agente de lixiviação dos nutrientes depositados sobre as copas das árvores (BROWN et al., 1989) e das áreas no entorno dos corpos de água.

Os maiores valores médios de largura, profundidade e velocidade da correnteza foram registrados no rio São Francisco, durante os períodos chuvosos. Este fato é decorrente do maior tamanho deste rio e dos elevados valores de precipitação pluviométrica registrados ao final da estação chuvosa, em março de 2007 e de 2008.

A vazão média registrada para o rio São Francisco foi mais elevada que a do rio Piumhi e os maiores valores ocorreram durante os períodos chuvosos (março de 2007 e de 2008). A vazão e a erosão das margens podem influenciar diversas características da água, como o aumento na quantidade de materiais suspensos e dissolvidos (VIANA, 2005) e conseqüente redução na transparência da água e na penetração de luz. Os

valores de vazão do trecho estudado, com o menor valor médio de $4,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no rio Piumhi em outubro de 2007 e o maior de $269,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no rio São Francisco em março de 2008 são comparáveis aos valores da bacia do rio Piracicaba (SP), cujas vazões variaram entre $82,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e $185,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ durante os períodos de seca e cheia, respectivamente (BALLESTER et al., 1999).

A transparência da água e as concentrações de material em suspensão total apresentaram um padrão sazonal definido para ambos os rios. Os maiores valores de transparência ocorreram durante os períodos secos, enquanto que as maiores concentrações de material em suspensão foram registradas em março de 2007 e de 2008 (períodos chuvosos). Em rios tropicais a diminuição da transparência da água no período chuvoso resulta do carreamento de material sólido para o leito dos rios. Os picos de concentração de sólidos suspensos associam-se com a alta precipitação pluviométrica presente nos períodos de chuvas (SAWYER & MCCARTY, 1994).

O pH dos rios em estudo variou de ligeiramente ácido a básico nos períodos de coleta, com valores médios de 7,13 para o rio São Francisco e 7,11 para o rio Piumhi. A partir destes dados, evidenciou-se que o pH não foi um fator limitante ao desenvolvimento da biota aquática na coluna d'água dos rios estudados. Aburaya & Callil (2007), ao estudarem a bacia do alto rio Paraguai encontraram um valor mínimo de 5,2 e máximo de 8,2. No rio Paranapanema (SP), Pompeo et al. (1997) registraram um valor médio de pH igual a 6,6. Estas faixas de variação de pH são próximas àquelas verificadas para os rios São Francisco e Piumhi.

Em águas continentais, os principais íons diretamente responsáveis pela condutividade elétrica são: o cálcio, magnésio, sódio, potássio, os carbonatos, os sulfatos e os cloretos, além de outros em menores quantidades. As medidas de condutividade elétrica fornecem informações importantes sobre os ecossistemas aquáticos e bacias de drenagens, principalmente quanto às concentrações desses íons e à intensidade dos processos de decomposição (WETZEL, 1983). Os valores desta variável da água medidos em outubro de 2006 e de 2007 (períodos secos) foram mais elevados do que os registrados em março de 2007 e de 2008 (períodos chuvosos), para ambos os rios em estudo. Este é um padrão bastante comum para rios tropicais, devido ao aumento da concentração iônica decorrente da diminuição do volume de água dos rios durante os períodos de seca. Tanto no rio São Francisco quanto no rio Piumhi a condutividade variou entre $21 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (em março de 2008) e $55 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (em outubro de

2007). Estes valores são próximos aos registrados por Oliveira & Calheiros (1998) ($16 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e $53 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) na bacia do alto rio Taquari (MS), um afluyente do rio Paraguai.

O oxigênio dissolvido na água é um gás de fundamental importância para o metabolismo da maioria dos organismos que habitam os ecossistemas aquáticos. Informações sobre a concentração e a distribuição deste gás são essenciais para se compreender o comportamento e o crescimento da biota (WETZEL, 1983). Os valores da concentração de oxigênio dissolvido para os dois rios foram maiores nos períodos chuvosos (março de 2007 e de 2008), indicando que estes maiores níveis de oxigênio durante a época de inundação podem ser atribuídos às intensas precipitações pluviométricas resultando em maior oxigenação provocada pela turbulência da água (WELCOMME, 1985). A velocidade da correnteza é um outro fator que exerce influência sobre os níveis de oxigênio dissolvido na água, já que com o aumento da velocidade, aumenta também a turbulência e, conseqüentemente, a solubilidade do gás (KRUPPEK et al., 2008). Segundo Schäfer (1985) as concentrações de oxigênio nos rios variam em função das condições climáticas regionais e de sua localização. Ambos os valores, máximo e mínimo, ocorreram no rio São Francisco sendo $10,41 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (março de 2007) e $7,28 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (outubro de 2007), respectivamente. Valores inferiores aos registrados no rio São Francisco foram encontrados por Pompeo et al. (1997) no rio Paranapanema (SP) cuja variação foi de $3,78 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a $8,97 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Os ecossistemas aquáticos estão adaptados a variações de temperatura da água relativamente limitadas, devido ao alto valor do calor específico e às mudanças de estado físico da água, que absorvem ou liberam o calor latente (FRITZSONS et al., 2005). A temperatura da água influencia o metabolismo das comunidades, a produtividade primária, a respiração e a decomposição da matéria orgânica (MARGALEF, 1983). O valor médio de temperatura da água de ambos os rios variou entre $23 \text{ }^\circ\text{C}$ (no período chuvoso) e $27 \text{ }^\circ\text{C}$ (no período seco).

Os valores médios da concentração dos compostos de nitrogênio e de fósforo (exceto para fósforo total) foram maiores no rio Piumhi quando comparados com os do rio São Francisco. Por estes valores, as águas do rio Piumhi apresentaram uma maior trofia, entretanto, estas concentrações são duas ordens de magnitude inferiores às do rio Paranapanema (SP) (Pompeo et al., 1997). Segundo Oliveira et al. (2008), os compostos de fósforo presentes nos rios podem ser decorrentes das atividades fisiológicas de microorganismos, oriundas da decomposição do ácido fosfórico que ocorrem mediante a presença de íons capazes de formar um complexo. Já os compostos de nitrogênio

originam-se a partir de processos de decomposição da matéria orgânica (WETZEL, 1993; ESTEVES, 1998).

Os resultados obtidos para o Índice de Estado Trófico médio nos rios Piumhi e São Francisco demonstraram uma alternância de trofia entre os períodos secos e chuvosos, sendo que em ambos os rios a classificação das águas variou entre ultraoligotróficas e oligotróficas. O aumento do grau de trofia destes rios durante os períodos secos pode ser explicado pela maior concentração de nutrientes, como o fósforo nos sistemas aquáticos estudados. A avaliação do estado trófico de sistemas aquáticos, como a bacia do alto rio São Francisco, pode oferecer subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão desses ecossistemas (CUNHA & CALIJURI, 2007).

Em sistemas aquáticos, a biomassa fitoplanctônica, comumente estimada pela concentração de clorofila *a*, é extremamente influenciada pela disponibilidade de nutrientes e pela penetração de luz na água (ESTEVES, 1998; CHAMPION & CURRIE, 2000). Nos rios Piumhi e São Francisco, durante os períodos de amostragem, foram registrados valores muito baixos de clorofila, variando entre 0,1 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e 2,37 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Segundo Cunha et al. (2008), as características inerentes aos sistemas lóticos como a turbulência, o baixo tempo de residência das águas e o contínuo transporte da comunidade fitoplanctônica a jusante podem justificar o pequeno desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica e assim os baixos valores de clorofila *a*.

Em ambos os rios as concentrações de feofitina foram superiores as de clorofila *a* (exceto em outubro de 2006 no rio Piumhi) evidenciando intensos processos de decomposição nas águas destes rios. Este fato também foi observado por Cruz (2004) nos rios Piraquê-Açú e Piraquê-Mirim, situados no Espírito Santo.

A composição granulométrica do sedimento de um ecossistema aquático é um fator importante na estruturação e distribuição da comunidade de invertebrados bentônicos, refletindo possíveis alterações decorrentes de impactos antrópicos na bacia, como a entrada de material terrestre, o assoreamento e modificações na natureza física dos sedimentos (CALLISTO & ESTEVES, 1996; GONÇALVES et al., 1998). O sedimento do trecho estudado no rio São Francisco foi predominantemente areno-argiloso, enquanto que no rio Piumhi ocorreram principalmente substratos arenosos. França et al. (2006), ao estudarem a bacia do rio das Velhas, verificaram que as frações granulométricas deste rio apresentavam uma maior quantidade de partículas finas (areia fina e muito fina), similarmente ao observado no presente estudo para a bacia o rio São

Francisco. Segundo esses mesmos autores, ambientes com condições ecológicas preservadas possuem elevada diversidade de frações granulométricas decorrente de uma maior estabilidade do leito, da preservação das áreas de entorno e do uso e ocupação racional do solo.

Utilizando a classificação textural de solo sugerida por Camargo et al. (1987) observou-se que o sedimento do rio Piumhi sofreu mudanças ao longo dos períodos amostrados, sendo limo-arenoso em outubro de 2006 e em março de 2007, limo-areno-barrento em outubro de 2007 e barrento em março de 2008. No rio São Francisco, em todos os períodos de coleta o sedimento foi classificado como limo-areno-barrento.

Os sedimentos dos rios Piumhi e São Francisco foram classificados como minerais, com predominância das frações inorgânicas. Cunha & Calijuri (2008) também registraram que os sedimentos dos rios Jacupiranguinha e Pariquera-Açu apresentavam menos de 10% de matéria orgânica sendo, portanto, classificados como minerais. Para Cotta (2003), a ocorrência de maior ou menor sedimentação dos materiais orgânicos e inorgânicos em rios depende do tipo de entrada (pontual ou difusa) deste material e do tempo de residência da água.

As concentrações de nitrogênio total presentes no sedimento dos rios Piumhi e São Francisco variaram entre 0,05 mg.g⁻¹ e 0,84 mg.g⁻¹ e entre 0,07 mg.g⁻¹ e 0,60mg.g⁻¹, respectivamente. Estes valores são comparáveis aos registrados nos sedimentos do rio Jacupiranguinha (SP), onde Cunha & Calijuri (2008) verificaram que os valores de nitrogênio total variaram entre 0,07 mg.g⁻¹ e 1,06 mg.g⁻¹, sendo este último valor considerado elevado devido à entrada de um efluente industrial no local.

Os valores de fósforo total nos sedimentos do rio Piumhi variaram ente 9,09 µg.g⁻¹ e 56,13 µg.g⁻¹. No rio São Francisco esta variável ocorreu com uma variação entre 14,65 µg.g⁻¹ e 41,07 µg.g⁻¹. A máxima e a mínima concentração de fósforo total para o sedimento do rio Jacupiranguinha foram 10,5 µg.g⁻¹ e 0,12 µg.g⁻¹, respectivamente (CUNHA & CALIJURI, 2008). Os valores de fósforo total existentes no sedimento dos rios Piumhi e São Francisco puderam ser considerados elevados se comparados com os valores registrados no rio Jacupiranguinha. Entretanto, Owens & Walling (2002) ao estudar o rio Swale, no Reino Unido, verificaram que o teor de fósforo total nos sedimentos fluviais era geralmente dentro da faixa de 500-1500 µg.g⁻¹. Estes autores sugerem que o solo superficial dos morros, das pastagens e das áreas cultivadas ao redor dos rios são passíveis de serem as principais fontes de entrada de partículas fósforo em ambientes lóticos.

Em ambos os rios estudados, houve grande semelhança entre os pontos amostrados em relação às variáveis físicas e químicas, caracterizando uma homogeneidade espacial e ambiental nesse trecho da bacia do alto rio São Francisco. Porém, através da análise discriminante, pode-se verificar uma separação temporal entre as variáveis químicas e físicas da água e do sedimento e os períodos amostrados. Em ambos os rios, os períodos secos foram discriminados pelas elevadas concentrações de compostos de fósforo e de nitrogênio, possivelmente em decorrência de uma diminuição do volume d'água devido à maior taxa de evaporação. Para Silva & Esteves (1995), a redução destas formas nos períodos de cheia pode ser atribuída ao aumento do volume da água que ocasiona uma diluição dos nutrientes e a incorporação das formas assimiláveis pelo fitoplâncton e pelo perifiton.

A maioria dos nutrientes, sedimentos e matéria orgânica que entra em um ambiente lótico é proveniente dos distúrbios ambientais causados pela ocupação humana na bacia (PINTO & CAVALCANTI, 2001). Bleich et al. (2009) afirmam que as chuvas e os períodos de seca são interferências naturais que alteram a estrutura e o funcionamento dos sistemas aquáticos, mas as influências de origem antrópica, muitas vezes não ocorrem temporariamente e ocasionam o comprometimento do funcionamento do ambiente.

6.1. Variáveis biológicas

No rio São Francisco foi registrado um número total de 74 táxons de invertebrados bentônicos, uma riqueza de táxons superior àquela verificada para o rio Piumhi, onde ocorreram 56 táxons no total.

Em relação à abundância numérica, o oposto foi verificado, tendo-se registrado um total de 1539 indivíduos no rio Piumhi, comparado com 1073 indivíduos no rio São Francisco. A maior riqueza de táxons de invertebrados bentônicos no rio São Francisco pode ser decorrente do menor impacto antrópico neste trecho do rio quando comparado ao do rio Piumhi, um afluente transposto da bacia do rio Grande para a bacia do São Francisco.

Para Allan (2004), mudanças significativas em comunidades biológicas ocorrem associadas, principalmente, ao incremento de atividades de urbanização em bacias hidrográficas. Muitas vezes as atividades antrópicas são negativamente correlacionadas à qualidade da água, habitats e medidas de diversidade de organismos bentônicos

(PALMER et al., 2005). Embora diferenças metodológicas de amostragem dificultem comparações precisas, é relevante observar que Marques & Barbosa (2002) registraram 39 táxons de invertebrados bentônicos na região do médio rio Doce, MG; Trivinho-Strixino et al. (2008) registraram 24 táxons no rio São Francisco, no trecho Petrolina-Juazeiro, enquanto Ribeiro et al. (2009) registraram 32 táxons no rio Vacacaí-Mirim, Rio Grande do Sul.

No presente estudo, para ambos os rios, a Classe Insecta foi a mais representativa na comunidade de macro-invertebrados bentônicos, com um total de 47 táxons no rio Piumhi e 64 táxons no rio São Francisco. Segundo Hynes (1970) e Lake (1990), dentro da fauna de macro-invertebrados bentônicos, os insetos destacam-se em termos de diversidade e abundância. A sua distribuição é resultado da interação entre as condições físicas que compreendem o hábitat (substrato, fluxo, turbulência) e a disponibilidade alimentar (RESH & ROSENBERG, 1984; MERRITT & CUMMINS, 1984).

Dentre a comunidade de macro-invertebrados bentônicos dos rios estudados, os Chironomidae ocorreram em maior riqueza de gêneros e densidade numérica em ambos os rios. Segundo Coffman & Ferrington (1988), as larvas de quironomídeos normalmente ocorrem em altas densidades e diversidade em ambientes lóticos, com ciclo de vida curto e biomassa total elevada, o que lhes confere um importante papel no fluxo energético desses sistemas.

A Ordem Coleoptera foi o segundo grupo taxonômico mais representativo em relação à riqueza de táxons para ambos os rios estudados. Esta ordem esteve representada pela família Elmidae no rio São Francisco e pelas famílias Elmidae, Hydrophilidae e Staphylinidae no rio Piumhi. Os representantes da família Elmidae são habitantes típicos de porções mais rápidas de córregos e rios (WHITE et al., 1984). Suas larvas vivem em zonas de erosão de ambientes lóticos, onde ocorrem sob rochas, entre detritos submersos, ou mais raramente, em sedimentos arenosos, onde se alimentam de detritos ou algas perifíticas (coletoras, raspadoras) (COFFMAN et al., 1971).

Considerando-se os períodos de coleta, a densidade total dos macro-invertebrados variou entre 33 ind.m⁻² em março de 2008 e 3904 ind.m⁻² em outubro de 2007, ambos os valores registrados no rio Piumhi. Ao estudar a distribuição espacial-temporal das comunidades de macro-invertebrados bentônicos em trechos do rio Peixe, MG, Callisto et al. (2004) obtiveram resultados semelhantes, onde os maiores valores de densidade ocorreram durante o período seco.

Os maiores valores de abundância relativa e de densidade foram encontrados para Chironomidae durante os períodos secos, sendo 85,7 % (out./06) e 3317 ind.m⁻² (out./07) registrados no rio Piumhi e 78,7 % (out./07) e 450 ind.m⁻² (out./07) no rio São Francisco. Diversos trabalhos desenvolvidos em riachos no Brasil têm salientado a grande abundância de Chironomidae e sua colonização em uma grande variedade de mesohabitats, como o estudo de Nessimian (1996), o de Sanseverino et al. (1998), Serrano et al. (1998), Nessimian et al. (2003) e o de Suriano et al. (2004). Além disso, esta família é abundante em córregos expostos a interferências antrópicas como desmatamento (SPONSELLER et al., 2001) e comum em locais com alterações diretas na qualidade da água pela entrada de poluentes orgânicos e inorgânicos (ROSENBERG & RESH, 1993).

O segundo grupo taxonômico com elevadas densidades no rio Piumhi durante os períodos amostrados foi Oligochaeta, com exceção para o mês de outubro de 2007. Os oligoquetos participam das redes tróficas dos sistemas aquáticos como recursos alimentares para turbelários, quironomídeos, caranguejos, anfípodas, anfíbios, peixes e aves (EZCURRA DE DRAGO et al., 2007). A maioria desses organismos é considerada detritívora e utiliza as bactérias como fonte de alimento (BRINKHURST et al., 1972). No Brasil, existem poucos estudos com oligoquetos em rios e córregos, destacando-se os trabalhos de Takeda (1999), Marchese & Ezcurra de Drago (1999), Alves & Lucca (2000), Montanholi-Martins & Takeda (1999; 2001), Takeda et al. (2001) e Alves et al. (2006) que abordam a estrutura e a distribuição deste grupo.

No presente estudo as espécies *Dero furcatus* e *Dero sawayai* ocorreram somente no rio Piumhi, enquanto que *Brinkhurstia americana*, *Allonais chelata* e *Limnodrilus neotropicus* foram exclusivas da taxocenose de oligoquetos do rio São Francisco. A ocorrência de espécies dos gêneros *Dero* (*Aulophorus*) e *Allonais* na comunidade bentônica dos rios Piumhi e São Francisco, é possivelmente explicada pela ampla distribuição destes organismos, característicos de zonas tropicais e subtropicais (TIMM, 1999).

No rio Piumhi durante os períodos secos, além da draga de Van veen, utilizou-se o amostrador do tipo Surber. Com o amostrador Surber, foram registrados 56 táxons e Chironomidae foi também o grupo que atingiu os maiores valores de abundância relativa e de densidade, sendo 74,2 % e 12222 ind.m⁻², respectivamente. A partir destes resultados, pode-se comprovar a eficiência deste amostrador em ambientes lóticos, com baixa vazão. Segundo Brandimarte et al. (2004), o uso de vários tipos de amostradores

em um mesmo local de coleta é necessário quando se pretende realizar diferentes tipos de explorações de um mesmo sistema aquático, em locais com heterogeneidade nos substratos de fundo e em diferentes períodos climáticos, especialmente nos sistemas com amplas variações de profundidade da coluna de água, como é o caso do rio Piumhi.

No rio Piumhi o único táxon amostrado com a draga van Veen e considerado constante foi *Polypedilum*, em outubro de 2006 (período seco). Os táxons *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Chironomus* e *Polypedilum* estiveram presentes nos 4 períodos de coleta e foram considerados raros ou comuns dependendo do período amostrado.

Nas amostragens realizadas com o amostrador Surber nenhum táxon foi constante e apenas *Polypedilum* e *Cryptochironomus* foram considerados comuns, sendo que o primeiro táxon ocorreu com esta frequência em ambos os períodos secos e o segundo somente em outubro de 2006.

O gênero *Polypedilum* é cosmopolita, representado por numerosas espécies e é reportado em vários trabalhos como o de Oliver & Dillon (1997), Serrano et al. (1998), Bueno et al. (2003) e Marchese et al. (2005). Segundo Aburaya & Callil (2007), este gênero ocorreu com maior frequência de ocorrência no rio Paraguai, similarmente ao observado na comunidade de macro-invertebrados bentônicos do rio Piumhi.

A presença de *L. hoffmeisteri* em sistemas aquáticos é largamente utilizada como indicadora do grau de poluição orgânica (MARCHESE & EZCURRA DE DRAGO, 1999), entretanto a sua ocorrência foi baixa nos sedimentos do rio Piumhi não podendo ser explicada pelo enriquecimento desse rio.

De acordo com Simpson & Bode (1980), Strixino & Trivinho-Strixino (1998) e Marques et al. (1999), o gênero *Chironomus* é ecologicamente versátil, com espécies vivendo em águas estagnadas e fluentes, limpas ou poluídas. Além disso, possui características como a presença de pigmentos acessórios e tubos abdominais que facilitam a sua sobrevivência em locais com baixas concentrações de oxigênio (HIGUTI & TAKEDA, 2002). A ocorrência deste gênero em baixa abundância não reflete os possíveis impactos ambientais que este rio sofreu ao longo dos últimos 40 anos, após sua transposição da bacia do rio Grande para a bacia do rio São Francisco.

Cryptochironomus é caracterizado como habitante de sedimento arenoso em áreas de deposição (SANSEVERINO & NESSIMIAN, 2001), sendo frequentemente encontrado em fundos de rios e riachos (EPLER, 1995). As larvas deste gênero são predadoras e caçam suas presas na coluna d'água (COFFMAN & FERRINGTON,

1996), devido ao fato da areia ser pobre em matéria orgânica, oferecendo portanto escassos recursos alimentares (SANSEVERINO et al., 1998).

No rio São Francisco, *Smicridea* foi constante somente em março de 2007 (período chuvoso). Os táxons *Cryptochironomus*, *Pentaneura*, *Polypedilum*, *Rheotanytarsus*, *Tanytarsus* e *Phyllocycla* ocorreram durante os quatro períodos amostrados, entretanto foram raros ou comuns nos diferentes períodos amostrados.

O Trichoptera *Smicridea* (Hidropsychidae) tem preferência por áreas com maior disponibilidade de material fino particulado em suspensão na coluna d'água, utilizando-o como alimento (CUMMINS et al., 2005). A ocorrência destes organismos foi reportada por Baptista et al. (1998) no rio Macaé (RJ) e esteve associada a depósitos de folhiços. Este hábito alimentar pode explicar o motivo deste gênero ser considerado constante no rio São Francisco durante o período chuvoso, pois neste mês o aporte de material alóctone das margens pode ter favorecido a sua presença.

Os gêneros *Cryptochironomus* e *Polypedilum* foram considerados dominantes no rio Paraná por Rosin & Takeda (2007) e a sua presença ficou restrita a região litorânea daquele rio. Higuti & Takeda (2002) também registraram a dominância de *Cryptochironomus* no rio Ivinheima, um afluente do rio Paraná. As larvas deste gênero são predadoras (COFFMAN & FERRINGTON, 1996) e alimentam-se principalmente de Oligochaeta (BERG, 1995). Como em ambos os rios, São Francisco e Piumhi, ocorreram oligoquetos, pode-se inferir que a presença de *Cryptochironomus* estaria neste caso mais relacionada à disponibilidade de alimento, do que ao tipo de substrato.

Rheotanytarsus é um gênero típico de ambientes lóticos (PINDER & REISS, 1983; EPLER, 1992), habita substratos heterogêneos com pouca matéria orgânica (RAE, 1985) e prefere as áreas de fluxo rápido (BARMUTA, 1990). A partir destas características pode-se justificar a presença deste táxon durante os quatro períodos amostrados no rio São Francisco.

O gênero *Tanytarsus* é característico de locais com folhiço depositado (SANSEVERINO & NESSIMIAN, 2001), é filtrador e alimenta-se de detritos particulados finos (TRIVINHO-STRIXINO et al., 2000). Rosin & Takeda (2007) verificaram que este gênero esteve presente em todos os pontos amostrados do rio Paraná e inclui espécies tolerantes a uma ampla variedade de condições ambientais. Nos rios Piumhi e São Francisco este táxon foi registrado com uma frequência de ocorrência menor que 10% e foi, portanto, considerado raro em ambos os rios.

Phyllocycla é um gênero de Odonata que segundo Carvalho & Nessimian (1998) suas espécies podem apresentar um hábito fossador, estando normalmente associadas à areia e outros sedimentos finos em rios, possuindo um prolongamento do último segmento abdominal que lhes permite ficar bem enterradas no substrato. A presença de partículas mais finas (areia e argila) no sedimento do rio São Francisco pode ter favorecido o estabelecimento deste gênero nos 4 períodos de amostragem.

Os maiores valores de densidade total dos macro-invertebrados bentônicos nos rios Piumhi e São Francisco ocorreram durante os períodos secos, quando foram registrados os menores valores de vazão. Porém, em março de 2007, no rio São Francisco os valores de densidade foram superiores aos registrados nos períodos secos.

No período de cheia, ocorre uma diluição e homogeneização das condições físicas, químicas e biológicas pelo aumento do volume da água e o aumento da turbidez, além da entrada de matéria orgânica e de nutrientes de origem alóctone (ABÍLIO, 2002). A condição de seca, no entanto, pode levar a um aumento nas populações de invertebrados e segundo Extence (1981), as possíveis razões são: o aumento no suprimento alimentar, na forma de detritos e material de plantas, possibilitando ao ambiente suportar uma maior densidade de indivíduos; a ausência das inundações aumentando a estabilidade do substrato e da sua biota associada; a redução na profundidade da coluna de água pode favorecer algumas espécies de larvas de insetos que se alimentam por filtração, além de provocar um efeito de concentração, diminuindo o volume/área de colonização e resultando em maiores densidades.

Um outro fator de grande importância na distribuição dos organismos é a velocidade da correnteza, que pode variar nas diferentes estações do ano. A correnteza pode criar microhabitats, os quais servem de refúgio contra predação, influenciando assim, a distribuição e abundância das espécies (HART & MERZ, 1998). Além disso, pode ainda afetar a disponibilidade de recursos alimentares (BROOKS et al., 2005) e deslocar os organismos do trecho a montante para jusante do corpo d'água. Este deslocamento pode ser constante e previsível, quando causado pela vazão usual de riachos, ou catastrófico, quando causada por perturbações físicas intensas, como os eventos de chuvas torrenciais (MERRIT & CUMMINS, 1984). Mesmo sob vazão usual, sua variação cria remansos, isto é, regiões dos corpos d'água com baixa velocidade de corrente, onde o acúmulo de materiais pode ocorrer mais facilmente, ao passo que na calha do rio a velocidade da corrente é alta e a probabilidade de carreamento de materiais e organismos, como os invertebrados, é maior (THORP & COVICH, 2001). O

carreamento de invertebrados aquáticos altera a abundância das populações ao longo do rio, principalmente das espécies com baixa capacidade de natação (THORP & COVICH, 2001).

Diferenças na correnteza e na quantidade de sedimentos finos promovem uma diversificação de microhabitats dentro de um sistema aquático, podendo ocasionar um aumento na riqueza de espécies (RICKLEFS & SCHLUTER, 1993; TOWNSEND et al., 2003). O maior revolvimento do solo nos locais de maior correnteza pode permitir a colonização por uma maior quantidade de animais bentônicos, especialmente os filtradores, pois a captação do alimento é maximizada com um maior fluxo de água. Por outro lado, espécies com outros hábitos alimentares tais como predadores e detritívoros, não devem apresentar necessariamente uma relação positiva com a velocidade da água.

Para enfrentarem as diferentes condições naturais do meio aquático, os macroinvertebrados apresentam adaptações especiais para se moverem livremente ou permanecerem fixos ao substrato (STATZNER & HIGLER, 1985b). Alguns são nadadores ágeis, utilizando-se da aerodinâmica de seus corpos; outros escalam plantas aquáticas e pedras por meio dos corpos finos e estruturas morfológicas nos apêndices. Alguns patinam na superfície da água (Hemípteros da família Vellidae) sem afundar, pois, seus corpos são lisos e as patas adaptadas a não romperem a tensão superficial da água. Outros estão aptos a escavar o fundo do leito arenoso ou lodoso, por meio de estruturas especiais, tais como, patas escavadoras (Gomphidae-Odonata) (CARVALHO & NESSIMIAN, 1998). Ainda outros podem aderir às rochas e suportar intensos fluxos da correnteza através da fixação ao substrato por finos fios de seda ou usando suas garras tarsais, bem como, pelo uso de ganchos especializados posicionados no final do abdômen (Hidropsychidae-Trichoptera).

De acordo com Brinkhurst & Jamieson (1971) os representantes da Classe Oligochaeta apresentam ampla distribuição geográfica e suas populações podem alcançar grandes densidades numéricas, porém isto não foi registrado nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos dos rios em estudo. Este grupo tem despertado grande interesse, principalmente por ocorrer em águas poluídas (ricas em matéria orgânica) de lagos, rios e estuários, sendo considerados bons indicadores ambientais (WETZEL, 1983).

A relação Oligochaeta/Oligochaeta + Chironomidae em geral aumenta com o enriquecimento orgânico do corpo d'água (HERGENRADER & LESSIG, 1980). Este fato foi verificado no rio Piumhi, onde o maior valor desta proporção foi registrado

durante os períodos chuvosos (março de 2007 e de 2008). Em ambientes eutrofizados, como a represa de Bariri no rio Tietê, Pamplin (2004) encontrou um valor para a relação entre Oligochaeta e Chironomidae de 0,94, o que evidencia a eutrofização daquele local. Para C6 (1979) os oligoquetos s6o favorecidos pelo acr6scimo do suprimento de material org6nico no sedimento, principalmente nos sistemas com elevada polui76o org6nica.

Os representantes das fam6lias Baetidae, Leptohiphidae e Leptophlebiidae ocorreram no rio Piumhi, enquanto que Caenidae, Leptophlebiidae, Leptohiphidae e Polymitarciidae ocorreram no rio S6o Francisco. Para Goulart & Callisto (2005) a distribui76o e abund6ncia de ninfas de Ephemeroptera s6o determinadas principalmente pela temperatura, tipo de substrato e da qualidade da 6gua. Salles et al. (2004) afirmam que os efemer6pteros s6o extremamente abundantes e ocupam praticamente todos os mesoh6bitats dispon6veis, tanto em 6reas de remanso quanto em locais de forte correnteza.

No rio S6o Francisco foram identificados insetos aqu6ticos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera e no rio Piumhi somente das ordens Ephemeroptera e Trichoptera. As larvas de EPT s6o sens6veis 6 polui76o e servem como bons indicadores de condi76es ambientais (BROWN, 1997; BUSS et al., 2002; BUSS & SALLES, 2007). Segundo Galdean et al. (2001), nos rios onde o leito 6 coberto por pedras, cascalho e areia, a diversidade de macro-invertebrados 6 elevada e s6o registradas altas freq6ncias de Ephemeroptera e Trichoptera em est6gios imaturos.

No rio Piumhi o maior valor do 6ndice de diversidade foi 3,84 bits/ind. registrado em outubro de 2007, enquanto que no rio S6o Francisco o maior valor (4,14 bits/ind.) ocorreu em mar76o de 2008. 6 poss6vel que a maior estabilidade ambiental do per6odo seco justifique a elevada diversidade registrada rio Piumhi. Bueno et al. (2003), ao estudar dois cursos d'6gua no Rio Grande do Sul, observaram valores que variaram entre 1,00 bits/ind. e 3,58 bits/ind. Guerreschi & Mel6o (1997), ao estudar os macro-invertebrados bent6nicos do rio Monjolinho (SP), o qual recebe toda a carga de esgoto da cidade de S6o Carlos (SP), verificaram em uma das esta76es de coleta com qualidade de 6gua muito pobre, o valor de 0,02 bits/ind. para o mesmo 6ndice.

Normalmente elevados valores de diversidade s6o encontrados em locais com baixo grau de perturba76o (MAGURRAN, 1991). De acordo com Vinson & Hawkins (1998), a alta diversidade relaciona-se com a complexidade e heterogeneidade do habitat, sendo que a riqueza de esp6cies aumenta com a heterogeneidade do habitat e a

abundância total dos organismos com a disponibilidade de alimento. A estabilidade do substrato e a presença de detritos orgânicos parecem ser determinantes no aumento da equitabilidade e da diversidade (ALLAN 1995; BEISEL et al., 1998). Em contrapartida, Bispo & Oliveira (1998) ressaltaram que na estação chuvosa, as perturbações causadas pelo aumento da vazão e da turbidez provocam a diminuição do perifíton, fonte de alimento da macrofauna, proporcionando uma diminuição da riqueza de táxons. Este fato foi verificado somente no rio Piumhi com 44 táxons registrados no período seco (outubro de 2007). Já no rio São Francisco os maiores valores do índice de diversidade e de riqueza de táxons foram registrados no período chuvoso (março de 2007). É possível que a maior preservação ambiental e maior cobertura vegetal deste rio favoreça a produção de folhicho, que serve de alimento e abrigo para as larvas de insetos (BUENO et al., 2003; AYRES-PERES et al., 2006). Além disso, de acordo com Petts (1994) e Thomaz et al. (1997), nos rios de planícies de inundação, há maior diversidade de habitats e em consequência de fontes de recursos alimentares e de adaptações tróficas que propiciam a manutenção de uma considerável biodiversidade.

Os valores dos índices BMWP e BMWP-ASPT e FBI obtidos para o rio São Francisco foram mais constantes e corresponderam a uma qualidade de água melhor quando comparados como aos valores obtidos para as águas do rio Piumhi. Para o índice BMWP-ASPT a qualidade da água no rio São Francisco variou entre poluição moderada e qualidade duvidosa, enquanto que no Rio Piumhi ocorreu uma variação maior entre os períodos amostrados, sendo a qualidade da água classificada com poluição severa (outubro de 2006 e março de 2008), poluição moderada (março de 2007) e qualidade duvidosa (outubro de 2007). Para Goulart & Callisto (2003), uma melhora da qualidade da água e ganho de biodiversidade aquática podem ser observados em regiões onde ainda não ocorreu a desestruturação do ambiente físico, químico e alterações na dinâmica natural das comunidades biológicas, como é o caso do rio São Francisco.

O índice biótico de família (FBI) apontou também para águas com qualidade entre moderada e boa em ambos os rios em estudo. Estes resultados contrariaram em parte o esperado para o rio São Francisco, uma vez que aparentemente este local se encontraria em melhor estado de conservação, com vegetação ripária e mata ciliar preservada. No trecho do rio Piumhi, que apresenta visível impacto antrópico, com vegetação marginal degradada sob influência direta da pecuária, este índice apontou também para uma qualidade de água moderada.

Os diferentes índices bióticos utilizados BMWP, BMWP-ASPT e FBI refletiram de maneira geral as condições da qualidade de água nos trechos dos rios estudados, porém não há um único índice biótico que possa ser recomendado como o mais indicado, uma vez que todos apresentaram certa discordância das classificações obtidas com base nas análises físicas e químicas para os períodos amostrados.

Os ecossistemas aquáticos fazem parte de uma rede interativa entre os compartimentos terrestre e aquático com os organismos co-existindo em seu ambiente físico, químico e biológico. Os fluxos que circulam internamente nessas redes consistem na biomassa, na energia e na informação biológica (CROPP & GABRIC, 2002). Esses fluxos fornecem a informação dinâmica para a manutenção da saúde dos ecossistemas (VALANDRO et al., 2003), além de fornecer informações sobre a biodiversidade local, produtividade secundária e interações tróficas (CALLISTO et al., 2001a). O valor total de biomassa registrado no rio São Francisco foi cerca de 4 vezes maior que o valor determinado no rio Piumhi. Os táxons *Phyllocycla* e *Gomphoides* apresentaram os maiores valores de biomassa no rio Piumhi e no rio São Francisco, respectivamente. Os táxons que contribuíram com maior fração da biomassa (>10%) no rio Piumhi foram *Phyllocycla* seguido por *Corbicula fluminea*, *Polypedilum* e *Ambrysus*, enquanto que no rio São Francisco as maiores contribuições em biomassa foram as de *Gomphoides*, *Corbicula fluminea* e *Phyllocycla*.

Phyllocycla e *Gomphoides*, gêneros da família Gomphidae, apresentaram os maiores valores de biomassa, revelando assim seu potencial de transferência de energia para outros níveis da cadeia trófica. Segundo Carvalho & Nessimian (1998), os Gomphidae tendem a ser alongados, fusiformes, com patas curtas fossoriais, tegumento rígido e com coloração parda e são adaptados a preda outros animais enterrados no substrato.

O segundo maior valor de biomassa nos dois rios em estudo foi o de *Corbicula fluminea*, provavelmente devido à disponibilidade de alimento local. Este bivalve exótico, conhecido como “Asia clam”, é originário da China e foi introduzido na América do Norte como alimento, pelos chineses, ao redor de 1920. É hermafrodita e utiliza diferentes tipos de substratos para a sobrevivência. Smith et al. (1982) relatam que esta espécie é filtradora de partículas finas e detritos e sua biomassa consiste basicamente de carbono vindo do fitoplâncton ou do bacterioplâncton (VAUGHAN & HAKENKAMP, 2001) presentes nos corpos d’água.

As larvas de *Polypedilum* naturalmente têm um corpo pequeno, mas por serem herbívoras e coletoras (COFFMAN & FERRINGTON, 1996), o ambiente pode ter oferecido uma grande diversidade de recursos tróficos, como perifiton, detritos vegetais e partículas finas de matéria orgânica que favoreceu a sua abundância no rio Piumhi. De acordo com Trivinho-Strixino & Strixino (1993), coletores e filtradores constituem os grupos herbívoros-detrítivos de maior participação, em detrimento de fragmentadores, dada à baixa digestibilidade das macrófitas vivas e da madeira, principais itens alimentares explorados por esse último grupo.

Os menores valores de biomassa foram registrados para *Hemerodromia* sp (Empididae) no rio Piumhi e para *Hemerodromia* sp (Empididae) e *Lopesia* sp (Cecidomyiidae) no rio São Francisco. A família Empididae possui larvas predadoras que vivem entre pedras no fundo de córregos rápidos ou habitam zonas marginais de rios e córregos (EPA, 2009). A outra família de Diptera, a Cecidomyiidae, pode ser encontrada em material vegetal em decomposição, em fungos, plantas e entre colônias de ácaros e insetos. Suas larvas se alimentam de fungos dentro de húmus ou madeira deteriorada (GAGNÉ, 1994).

A utilização de diferentes métricas, como riqueza de táxons, abundância numérica, biomassa, produtividade, entre outras é recomendável para o melhor entendimento do papel dos diferentes grupos em qualquer comunidade (MANGEL & LEVIN, 2005).

A maior riqueza funcional foi observada no rio Piumhi com 7 grupos funcionais, no entanto, em ambos os rios a maior diversidade e representatividade destes grupos ocorreram nos períodos secos quando comparados aos períodos chuvosos. Callisto et al. (2001a) afirmam que a diferença de grupos tróficos durante os períodos secos e chuvosos pode estar relacionada à mistura de habitats causada pelas chuvas, reduzindo assim a riqueza dos grupos tróficos funcionais.

No rio Piumhi, considerando-se os períodos amostrados (exceto outubro de 2006), verificou-se que coletores-catadores foram os grupos tróficos funcionais predominantes. Este padrão corrobora com o esperado pela teoria do “River Continuum-Concept” (RCC) (VANOTTE et al., 1980) em que na porção final do rio, como é o caso do rio Piumhi, há a dominância de coletores por predominarem partículas finas, já trabalhadas. No rio São Francisco, para o trecho estudado (distante da nascente e da foz) também predominou o grupo dos coletores, porém segundo Sedell et al. (1989) a teoria

do RCC é fundamentada em estudos de riachos e não se aplique necessariamente a grandes rios como é o caso do rio São Francisco.

A baixa riqueza e abundância de grupos tróficos funcionais no rio São Francisco possivelmente resulta da maior velocidade de correnteza deste rio que dificulta a disponibilidade de recursos no ambiente. Durante os períodos secos, em ambos os rios estudados, o grupo coletor/catador foi o mais abundante. Sanseverino et al. (1998) ao estudar a distribuição das larvas de Chironomidae na Serra do Subaio (RJ) também observaram que a categoria dos coletores predominou em todos os biótopos estudados. Para Callisto et al. (2001a), o habitat pode oferecer proteção ou impedir a fixação dos invertebrados bentônicos a certos ambientes, desta forma, favorecendo a ocorrência de certos grupos tróficos funcionais.

A estrutura da comunidade de macro-invertebrados bentônicos de ambos os rios em estudo variou significativamente entre os períodos amostrados, sendo que no rio São Francisco a maior abundância absoluta foi registrada no período chuvoso (março de 2007) enquanto que no rio Piumhi esta ocorreu no período seco (outubro de 2007). No rio Piumhi, em outubro de 2007, *Lopescladius* foi o táxon mais representativo e segundo Coffman & Ferrington (1996) os gêneros de Orthocladiinae são considerados organismos característicos de ambientes lóticos, sendo mais frequentes em áreas onde a velocidade da corrente é maior.

Os resultados da análise de agrupamento (Cluster) apontam diferenças na composição de macro-invertebrados e os ambientes estudados, principalmente durante os períodos de amostragem. No rio Piumhi ocorreu uma separação entre os organismos bentônicos e os pontos amostrados nos períodos secos e aqueles registrados nos períodos chuvosos. No rio São Francisco esta similaridade sazonal não foi verificada. Neste rio, apesar do mês de março de 2007 ter sido considerado um período chuvoso, este mês comportou-se como um período atípico de cheia, assemelhando-se muito aos períodos secos e, portanto, os macro-invertebrados coletados em março de 2007 foram mais similares aos registrados em outubro de 2006 e de 2007.

O sedimento de ecossistemas aquáticos exerce um papel importante na estruturação das comunidades de macro-invertebrados bentônicos, pois é formado por uma grande variedade de materiais orgânicos e inorgânicos de origem autóctone e alóctone e responsável pela disponibilidade de habitats, microhabitats, alimentos e proteção dos organismos (RICHARDS et al. 1993; CALLISTO & ESTEVES, 1996). Segundo Resh & Rosenberg (1984), o substrato é o meio físico sobre o qual os

invertebrados aquáticos se movem, descansam, procuram alimento, encontram abrigo (dos predadores, da corrente ou de alterações ambientais), constroem casa e depositam ovos.

No rio Piumhi, a análise de correspondência canônica resultou na associação dos táxons *Djalmabatista* morfotipo II, *Paratendipes*, *Tanytarsus*, *Cladopelma*, *Polypedilum* com as partículas finas no sedimento (areia fina, silte, argila) e elevadas concentrações de matéria orgânica. Segundo Coffman & Ferrington (1996) *Djalmabatista* é considerado predador-engolidor, podendo alimentar-se de folhas mortas, fragmentos de madeira e de detritos (HENRIQUES-OLIVEIRA et al., 2003). Silva et al. (2009b) verificaram a associação desse gênero com maiores concentrações de matéria orgânica no rio Batalha, SP. Os representantes do gênero *Polypedilum* são considerados oportunistas, vivendo bem em qualquer ambiente (SANSEVERINO & NESSIMIAN, 1998). Para Brandimarte & Shimizu (1996) o gênero *Tanytarsus* é habitante de substrato arenoso e algumas espécies necessitam de ambientes com baixo fluxo de água, já que são construtoras de casulos (EPLER, 1995).

Os táxons *Dicrotendipes*, *Microtendipes*, Complexo *Harnischia* morfotipo I, *Thienemanniella* sp1, *Cryptochironomus*, *Caladomyia* morfotipo I, *Caladomyia* morfotipo III, *Pentaneura*, *Cricotopus*, *Harnischia* sp3 e *Lopescladius* presentes no rio Piumhi relacionaram-se com a predominância de areia média no sedimento. No rio São Francisco, *Rheotanytarsus*, *Tanytarsus*, *Caladomyia* morfotipo III, *Lopescladius*, *Labrundinia*, Procladini NI, *Ablabesmyia*, *Aedokritus* e Complexo *Harnischia* morfotipo I associaram-se aos sedimentos mais finos com teores mais elevados de nitrogênio no sedimento, enquanto que *Onconeura*, *Thienemanniella* sp1, *Paratendipes*, *Chironomus*, *Cryptochironomus*, *Pentaneura*, *Djalmabatista* morfotipo I e *Polypedilum* foram registrados nos pontos com substrato arenoso (areia fina e média). Nessimian & Sanseverino (1998) mencionam que *Lopescladius* é coletor e filtrador, habitando preferencialmente áreas de deposição nos rios. Epler & Pinder (1995) relatam que vários gêneros do complexo *Harnischia* são apontados como característicos de substrato arenoso. *Dicrotendipes* é habitante de lama (LARNON & CARTER, 2000), vive freqüentemente associado à vegetação submersa (EPLER, 1992) e é característico de áreas impactadas. *Caladomyia* é um gênero encontrado em ambientes de pouca profundidade com substratos ricos em matéria orgânica (TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO, 1991). *Nilothauma*, *Paratendipes* e *Labrundinia* estão relacionados a condições ambientais características de áreas pouco impactadas, sendo considerados

intolerantes a impactos ambientais, indicando a possibilidade de utilização destes grupos como indicadores ambientais (ROQUE et al., 2000).

Para Lenat et al. (1981), o substrato arenoso geralmente é um lugar de instabilidade, mas durante períodos de baixa vazão (período seco), este substrato pode tornar-se estável, permitindo dessa forma o crescimento de perifiton e sua associação com macro-invertebrados.

No rio Piumhi, *Rheotanytarsus*, *Ablabesmyia*, *Chironomus*, *Caladomyia* morfotipo II associaram-se com as concentrações de nitrogênio no sedimento e com a areia grossa. *Harnischia* sp3, *Djalmabatista* morfotipo II, *Caladomyia* morfotipos I e IV, *Caladomyia* cf. *ortoni*, *Fissimentum*, *Endotribelos*, *Microtendipes*, *Beardius*, *Coelotanypus* e *Cladopelma* ocorreram em vários pontos do rio São Francisco (outubro de 2007) com a predominância da fração areia grossa e associaram-se com elevados teores de fósforo no sedimento. Em ambos os rios as associações destes táxons indicam um enriquecimento por nutrientes e possivelmente uma maior disponibilidade de alimento. Segundo Barbosa & Callisto (2000) o gênero *Chironomus* tem preferência por habitats ricos em matéria orgânica em decomposição e baixas concentrações de oxigênio, ambientes considerados de baixa qualidade de água. Os gêneros do Complexo *Harnischia* geralmente habitam os sedimentos arenosos em áreas de deposição (SANSEVERINO & NESSIMIAN, 2001). Trivinho-Strixino & Strixino (2000) relatam a presença de *Beardius* associada à madeira e Trivinho-Strixino & Strixino (1998) e Henriques-Oliveira et al. (2003) apontam a madeira como uma das principais fontes de alimento deste táxon. Para Siqueira & Trivinho-Strixino (2005) *Endotribelos* também pode estar relacionado com o aporte de restos vegetais da mata ciliar.

Organismos pertencentes aos táxons *Nilothauma*, *Thienemannimyia*, *Cricotopus*, *Axarus* foram coletados no rio São Francisco durante os períodos secos e relacionaram-se com a alta concentração de matéria orgânica, silte e argila no sedimento. *Axarus* é característico de água limpa (MARCHESE & EZCURRA DE DRAGO, 1999) o que pode explicar a sua ausência no rio Piumhi. Para Beé (2008) *Thienemannimyia* e *Cricotopus* vivem em áreas de erosão, sendo o primeiro habitante de substrato composto por laje e o segundo composto por laje e folhiço.

Na análise de correspondência canônica entre as variáveis limnológicas da água e os Chironomidae verificou-se que no rio Piumhi os táxons *Tanytarsus*, *Cricotopus*, *Caladomyia* morfotipo III e Complexo *Harnischia* morfotipo I relacionaram-se com elevados valores de temperatura e condutividade. Já *Thienemanniella* sp1, *Harnischia*

sp3, *Caladomyia* morfotipo I, *Cladopelma*, *Ablabesmyia*, *Polypedilum*, *Djalmabatista* morfotipo II e *Paratendipes* associaram-se com pH. Os táxons *Rheotanytarsus* e *Chironomus* estiveram presentes nos pontos com elevados valores de vazão. Elevadas concentrações de fósforo total e oxigênio dissolvido na água determinaram a presença de *Cryptochironomus*, *Microtendipes*, *Caladomyia* morfotipo II, *Dicrotendipes*, *Pentaneura* e *Lopescladius*. Para Wiederholm (1986) *Rheotanytarsus* vive associado às macrófitas aquáticas e se beneficia com a maior velocidade da água, possuindo espécies que são tipicamente reobiontes. Shimizu (1978) relata que as larvas de *Cryptochironomus* são sensíveis a baixos teores de oxigênio dissolvido e segundo Kuhlmann (1993), o gênero *Polypedilum* vive em locais com altos teores deste gás. Rae (1989) caracteriza *Chironomus* como facultativo, podendo se estabelecer tanto em ambientes enriquecidos com baixa concentração de oxigênio, como em ambientes de águas limpas e oxigenadas.

No rio São Francisco, os táxons *Endotribelos*, *Polypedilum* e *Caladomyia* morfotipo IV apresentaram uma associação com o nitrogênio total. *Dicrotendipes*, *Paratendipes*, *Thienemanniella* sp1, *Djalmabatista* morfotipo I, *Onconeura*, *Chironomus*, *Cryptochironomus*, *Ablabesmyia* e *Pentaneura* associaram-se com a vazão e com elevados teores de fósforo na água. Os elevados valores de pH, temperatura e condutividade tiveram associação com *Beardius*, *Coelotanypus*, *Microtendipes*, *Axarus*, *Harnischia* sp3, *Fissimentum*, *Cladopelma*, *Caladomyia* morfotipo I, *Djalmabatista* morfotipo II, *Cricotopus* e *Caladomyia* cf. *ortoni*. Os táxons *Rheotanytarsus*, *Thienemanimyia*, *Procladini* NI, *Labrundinia*, *Tanytarsus*, Complexo *Harnischia* morfotipo I, *Aedokritus*, *Nilothauma*, *Lopescladius* e *Caladomyia* morfotipo III ocorreram nos pontos com elevados valores de oxigênio dissolvido na água. *Tanytarsus* é encontrado habitando locais não muito profundos, onde as concentrações de oxigênio dissolvido são elevadas (PINDER, 1995), podendo também estar relacionada às condições oligotróficas (GALDEAN et al., 2000). De acordo com Oliveira et al. (1997) as inundações causadas pelas intensas precipitações pluviométricas interferem na abundância dos invertebrados bentônicos, pois provocam o surgimento de novos habitats e alteram a correnteza e a vazão do rio. O aumento da vazão faz com que os organismos que possuem resiliência (capacidade de rápida colonização após uma perturbação ambiental) e resistência sejam aquelas mais encontradas nos períodos pós-cheias.

As frações granulométricas do sedimento constituem variáveis explicativas algumas vezes mais eficientes que as variáveis físicas e químicas da água, tradicionalmente utilizadas pelos limnólogos (WARD, 1992). Nesse sentido, a composição granulométrica, por exercer papel importante na estruturação das comunidades de macro-invertebrados bentônicos, pode ser determinante para as alterações verificadas nesta comunidade em decorrência de impactos antrópicos que ocasionam o assoreamento e diversas modificações na natureza física dos sedimentos aquáticos (FONSECA et al., 1998).

As análises de correspondência canônica para as características do sedimento e para as variáveis físicas e químicas da água permitiram uma explicação da variabilidade dos dados relacionando as limnológicas aos gêneros de Chironomidae presentes nos rios Piumhi e São Francisco, apesar de um mesmo táxon ter sido relacionado a diferentes variáveis quando foram considerados diferentes locais amostrados ou períodos.

Considerando-se a importância do rio São Francisco no contexto econômico e ecológico, estudos mais amplos e ao longo de toda a sua bacia hidrográfica devem ser realizados visando ampliar o conhecimento e a preservação da estrutura biótica e abiótica deste ecossistema.

7. CONCLUSÕES

- Existem divergências quanto à qualidade de água dos trechos estudados no alto rio São Francisco e no rio Piumhi quando avaliada com base nas características físicas e químicas e nos indicadores biológicos da comunidade bentônica. Estudos posteriores com base em outras comunidades (fitoplâncton e zooplâncton) poderão esclarecer melhor as divergências observadas.

- Os sedimentos dos rios Piumhi e São Francisco embora predominantemente minerais, diferem quanto à sua natureza granulométrica (sendo a do primeiro arenosa e a do segundo areno-argilosa) com possíveis reflexos na retenção de poluentes e na estrutura de suas comunidades.

- A comunidade de macro-invertebrados bentônicos do rio São Francisco teve maior riqueza taxonômica e diversidade do que a do rio Piumhi. O melhor estado de conservação do rio São Francisco neste trecho da bacia é provavelmente responsável

pela maior riqueza e diversidade de táxons. Desta forma a primeira hipótese formulada foi aceita.

- As comunidades de macro-invertebrados dos rios Piumhi e São Francisco tiveram baixa similaridade em relação à composição taxonômica, sendo 38 táxons com ocorrência exclusiva no rio São Francisco e 21 no rio Piumhi. Estas diferenças possivelmente decorrem das perturbações antrópicas no rio Piumhi, tanto as referentes ao antigo distúrbio da transposição quanto aos distúrbios mais recentes como o desmatamento e assoreamento.

- No rio Piumhi foram registradas maiores densidades populacionais de macro-invertebrados do que no rio São Francisco, provavelmente em decorrência das perturbações que levam a uma maior abundância numérica e dominância de táxons mais resistentes. Desta forma a segunda hipótese formulada foi aceita.

- A riqueza de táxons e densidade dos macro-invertebrados bentônicos variou em ambos os rios São Francisco e Piumhi, porém somente no rio Piumhi houve um padrão definido, diretamente relacionado à sazonalidade. Desta forma a terceira hipótese formulada foi rejeitada para o rio São Francisco e aceita para o rio Piumhi.

- Apesar da elevada abundância e densidade de Chironomidae na comunidade de macro-invertebrados bentônicos de ambos os rios estudados, os táxons com maior contribuição em biomassa foram *Phyllocycla* no rio Piumhi e *Gomphoides* no rio São Francisco, ambos da Ordem Odonata. Desta forma, ambas as métricas, abundância numérica e biomassa foram imprescindíveis para a avaliação do papel funcional dos táxons individuais.

- O grupo trófico funcional mais abundante em ambos os rios, na maioria dos períodos amostrados foi o dos coletores. Desta forma a quarta hipótese formulada foi aceita.

- Todos os índices bióticos utilizados indicaram a existência de poluição moderada, podendo ser tomados como um alerta precoce de degradação neste trecho da bacia do alto rio São Francisco.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABÍLIO, F.J.P. **Gastrópodes e outros invertebrados bentônicos do sedimento litorâneo e associado a macrófitas aquáticas em açudes do semi-árido paraibano, nordeste do Brasil.** 175f. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2002.

ABRAMOVITZ, J.N. Sustaining freshwater ecosystems. In: BROWN, L.R. (Ed.). **State of the world 1996.** World Watch Institute Report. W.W. Norton, 1996. p. 60-77.

ABURAYA, F.H.; CALLIL, C.T. Variação temporal de larvas de Chironomidae (Diptera) no alto Rio Paraguai (Cáceres, Mato Grosso, Brasil). **Revista Brasileira de Zoologia**, v.24, n.3, p. 565-572, 2007.

ALABASTER, J.S.; LLOYD, R. **Water quality criteria for freshwater fish.** 2nd ed. London: FAO/Butterworth Scientific, 1982. 361p.

ALHO, C.J.R.; LACHER JR., T.E.; GONÇALVES, H.C. Environmental degradation in the Pantanal Ecosystem. **BioScience**, v. 38, n.3, p. 164-171, 1988.

ALLAN, J.D. **Stream ecology - structure and function of running waters.** London, Chapman & Hall, 1995. 388p.

ALLAN, J.D. Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematics**, v. 35, p. 257-284, 2004.

ALVES, R.G.; LUCCA, J.V. Oligochaeta (Annelida: Clitellata) como indicador de poluição orgânica em dois córregos pertencentes à Bacia do Ribeirão do Ouro Araraquara (São Paulo-Brasil). **Brazilian Journal of Ecology**, v.4, n.1-2, p. 112-117, 2000.

ALVES, R.G.; MARCHESE, M.R.; ESCARPINATI, S.C. Oligochaeta (Annelida, Clitellata) in lotic environments in the state of São Paulo, Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, v. 96, n. 4, p. 431-435, 2006.

ANDERSEN, J.M. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. **Water Resources**, v.10, p. 329-331, 1976.

ANDRADE, H.T.A., SANTIAGO, A.S.; MEDEIROS, J.F. Estrutura da Comunidade de Invertebrados Bentônicos com Enfoque nos Insetos Aquáticos do Rio Piranhas- Assu, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Entomo Brasilis**, v. 1, n. 3, p. 51-56, 2008.

APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 21^a ed., 2002. 1268p.

AYRES-PERES, L.; SOKOLOWICZ, C.C.; SANTOS, S. Diversity and abundance of the benthic macrofauna in lotic environments from the central region of Rio Grande do Sul State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 3, p. 1-10, 2006.

BAKER, H.G. Characteristics and modes of origin of weeds. In: BAKER, H.G.; STEBBINS, G.L. (Eds.). **The Genetics of Colonizing Species**. Academic Press. New York, 1965. p. 147-168.

BALLESTER, M.V. et al. Effects of increasing organic matter loading on the dissolved O₂, free dissolved CO₂ and respiration rates in the Piracicaba river basin, southeast Brazil. **Water Research**, v. 33, n. 9, p. 2119-2129, 1999.

BAPTISTA, D.F. et al. Distribuição de comunidade de insetos aquáticos no gradiente longitudinal de uma bacia fluvial no sudeste brasileiro. In: NESSIMIAN, J.L.; CARVALHO, A.L. (Eds.). **Ecologia de insetos aquáticos**. Series Oecologia Brasiliensis, Vol. V, PPGE-UFRJ, 1998. p. 191-207.

BARBOSA, F.A.R.; CALLISTO, M. Rapid assessment of water quality and diversity of benthic macroinvertebrates in the upper and middle Paraguai River using the Aqua-Rap approach. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 27, p. 2688-2692, 2000.

BARBOSA, D.S. **Limnologia do rio Uberaba (MG) e a utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores das modificações ambientais**. 158f. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

BARMUTA, L.A. Interaction between the effects of substratum, velocity and location on stream benthos: an experiment. **Australian Journal of Marine and Freshwater**, v. 41, p. 557-573, 1990.

BARNES, R.D. **Zoologia dos invertebrados**. 4 ed. São Paulo: Roca, 1984. 1179p.

BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R. & FILHO, H.F.L. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. EDUSP & FAPESP, 2001. p. 187-207.

BARROS, M.V.F. et al. Identificação das ocupações irregulares nos fundos de vale da cidade de Londrina/PR por meio de imagem LANDSAT 7. **R. RA'EGA**, v. 7, p. 47-54, 2003.

BAYLEY, P.B. Aquatic Environments in the Amazon Basin, with an analysis of carbon sources, fish production, and yield. In: DODGE, D.P. (Ed.). **Proceedings of the International Large River Symposium**. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Science, 1989. p. 399-408.

BEÉ, M.E.T. **Ecologia de larvas de Chironomidae (Diptera) no Rio Irani, Santa Catarina, Brasil**. 63f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação da Universidade Comunitária Regional de Chapecó, 2008.

BEISEL, J.N. et al. Stream community structure in relation to spatial variation: the influence of mesohabitat characteristics. **Hydrobiologia**, v. 389, p. 73-88, 1998.

BERG, H.B. Larval food and feeding behaviour. In: ARMITAGE, P.D.; CRANSTON, P.S.; PINDER, L.C.V. (Eds.). **The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges**. London: Chapman and Hall, 1995. cap. 7, p. 136-168.

BERNHARDT, E.S. et al. Synthesizing U.S. River restoration efforts. **Science**, v. 308, p. 636-637, 2005.

BISPO, P.C.; OLIVEIRA, L.G. Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do Parque Ecológicos de Goiânia, Estado de Goiás. In: NESSIMIAN, J.L. & CARVALHO, A.L. (Eds.). **Ecologia de Insetos Aquáticos**. Series Oecologia Brasiliensis, vol. 5, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, 1998. p. 175-189.

BLEICH, M.E.; DA SILVA, C.J.; ROSSETE, A.N. Variação temporal e espacial das características limnológicas de um ecossistema lótico no Cerrado do Mato Grosso. **Biotemas**, v. 22, n. 2, p. 161-171, 2009.

BLUM, W.E.H. Ecossistemas florestais: ciclo dos bioelementos. **Floresta**, Curitiba, v. 9, n.1, p. 39-51, 1978.

BOLTOVSKOY, D.; TELL, G.; DADON, R. Afinidad entre comunidades bentónicas de un ambiente lótico. In: LOPRETTO, E.C. & TELL, G. (Eds.). **Ecosistemas de aguas continentales: metodologías para su estudio**. Argentina, Ed. Sur, Tomo I, 1995. p. 203-214.

BORRELY, S.I. **Redução da toxicidade aguda de efluentes industriais e domésticos tratados por irradiação com feixes de elétrons, avaliada com as espécies *Vibrio fischeri*, *Daphnia similis* e *Poecilia reticulata***. 113f. Tese de Doutorado. IPEN, São Paulo, 2001.

BRANDIMARTE, A. L.; SHIMIZU, G.Y. Temporal and spatial variations in littoral benthic communities of Paraibuna reservoir (São Paulo, Brazil). **Tropical Ecology**, v. 37, n. 2, p. 215- 222, 1996.

BRANDIMARTE, A.L. et al. Amostragens de invertebrados bentônicos. In: BICUDO, C.E.M., & BICUDO, D. (Eds.). **Amostragem em limnologia**. São Carlos, Rima, 2004. p. 213-230.

BRINKHURST, R.O.; JAMIESON, B.G.M. **Aquatic Oligochaeta of the world**. University of Toronto Press, 1971. 860p.

BRINKHURST, R.O.; MARCHESE, M. **Guía para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de Sudy Centroamérica**. 2nd edición. Asociación de Ciencias Naturales del Litoral, Colección Climax 6, Santo Tomé, 1992. 207p.

BRINKHURST, R.O.; CHUA, K.; KAUSHIK, N. Interspecific interactions and selective feeding by tubificid oligochaetes. **Limnology and Oceanography**, v.17, p. 122-133, 1972.

BROOKS, A.J. et al. Hydraulic microhabitats and the distribution of macroinvertebrate assemblages in riffles. **Freshwater Biology**, v. 50, p. 331 – 344, 2005.

BROWN, KS. Diversity, disturbance and sustainable use of neotropical forests: insect as indicators for conservation monitoring. **Journal of Insect Conservation**, v.1: p. 25-42, 1997.

BROWN, I.F.; SILVA FILHO, E.V.; OVALLE, A.R.C. Measurement of bulk and acidic deposition at tree canopy level in a subtropical premontane wet forest, RJ. **Biotropica**, v. 21, n. 1, p.15-19, 1989.

BUCKMAN, H.O.; BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 5ªed., Freitas Bastos, 1979. 85p.

BUENO, A.A.P.; BOND-BUCKUP, G.; FERREIRA, B.D.P. Estrutura da comunidade de invertebrados bentônicos em dois cursos d' água do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 115-125, 2003.

BUSS, D.F.; SALLES, F.F. Using Baetidae species as biological indicators of environmental degradation in a Brazilian river basin. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 130, p. 365-372, 2007.

BUSS, D.F. et al. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river basin in south-east Brazil. **Hydrobiologia**, v. 481, p.125-136, 2002.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural. **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 8, p. 115-126, 1996.

CALLISTO, M.; GONÇALVES JÚNIOR, J.F. Bioindicadores Bentônicos. In: ROLAND, F., CÉSAR, D.; MARINHO, M. (Eds.). **Lições de Limnologia**, 2005. p. 371-379.

CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F.A.R. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 61, n. 2, p. 259-266, 2001a.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramentas para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001b.

CALLISTO, M. et al. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 34, p. 91-98, 2002.

CALLISTO, M.; et al. Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts, and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 4, p. 743-755, 2004.

CAMARGO, M.N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J.H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 12, n. 1, p. 11-33, 1987.

CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, p. 361-369, 1977.

CARVALHO, A.L.; NESSIMIAN, J.L. Odonata do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: Hábitats e hábitos das larvas. In: J NESSIMIAN, L.; CARVALHO, A.L. (Eds.). **Ecologia de Insetos Aquáticos**. Series Oecologia Brasiliensis. Vol. V, Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, 1998. p. 3-28.

CHAMPION, M.; CURRIE, D.J. Phosphorus-chlorophyll relationship in lakes, rivers and estuaries. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 27, p. 1986-1989, 2000.

CHESSMAN, B.C. Predicting the macroinvertebrate faunas of rivers by multiple regression of biological and environmental differences. **Freshwater Biology**, v. 41, p. 747-757, 1999.

CÓ, L.M. **Distribuição de Oligochaeta na Represa do Lobo (Estado de São Paulo, Brasil)**. 169f. Dissertação de Mestrado, São Carlos, PPGERN/UFSCar, 1979.

COFFMAN, W.P.; FERRINGTON, L.C. Chironomidae. In: MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. (Eds.). **An Introduction to the aquatic insects of North America**. Kendall, 1988. p. 551-652.

COFFMAN, W.P.; FERRINGTON, L.C. Chironomidae. In: MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. (Eds.). **An introduction to the aquatic insects of North America**. Dubuque: Kendall Hunt, 1996. 722p.

COFFMAN, W.P.; CUMMINS, K.W.; WUYCHECK, J.C. Energy flow in a woodland stream ecosystem. I. Tissue support thophic structure of the autumnal community. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 68, p. 232-276, 1971.

COLE, G. **Textbook of Limnology**. 2 ed. The C.V. Mosby Company. Missouri, 1979. 425p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL-CETESB. **Água – Índice de estado trófico**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 10/09/2009.

COOPER, S.D. et al. Quantifying spatial heterogeneity in streams. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 16, p. 174-188, 1997.

COSTA, J.M.; SOUZA, L.O.I.; OLDRINI, B.B. Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: Comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata). **Publicações Avulsas do Museu Nacional**, v. 99, p. 3-42, 2003.

COSTA, L.L.F. et al. Determinação de herbicidas usados no cultivo de arroz irrigado na região sul do Estado de Santa Catarina através da SPME-GC-ECD, **Química Nova**, v. 31, n. 1, p. 79-83, 2008.

COTA, L.R. et al. Rapid assessment of river water quality using an adapted BMWP index: a practical tool to evaluate ecosystem health. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 28, n. 1, p. 1713-1716, 2002.

COTTA, J.A.O. **Diagnóstico ambiental do solo e sedimento do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR)**. 116f. Dissertação de Mestrado. Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

COVICH, A.P.; PALMER, M.A.; CROWL, T.A. The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems – zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. **BioScience**, v. 49, p. 119-127, 1999.

CRANSTON, P.S. Introduction to the Chironomidae. In: ARMITAGE, P., CRANSTON, P.S. & PINDER, C.V. (Eds.), **The Chironomidae: the biology and ecology of non-biting midges**. Chapman & Hall, New York, 1995. p. 1-7.

CROPP, R.; GABRIC, A. Ecosystem adaptation: Do ecosystems maximize resiliense? **Ecology**, v. 83, n. 7, p. 2019-2026, 2002.

CRUZ, U.R.F. **Caracterização da comunidade fitoplanctônica no trecho final dos rios Piraquê-Açu e Piraquê-Mirim, Aracruz-ES**. 71f. Monografia de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Espírito Santo, 2004.

CUMMINS, K.W.; MERRITT, R.W.; ANDRADE, P.C.N. The use of macroinvertebrates functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environmental**, v. 40, n. 1, p. 69-89, 2005.

CUNHA, D.G.F.; CALIJURI, M.C. Variação do estado trófico de um rio tropical em curto período de tempo. In: XV SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, São Carlos. **Anais eletrônicos do XV SIICUSP**, 2007. Disponível em: < <http://www.usp.br/siicusp/Resumos/15Siicusp/82.pdf>> Acesso em: 12/12/2009.

CUNHA, D.G.F.; CALIJURI, M.C. Comparação entre os teores de matéria orgânica e as concentrações de nutrientes e metais pesados no sedimento de dois sistemas lóticos do Vale do Ribeira de Iguape, SP. **Engenharia Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 24-40, 2008.

CUNHA, D.G.F.; FALCO, P.B.; CALIJURI, M.C. Densidade fitoplanctônica e estado tróficos dos rios Canha e Pariquera-Açu, bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, SP, Brasil. **Ambi-Água**, v. 3, n. 2, p. 90-115, 2008.

DAJOZ, R. **Ecologia Geral**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1978. 472 p.

DI GIOVANNI, M.V.; GORETTI, E.; TAMANTI, V. Macrobenthos in Montedoglio Reservoir, central Italy. **Hydrobiologia**, v. 321, p. 17-28, 1996.

EDMUNDS, G.F.; WALTZ, R.D. Ephemeroptera. In: MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. (Eds.). **An introduction to aquatic insects of North America**. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company, 3rd edition, 1996. p. 123-163.

EDWARDS, P.J. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. V. Rates of cycling in throughfall and litter fall. Cambridge. **Journal of Ecology**, v. 70, p. 807-827, 1982.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **Biological criteria for the protection of aquatic life**. Columbus: Division of Water Quality Monitoring and Assessment, v.1-3, 1987. 120p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **Digital key to aquatic insects of North Dakota**. Disponível em: <http://www.waterbugkey.vcsu.edu/php/familykey.php>. Acesso em: 10/01/2009.

EPLER, J.H. **Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida**. Florida Department of Environmental Regulation, 1992. 301p.

EPLER, J.H. **Identification manual for the larval Chironomidae of Florida**. Revised edition, 1995. 319p.

EPLER, J.H. **Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina**. North Carolina Department of Environmental and Natural Resources – Division of Water Quality, 2001. 528p.

ESTEVEZ, F.A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência. 2ª edição, Rio de Janeiro, 1998. 602p.

EXTENCE, C.A. The effect of drought on benthic invertebrate communities in a lowland river. **Hydrobiologia**, v. 83, p. 217-224, 1981.

EZCURRA DE DRAGO, I.; MARCHESE, M.; MONTALTO, L. Benthic Invertebrates. In: IRIONDO, M; J PAGGI, C.; PARMA, J.E. (Eds.). **The Middle Paraná River: Limnology of Subtropical Wetland**. Springer Verlag, 2007. p. 251-275.

FARIA, M.L.; ALMEIDA, G.W. Monitoramento da fauna de macroinvertebrados bentônicos do Ribeirão Ipanema - Ipatinga, MG: uma comunidade bioindicadora da efetividade de programas de despoluição de cursos d'água II. **Principium online**. Iniciação Científica na Unileste-MG, Coronel Fabriciano, v.1, n. 2, p. 82-92, 2007.

FERNÁNDEZ, H.R.; DOMÍNGUEZ, E. **Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. Argentina: Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo. Universidad Nacional de Tucumán, 2001. 282p.

FERREIRA, W.; TAVARES, L.; CALLISTO, M. Índice biótico bentônico no biomonitoramento da bacia do rio das velhas. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, **Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Campo Grande, ABRH, v.1, 2009. p. 88-95.

FONSECA, J.J., GONÇALVES, J.F.Jr.; CALLISTO, M. C, N, P e composição granulométrica do sedimento em quatro ecossistemas lóticos amazônicos sob influência de uma mineração de bauxita. In: VIII SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA. **Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia**, São Carlos, v.8, 1998. p.1373-1380.

FRANÇA, J.S.; MORENO, P.; CALLISTO, M. Importância da composição granulométrica para a comunidade bentônica e sua relação com o uso e ocupação do

solo na bacia hidrográfica do Rio das Velhas (MG). In: VII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS. **Anais do VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos**. Porto Alegre, v. 7, 2006. p. 1-12.

FRISSELL, C.A. et al. A hierarchical framework for stream classification: viewing streams in a watershed context. **Environmental Management**, v. 10, p. 199-214, 1986.

FRITZSONS, E. et al. A influência da floresta ciliar sobre a temperatura das águas do Rio Capivari, região cárstica curitibana. **Floresta**, Curitiba, v.5, n.3, p. 395-407, 2005.

GAGNÉ, R.J. **The gall midges of Neotropical Regional**. Cornell University, Ithaca, 1994. 352p.

GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F.A.R. Lotic ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, v. 3, p. 545-552, 2000.

GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F.A.R. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal lotic ecosystems of Serra do Cipó (MG, Brazil). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, n. 2, p. 239-248, 2001.

GODINHO, A.L.; GODINHO, H.P. Breve visão do São Francisco, In: _____ (Eds.). **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 15-24.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHSTAND, M.A.M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1978. 213p.

GONÇALVES, J.F.Jr.; CALLISTO, M.; FONSECA, J.J. Relações entre a composição granulométrica do sedimento e as comunidades de macroinvertebrados bentônicos nas lagoas Imboassica, Cabiúnas e Comprida (Macaé, RJ). In: ESTEVES, F. (Ed.). **Ecologia das lagoas costeiras do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba e do Município de Macaé (RJ)**. UFRJ, v. 1, 1998. p. 299-310.

GORDON, N.D.; MCMAHON, T.A.; FINLAYSON, B.L. **Stream hydrology, an introduction for ecologists**. John Wiley e Sons, 1992. 526p.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 153-164, 2003.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Mayfly distribution along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, southeastern Brazil. **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 17, n. 1, p. 1-13, 2005.

GUERESCHI, R.M.; MELÃO, M.G.G. Monitoramento biológico da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho pelo uso de macroinvertebrados bentônicos. In: VIII SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, **Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia**, São Carlos, UFSCar, 1997. p. 61-79.

HANNAFORD, M.J.; B ARBOUR, M.T.; RESH, V.H. Training reduces observer variability in visual – based assessments of stream habitat. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 16, n. 4, p. 853- 860, 1997.

HART, D.D.; MERZ, R.A. Predator-prey interactions in a benthic stream community: a field test of flow-mediated refuges. **Oecologia**, v. 114, p. 263-273, 1998.

HAUER, F.R.; RESH, V.H. Benthic macroinvertebrates. In: HAUER, F.R.; LAMBERTI, G.A. (Eds.). **Stream ecology**. Academic Press, 1996. p. 339-369.

HENRIQUES-OLIVEIRA, A.L.; NESSIMIAN, J.L.; DORVILLÉ, L.F.M. Feeding habits of chironomid larvae (Insecta: Diptera) from a stream in the Floresta da Tijuca, Rio de Janeiro, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 63, n. 2, p. 269-281, 2003.

HERGENRADER, G.L.; LESSIG, D.C. Eutrophication of Salt Valley reservoirs, 1969-73 III. The macroinvertebrate community: its development, composition, and change in response to eutrophication. **Hydrobiologia**, v. 75, p. 7-25, 1980.

HIGUTI, J.; TAKEDA, A.M. Spatial and temporal variation of chironomid larval (Diptera) in two lagoons and two tributaries of the upper Paraná River floodplain, Brazil. **Brazilian Journal Biology**, v. 62, n. 4, p. 807-818, 2002.

HORTA, F. et al. Assessment of benthic macroinvertebrate habitat suitability in a tropical watershed. In: 7TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ECOHYDRAULICS, CONCEPCION. **Proceedings of the 7th International Symposium on Ecohydraulics**. Concepcion, Universidad de Concepcion, 2009. p. 1-10.

HILSENHOFF, W.L. An improved index of organic pollution. **Great Lakes Entomologist**, v.20, n.1, p. 31-30, 1987.

HÜTTNER, M.D.; MOREIRA, J.S. Avaliação ambiental e epidemiológica do trabalhador da indústria de fertilizantes de Rio Grande, RS. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 26, n. 5, p. 245-253, 2000.

HYNES, H.B.N. **The ecology of running waters**. Liverpool University Press, Liverpool, 1970. 555p.

HYNES, H.B.N. Edgardo Baldi Memorial Lecture: The stream and its valley. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 19, p. 1-15, 1975.

HYNES, H.B.N. Groundwater and stream ecology. **Hydrobiologia**, v. 100, p. 93-99, 1983.

JACKSON, R.B. et al. Water in a changing world. **Ecological Applications**, v. 11, n. 4, p. 1027-1045, 2001.

JORDAN, C.; GOLLEY, F.; HALL, J. Nutrient scavenging of rainfall by the canopy of an Amazonian Rain Forest. **Biotropica**, v. 12, n. 1, p. 61-66, 1980.

JUNQUEIRA, M.V. et al. Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 12, p.73-87, 2000.

KOROLEFF, F. Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (Ed.). **Methods of seawater Analysis**, 1976. p. 117-181.

KRUPEK, A.R.; FELSKI, G. Avaliação da Cobertura Ripária de Rios e Riachos da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras, Região Centro-Sul do Estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 8, n. 2, p. 179-188, 2006.

KRUPEK, R.A.; BRANCO, C.C.Z.; PERES, C.K. Variação sazonal de alguns parâmetros físicos e químicos em três rios pertencentes a uma bacia de drenagem na região centro-sul do Estado do Paraná, Sul do Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 30, n. 4, p. 431-438, 2008.

KUHLMANN, M.L. **Estudo da comunidade de invertebrados bentônicos da zona profunda da Represa de Paraíbuna (SP)**. 158f. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 1993.

LAKE, P.S. Disturbing hard and soft bottom communities: a comparison of marine and freshwater environments. **Australian Journal of Ecology**, Carlton, v. 15, p. 477-488, 1990.

LAMPARELLI, M.C. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 238f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2004.

LANG, C.; REYMOUND, O. Le zoobenthos comme indicateur des perturbations d'origine humaine dans deux lacs de montagne. **Revue Suisse Zoologie**, v. 103, p. 851-858, 1996.

LARNON, L.M.; CARTER, C.E. Chironomidae in Lough Neagh, Northern Ireland. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 27, p. 2383-2387, 2000.

LECCI, L.S.; FROEHLICH, C.G. Plecoptera. In: FROEHLICH, C.G. (Org.). **Guia online: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. 2007. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso em: 10/03/2008.

LENAT, D.R.; PENROSE, D.L.; EAGLESON, K.W., Variable effects of sediment addition on stream benthos. **Hydrobiologia**, v. 79, p. 187-194, 1981.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J. Hidrologia de Matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; FILHO, H.F.L. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. EDUSP & FAPESP, 2001. p. 33-44.

LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. **Revista de Biología Marinha**, v. 22, n. 1, p. 143-170, 1986.

LORENZEN, C.J. Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. **Limnology and Oceanography**, v. 12, p. 343-346, 1967.

MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TAILING, J.F. **Water analysis: Some revised methods for limnologists**. Titus Wilson & Son. Ltd. Freshwater Biology Association Scientific Publication, n.º 36, 1978. 117p.

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. London: Chapman & Hall, 1991. 178p.

MAGURRAN, A.E. **Measuring biological diversity**. Blackwell Science, Oxford, 2004. 256p.

MANGEL, M.; LEVIN, P.S. Regime, phase and paradigm shifts: making community ecology the basic science for fisheries. **Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences**, v. 360, n. 1453, p. 95–105, 2005.

MARCHESE, M.; EZCURRA DE DRAGO, I. Use of benthic macroinvertebrates as organic pollution indicators in lotic environments of the Paraná River drainage basin. **Polskie Archiwum Hydrobiologii**, v. 46, n.3-4, p. 233-255, 1999.

MARCHESE, M.R.; WANTZEN, K.M.; EZCURRA DE DRAGO, I. Benthic assemblages and species diversity patterns of the Upper Paraguay River. **River Research and Applications**, v. 21, n. 5, p 131-144, 2005.

MARGALEF, R. **Limnologia**, Barcelona: Omega, 1983. 1010p.

MARQUES, M.M.; BARBOSA, F.A.R. Áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade aquática no trecho médio da bacia do Rio Doce, MG. **Naturalia**, v. 27, p. 211-229, 2002.

MARQUES, M.G.S.M.; FERREIRA, R.L.; BARBOSA, F.A.R. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das lagoas carioca e da Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, n. 2, p. 203-210, 1999.

MERRIT, R. W.; CUMMINS, K.W. **An Introduction to the aquatic insects of North America**. Kendall Hunt Publishing, 2nd ed., 1984. 360p.

MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. D ubuque, Kendall/Hunt, 3rd ed., 1996. 722p.

METCALFE, J.L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europa. **Environmental Pollution**, v. 60, p. 101–139, 1989.

MEYBECK, M. et al. Rivers. In: CHAPMAN, D. **Water Quality Assessments Guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. Cap. 6. 2ªed. Chapman & Hall Editors, 1996. p. 241-320.

MONTANHOLI-MARTINS, M.C.; TAKEDA, A.M. Communities of benthic oligochaetes in relation to sediment structure in the Upper Paraná River, Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 34, p. 52-58, 1999.

MONTANHOLI-MARTINS, M.C.; TAKEDA, A.M. Spatial and temporal variations of oligochaetes of the Ivinhema River and Patos Lake in Upper Paraná River Basin, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 463, p. 197-205, 2001.

MOREIRA-FILHO, O. Transposição do Rio Piumhi, da bacia do Rio Grande, para a bacia do Rio São Francisco. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia (SBI)**, v. 76, p. 5-6, 2004.

MOREIRA-FILHO, O. Uma transposição de rio esquecida. **Revista Universidade Federal de Goiás**, v. 3, n. 2, p. 77-82, 2006.

MORETTI, M.S.; CALLISTO, M. Biomonitoring of benthic macroinvertebrates in the middle Doce River watershed. **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 17, n. 3, p. 267-281, 2005.

MOULTON, T.P.; SOUZA, M.L. Conservação com Base em Bacias Hidrográficas In: DUARTE, C.F.; BERGALLO, H.G.; SANTOS, M.A. (Eds.). **Biologia da Conservação: Essências**. Editorial Rima, 2006. p. 157-182.

MOYLE, P.B.; LEIDY, R.A. Loss of biodiversity in ecosystems: evidence from fish faunas. In: FIEDLER, P.L.; JAIN, S.K. (Eds.). **Conservation biology: the theory and practice of nature conservation, preservation and management**. Chapman and Hall, 1992. p. 27-43.

NESSIMIAN, J.L. Comments on aquatic insect biodiversity from select localities in Rio de Janeiro State Brazil. In: BICUDO, C.E.M.; MENEZES, N.A. (Eds.). **Biodiversity in Brasil: a first approach**. CNPq, 1996. p. 255-268.

NESSIMIAN, J.L.; SANSEVERINO, A.M. Trophic Functional Categorization of the Chironomidae Larvae (Diptera: Chironomidae) in a first order stream at the Mountain region of Rio de Janeiro State, Brazil. **Verhandlungen der Internationalen**

Vereinigung fur theoretische und angewandte Limnologie, v. 26, p. 2115-2119, 1998.

NESSIMIAN, J.L. et al. Chironomidae (Diptera) do Estado do Rio de Janeiro: levantamento dos gêneros e habitats de ocorrência. **Publicações Avulsas do Museu Nacional**, v. 98, p. 1-16, 2003.

NUCCI, N.L.R., ARAÚJO, J.L.B.; SILVA, R.J.C. **Tratamento de esgotos municipais por disposição no solo e sua aplicação no Estado de São Paulo**. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima, 1978, 70p.

OLIVEIRA, M.D.; CALHEIROS, D.F. Transporte de nutrientes e sólidos suspensos na Bacia do Rio Taquari (Mato Grosso do Sul). **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 10, n. 2, p. 35-45, 1998.

OLIVEIRA, L.G.; BISPO, P.C.; SÁ, N.C. Ecologia de comunidades de insetos bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) em córregos do parque Ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 14, p. 867-876, 1997.

OLIVEIRA L.C. et al. Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do rio São Francisco Verdadeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 770-781, 2008.

OLIVER, D.R.; DILLON, M.E. Chironomids (Diptera: Chironomidae) of the Yukon Arctic North Slope and Herschel Island. In: DANKS, H.V.; DOWNES J.A. (Eds.). **Insects of the Yukon**, 1997. p. 615-635.

OWENS, P.N.; WALLING, D.E. The phosphorus content of fluvial sediment in rural and industrialized river basins. **Water Research**, v. 36, p. 685-701, 2002.

PALMER, M.A. et al. Standards for ecologically successful river restoration. **Journal of Applied Ecology**, v. 42, p. 208-217, 2005.

PAMPLIN, P.A.Z. **Estudo comparativo da estrutura da comunidade bentônica de duas represas com diferenças no grau de eutrofização**. 112f. Tese de Doutorado. São Carlos, PPGERN/UFSCar, 2004.

PETTS, G.E. Rivers: Dynamic Components of Catchment Ecosystems. In: CALOW, P.; PETTS, G.E. (Eds.). **The River Handbook: hydrological and ecological principles**. vol. II., Blackwell Scientific Publications, 1994. p. 3-22.

PETTS, G.E. A perspective on the abiotic processes sustaining the ecological integrity of running waters. **Hydrobiologia**, v. 422/423, p. 15-27, 2000.

PINDER, L.C.V.; REISS, F. The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holartic region – keys and diagnoses, In: WIEDERHOLM, T. (Ed.), **Chironomidae of the Holartic Region: keys and diagnoses. Part 1 – Larvae**, Entomologica Scandinavica, 1983. p. 293-435.

PINDER, L.C.V. The larvae of Chironomidae (Diptera) of the Holartic region - Introduction. **Entomologica Scandinavica Supplement**, v. 19, p. 7-10, 1983.

PINDER, L.C.V. The habitats of chironomid larvae. In: ARMITAGE, P.; CRANSTON, P.S.; PINDER, L.C.V. (Eds.). **The Chironomidae. Biology and ecology of non biting midges**. Chapman & Hall, 1995. p. 107-135.

PINTO, M.A.T.; CAVALCANTI, C.G.B. Uso e ocupação do solo e a qualidade das águas. In: FONSECA, F.O. (Ed.). **Olhares sobre o Lago Paranoá**. Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, Brasília, Brasil, 2001. p. 264-271.

PINTO, L.V.A. et al. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, v. 65, p. 197-206, 2004.

POFF, N.L. et al. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. **BioScience**, v. 47, p. 769-784, 1997.

POMPEO, M.L.M. O papel da macrófita aquática *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitchcock na caracterização física e química da água na zona de desembocadura do rio Paranapanema na represa de Jurumirim, SP. **Brazilian Journal of Ecology**, v. 1, p. 44-53, 1997.

PORTAL DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ. **Avaliação da Qualidade da Água Através dos Macroinvertebrados Bentônicos - Índice BMWP**. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=50>. Acesso em: 15/09/2009.

PRYGIEL, J. et al. Use of oligochaete communities for assessment of ecotoxicological risk in fine sediment of rivers and canals of the Artois-Picardie water basin (France). **Hydrobiologia**, v. 410, p. 25-35, 2000.

RAE, J.G. A multivariate study of resource partitioning in soft bottom lotic Chironomidae. **Hydrobiologia**, v. 126, p. 275-285, 1985.

RAE, J.G. Chironomid midges as indicators of organic pollution in the Scioto River Basin. **Ohio Journal of Science**, v. 89, p.5-9, 1989.

RAND, G.M. **Fundamental of Aquatic Toxicology: Effects, Environmental Fate and Risk Assessment**. (2nd ed.). Taylor Ss Francis, 1995. 1083p.

RESH, V.; ROSENBERG, D. **The Ecology of Aquatic Insects**. Praeger, New York, 1984. 625p.

RIBEIRO, L.O. et al. Composição e distribuição de insetos aquáticos no rio Vacacaí-Mirim, Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Ciência e Natura**, UFSM, v. 31, n. 1, p. 79-93, 2009.

RICHARDS, C.; HOST, G.E.; ARTHUR, J.W. Identification of predominant environmental factors structuring stream macroinvertebrate communities within a large agricultural catchment. **Freshwater Biology**, v. 29, p. 285-294, 1993.

RICKLEFS, R.E.; SCHLUTER, D. **Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives**. University of Chicago Press, 1993. 414p.

RIGHI, G. Oligochaeta. In: **Manual de identificação de invertebrados límnicos do Brasil**. In: SCHADEN, R. (Ed.). CNPq, Brasília, 1984. 48p.

ROLDAN-PÉREZ, G.R. **Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia**. Universidade de Antioquia, Colômbia, 1988. 217p.

ROQUE, F.O.; CORBIAND, J.J.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Considerações sobre a utilização de larvas de Chironomidae (Diptera) na avaliação da qualidade da água de córregos do Estado de São Paulo. In: ESPÍNDOLA, E.L.G.; PASCHOA, C.M.R.B.; ROCHA, O.; BOHRER, M.B.C.; OLIVEIRA NETO, A.L. (Eds.). **Ecotoxicologia-Perspectivas para o século XXI**. Rima, São Carlos, 2000. p.115-126.

ROSECCHI, E.; THOMAS, F.; CRIVELLI, A.J. Can life history traits predict the fate of introduced species? A case study on two cyprinid fish in southern France. **Freshwater Biology**, v. 46, p. 845-853, 2001.

ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D.M.; RESH, V.H. (Eds.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. Chapman and Hall, 1993. p. 1-9.

ROSIN, G.C.; TAKEDA, A.M. Larvas de Chironomidae (Diptera) da planície de inundação do alto Rio Paraná: distribuição e composição em diferentes ambientes e fases hídricas. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, n. 1, p. 57-63, 2007.

RUTTNER-KOLISKO, A. Suggestions for biomass calculations of plankton rotifers. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 8, p. 71-76, 1977.

SALLES, F.F. et al. As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil. **Biota Neotropica**, v. 4, n. 2, p. 1-34, 2004.

SANSEVERINO, A.M.; NESSIMIAN, J.L. Habitat preferences of Chironomidae Larvae of Upland Stream of Atlantic Forest, Rio de Janeiro State, Brazil. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 26, p. 2141-2144, 1998.

SANSEVERINO, A.M.; NESSIMIAN, J.L. Habitats de larvas de Chironomidae (Insecta, Diptera) em riachos de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro. **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 13, n. 1, p. 29-38, 2001.

SANSEVERINO, A.M.; NESSIMIAN, J.L.; OLIVEIRA, A.L.H. A fauna de Chironomidae (Diptera) em diferentes biótopos aquáticos na serra do Subaio (Teresópolis, RJ). In: NESSIMIAN, J.L.; CARVALHO, A.L. (Eds.). **Ecologia de insetos aquáticos**. Series Oecologia Brasiliensis. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1998. p. 253-263.

SAUNDERS, D.L.; MEEUWIG, J.J.; VINCENT, A.C.J. Freshwater Protected Areas: Strategies for Conservation. **Conservation Biology**: v. 16, n. 1, p. 30-41, 2002.

SAWYER, C.N.; MCCARTY, P.L. **Chemistry for Environmental Engineering**, 4th ed. Ed. McGraw-Hill, New York, 1994. 658p.

SCHÄFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Editora da Universidade de Porto Alegre, 1985. 532p.

SEDELL, J.R., RICHEY, J.E.; SWANSON, F.J. The river continuum concept: a basis for the expected ecosystem behavior of very large rivers? **Special Publication of Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 106, p. 49-55, 1989.

SEGANFREDO, M.A. **Os dejetos suínos e seus riscos ambientais no uso como fertilizante.** 2007, p. 1-9. Disponível em: ww.cnpisa.embrapa.br/sgc/sgc_artigos/artigos_t763q2u.pdf. Acesso em: 03/11/2009.

SERRANO, M.A.S.; SEVERI, W.; TOLEDO, V.S.J. Comunidade de Chironomidae e outros macroinvertebrados em um rio tropical de planície – Rio Bento Gomes/MT. In: NESSIMIAN, J.L.; CARVALHO, A.L. (Eds.). **Ecologia de insetos aquáticos.** Série Oecologia Brasiliensis, PPGE-UFRJ, 1998. p. 265-278.

SHIMIZU, G.Y. **Represa de Americana: aspectos do bentos litoral.** 148f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Paulo, 1978.

SILVA, C.J.; ESTEVES, F.A. Dinâmica das características limnológicas das baías Porto de Fora e Acurizal (Pantanal de Mato Grosso) em função da variação do nível da água. In: ESTEVES, F.A. (Ed.). **Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros.** Rio de Janeiro: PPGEUFRJ. Serie Oecologia Brasiliensis, 1995. p. 47-60.

SILVA, F.L. et al. Categorização funcional trófica das comunidades de macroinvertebrados de dois reservatórios na região Centro-Oeste do Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, v. 31, n. 1, p. 73-78, 2009a.

SILVA, F.L. et al. Temporal variation of Chironomidae larvae (Insecta, Diptera) in the Batalha River, Midwestern São Paulo State, Brazil. **Ciência et Praxis**, v. 2, n. 3, p. 7-12, 2009b.

SILVEIRA, P.H.F.; GOMES-SOUZA, M.B. & FIGUEIREDO, F.P. Evaluation of the benthic macroinvertebrate community of a section of alto Jequitinhonha (MG/Brazil). IN: IX CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. **Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil**, São Lourenço – MG, 2009. p. 1-3.

SIMPSON, K.W.; BODE, R.W. Common larvae of Chironomidae (Diptera) from New York state streams and rivers. **Bulletin New York State Museum**, v. 439, p. 1-105, 1980.

SIQUEIRA, T.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Diversidade de Chironomidae (Diptera) em dois córregos de baixa ordem na região central do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, n. 4, p. 531-534, 2005.

SMITH, G.A. et al. Perturbations in the biomass, metabolic activity, and community structure of the estuarine detrital microbiota: resource partitioning in amphipod grazing. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v.64, p. 125-143, 1982.

SOMMERHÄUSER, M. et al. The classification of running waters – targets, application and state of the art. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 27, p. 678-681, 2001.

SPONSELLER, R.A.; BENFIELD, E.F.; VALETT, H.M. Relationships between land use, spatial scale and stream macroinvertebrate communities. **Freshwater Biology**, v. 46, p. 1409-1424, 2001.

STATZNER, B.; HIGLER, B. Questions and comments on the River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 42, p.1038-1044, 1985a.

STATZNER, B.; HIGLER, B. Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. **Freshwater Biology**, v. 16, p. 127-139, 1985b.

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

STRIEDER, M.N.; SCHERER, R.T.; VEIGA, G. Biomonitoramento da qualidade das águas em arroios na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil. **Unirevista**, v. 1, n. 1, p. 47-56, 2006.

STRIXINO, G.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Povoamentos de Chironomidae em lagos artificiais. In: NESSIMIAN, J.L.; CARVALHO, A.L. (Eds.). **Ecologia de insetos aquáticos**. Serie Oecologia Brasiliensis, PPGEUFRJ, 1998. p. 141-154.

SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia**. Editora E. Blücher, 1973. 317p.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. **Ambientes fluviais**. 2ª edição. Editora da UFSC: Universidade Federal do Paraná, Brasil, 1990. 183p.

SUN, J.; LIU, D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. **Journal of Plankton Research**, v. 25, p. 1331- 1346, 2003.

SURIANO, M.T.; FONSECA-GESSNER, A.A. Chironomidae (Diptera) larvae in streams of Parque Estadual de Campos do Jordão, São Paulo State, Brazil. **Acta Limnológica Brasiliensis**, v. 16, n. 2, p. 129-136, 2004.

TAKEDA, A.M. Oligochaeta community of alluvial Upper Paraná River, Brazil: spatial and temporal distribution (1987-1988). **Hydrobiologia**, v. 412, p. 35-42, 1999.

TAKEDA, A.M., STEVAUX, J.C.; FUJITA, D.S. Effect of hydraulics, bed load grain size and water factor on habitat and abundance of *Narapa bonettoi* Righi and Varela, 1983 of the Upper Paraná River, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 463, p. 241-248, 2001.

THOMAZ, S.M., ROBERTO, M.C.; BINI, L.M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER, A.E.A.M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. (Eds.). **A planície de inundação do alto rio Paraná**. EDUEM, 1997. p. 73-102.

THORP, J.H.; COVICH, A.P. An overview of freshwater habitats. In: _____ (Eds.). **Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates**. New York: Academic Press, 2001. p. 19-41.

TIMM, T. Distribution of freshwater oligochaetes in the west and east coastal regions of North Pacific Ocean. **Hydrobiologia**, v. 406, p. 67-81, 1999.

TOWNSEND, C.R.; BEGON, M.; HARPER, J.L. **Essentials of Ecology**. Blackwell Publishing Company, 2003. 514p.

TRINDADE, M. **Nutrientes em sedimentos da represa do Lobo (Brotas-Itirapina, SP)**. 219f. Dissertação de Mestrado. São Carlos, PPGERN/UFSCar, 1980.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. Duas novas espécies de “Nimbecera-reiss” (Diptera, Chironomidae) do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 35, n. 1, p. 173-178, 1991.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. Estrutura da comunidade de insetos aquáticos associados à *Pontederia lanceolata* Nuttall. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 53, n. 1, p. 103-111, 1993.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: guia de identificação de diagnose dos gêneros**. Programa de

Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1995. 229p.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. 1998. Chironomidae (Diptera) associados a troncos de árvores submersos. **Revista Brasileira de Entomologia**, 41(2-4): 173-178.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; CORREIA, L.C.; SONODA, K.C. Phytophilous Chironomidae (Diptera) and other macroinvertebrates in the ox-bow Infernã Lake (Jataí Ecological Station, Luiz Antônio, SP, Brazil). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, p. 527- 535, 2000.

TRIVINHO-STRIXINO, S. et al. Estudo de caso: a comunidade macrobentônica como instrumento na avaliação da qualidade do submédio São Francisco (PE e BA) e o seu potencial para o biomonitoramento. In: QUEIROZ, J.F.; SILVA, M.S.G.M.; TRIVINHO-STRIXINO, S (Eds.). **Organismos bentônicos: Biomonitoramento da qualidade de água**. Embrapa Meio Ambiente, 2008. p. 35-66.

TUPINAMBÁS, T.H.; CALLISTO, M.; SANTOS, G.B. Benthic macroinvertebrate assemblages structure in two headwater streams, south-eastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 4, p. 887-897, 2007.

VALANDRO, L.; CAIMMI, R.; COLOMBO, L. What is hidden behind the concept of ecosystem efficiency in energy transformation? **Ecological Modelling**, v. 170, n. 2-3, p. 185-191, 2003.

VALDERRAMA, J.C. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. **Marine Chemistry**, v. 10, p. 109-122, 1981.

VANNOTE, R.L. et al. The river continuum concept. **Canadian Journal of fisheries and aquatic science**, v. 37, n. 1, p. 130-137, 1980.

VAUGHN, C.C.; HAKENKAMP, C.C. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. **Freshwater Biology**, v. 46, p. 1431-1446, 2001.

VERMEIJ, G.J. An agenda for invasion biology. **Biological Conservation**, v. 78, p. 3-9, 1996.

VIANA, S.M. **Riqueza e distribuição de macrófitas aquáticas no rio Monjolinho e tributários (São Carlos, SP) e análise de sua relação com variáveis físicas e**

químicas. 135f. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Ciências da Engenharia Ambiental, 2005.

VIEIRA, C.I.P.; SILVA, T.C.F. **Análise dos impactos ambientais no Parque Ambiental Encontro dos Rios em Teresina-PI**. (Problemas socioambientais urbanos e rurais). 2009, p. 1-15. Disponível em: http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos. Acesso em: 10/09/2009.

VINSON, M.R.; HAWKINS, C.P. Biodiversity of stream insects variation at local, basin and regional scales. **Annual review of entomology**, v. 43, p. 271-293, 1998.

VOLLENWEIDER, R.A. **A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments**. IBP Handbook 12, 2. ed. Philadelphia: F.A. Davis Co. 1974. 213 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. DESA-UFMG. vol.1, 1996. 243p.

WALLEY, W.J.; HAWKES, H.A. A computer-based development of the Biological Monitoring Working Party score system incorporating abundance rating, site type and indicator value. **Water Research**, v. 31, p. 201-210, 1997.

WARD, J.V. Aquatic insect ecology: In: **Biology and habitat**. John Wiley & Sons, New York, 1992. 438p.

WELCH, P.S. **Limnological methods**. 1st ed., Blakiston Co, Philadelphia, 1948. 381p.

WELCOMME, R.L. **River fisheries**. FAO fisheries technical paper, 1985. 330p.

WETZEL, R.G. **Limnology**. Saunders College Publishing House, Philadelphia, 1983. 767p.

WETZEL, R.G. **Limnology**. W. B. Saunders Company, Toronto, 1993. 919p.

WHITE, D.S.; BRIGHAM, W.U.; DOYEN, J.T. Aquatic Coleoptera. In: MERRITT, R.W.; CUMMINS, K.W. (Eds.). **An introduction to the aquatic insects of North America**. Kendall/ Hunt Publish, 1984. p. 399-473.

WHITTON, B.A. **River ecology**. California, University of California Press, 1975. 725p.

WIEDERHOLM, T. Chironomidae of the Holartic region: Keys and diagnoses. **Entomologica Scandinavica Supplement**, v. 28, p. 299–456, 1986.

WIEDERHOLM, T. **Use of benthos in the lake monitoring**. J. Wat. Poll., Control. Feder, v. 52, p. 537-547, 1980.

WIGGINS, B.G. **Larvae of the North American caddisfly genera (trichoptera)**. 2 ed. University of Toronto, Toronto; 1998. 457p.

WILLIAMS, D.D.; FELTMATE, B.W. **Aquatic insects**. Wallingford: CAB International, 1994. 358p.

ANEXOS

ANEXO A – Variáveis Físicas, Químicas e Biológicas do rio Piumhi.

Tabela 1: Protocolos de avaliação rápida da diversidade de habitats, modificado por Callisto et al. (2002) para o rio Piumhi.

VARIÁVEIS	PONTUAÇÃO			
	4 pontos	2 pontos	0 ponto	
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/Agricultura/Monocultura/Reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial	
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada	
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retinização do curso do rio)	
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente	
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	óleo/industrial	
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante	
7. Transparência da água	Transparente	turva/cor de chá-forte	opaca ou colorida	
8. Odor do sedimento	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	óleo/industrial	
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante	
10. Tipo de fundo	pedras/cascalho	Lama/areia	cimento/canalizado	
VARIÁVEIS	PONTUAÇÃO			
	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 ponto
1. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidade de habitats insuficiente; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
2. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
3. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
4. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.

	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 ponto
5. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
6. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
7. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.
8. Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
9. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de deflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal".	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; deflorestamento evidente, mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal".	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; deflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal".	Menos de 50% da mata ciliar nativa; deflorestamento muito acentuado.
10. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
11. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.
12. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.ex. aguapé).

Tabela 2: Valores das medidas hidrológicas largura total (m), profundidade média (m) (trecho em que se encontram os pontos), velocidade da correnteza ($m.s^{-1}$) e vazão ($m^3.s^{-1}$) de cada ponto amostrado no rio Piumhi durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Rio Piumhi			
Outubro de 2006	P1	P2	P3
Largura total (m)	16	10	24
Profundidade média (m)	0,38	0,67	0,42
Velocidade da correnteza ($m.s^{-1}$)	0,71	0,60	0,60
Vazão ($m^3.s^{-1}$)	4,8	4,9	7,0
Março de 2007			
Largura total (m)	26	18	24
Profundidade média (m)	0,55	0,76	0,65
Velocidade da correnteza ($m.s^{-1}$)	0,2	1,3	1,1
Vazão ($m^3.s^{-1}$)	2,8	20,4	18,3
Outubro de 2007			
Largura total (m)	16	14	13
Profundidade média (m)	0,19	0,30	0,38
Velocidade da correnteza ($m.s^{-1}$)	2,0	0,8	0,7
Vazão ($m^3.s^{-1}$)	6,8	3,6	3,6
Março de 2008			
Largura total (m)	28	32	26
Profundidade média (m)	1,58	1,92	2,20
Velocidade da correnteza ($m.s^{-1}$)	2,2	2,1	1,8
Vazão ($m^3.s^{-1}$)	106,5	135	112,7

Tabela 3: Profundidade máxima (m) e transparência da água (m) nos pontos de amostragem do rio Piumhi durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

	Prof. Max. (m)	Transparência da água (m)
P1	Out./06	0,40
	Mar./07	0,20
	Out./07	0,20
	Mar./08	0,05
P2	Out./06	0,40
	Mar./07	0,20
	Out./07	0,20
	Mar./08	0,05
P3	Out./06	0,40
	Mar./07	0,30
	Out./07	0,50
	Mar./08	0,05

Tabela 4: Valores médios das variáveis químicas e físicas da água nos três pontos do rio Piumhi durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

		pH	Condutividade (mS.cm ⁻¹)	Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	Temperatura (°C)	Matéria Inorgânica (mg.L ⁻¹)	Matéria Orgânica (mg.L ⁻¹)
P1	Out./06	9,03	49	7,9	25,8	12,6	1,2
	Mar./07	5,19	27	8,7	23,4	41,5	4,5
	Out./07	7,22	55	8,3	26,6	13,3	3,2
	Mar./08	6,86	20	9,1	24	138	17,3
P2	Out./06	9,31	49	8,4	26,1	11,2	1,8
	Mar./07	5,73	27	8,2	26,1	30,9	5,7
	Out./07	7,24	55	8,3	26,8	8,7	3,0
	Mar./08	6,28	20	9,1	24	221,3	22
P3	Out./06	9,32	49	8,1	26	14	2,4
	Mar./07	5,89	27	8,6	23,6	37,4	7,1
	Out./07	6,90	55	8,2	27	9,8	2,5
	Mar./08	6,44	21	9,1	24	249	20

Tabela 5: Valores da concentração de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$), amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrogênio orgânico total ($\mu\text{g.L}^{-1}$), fosfato dissolvido total ($\mu\text{g.L}^{-1}$), fosfato inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$), fosfato orgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Piumhi durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

		Nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Nitrogênio Orgânico Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fosfato Dissolvido Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fosfato Inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fosfato Orgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fósforo Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
P1	Out./06	13,3	111,38	6,54	208,41	16,46	9,15	7,31	26,84
	Mar./07	1,72	47,15	36,08	228,63	13,399	6,800	6,59	30,10
	Out./07	41,34	452,8	11,21	1042,71	55,88	48,73	7,15	90,78
	Mar./08	3,31	123,65	32,97	522,17	17,98	16,48	1,51	223,56
P2	Out./06	12,62	93,43	11,99	173,19	17,07	9,15	7,92	15,09
	Mar./07	1,32	41,01	41,52	145,14	16,45	6,50	9,95	27,16
	Out./07	40,32	516,07	42,30	1059,67	54,35	41,40	12,95	85,89
	Mar./08	3,93	122,71	31,42	552,83	32,04	13,84	18,20	256,18
P3	Out./06	12,67	86,82	10,43	248,20	18,90	7,09	11,81	21,62
	Mar./07	1,66	33,93	39,97	419,10	13,39	5,627	7,77	31,40
	Out./07	35,15	527,88	34,53	1081,84	54,96	43,74	11,22	104,81
	Mar./08	3,14	185,04	31,42	599,14	20,12	17,65	2,47	233,34

Tabela 6: Variação das concentrações de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e de feofitina ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos pontos amostrados do rio Piumhi durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

	Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				Feofitina ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
P1	0,47	0,1	0,1	0,1	0,19	3,15	5,74	15,47
P2	1,32	0,1	2,37	0,1	ND*	2,91	2,19	16,97
P3	1,49	0,71	0,1	0,1	ND*	0,78	6,23	24,20

* ND = Não detectado

Tabela 7: Composição granulométrica (%) e teor de matéria orgânica (%) no sedimento nos pontos de amostragem do rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

		Areia fina (%)	Areia Média (%)	Areia grossa (%)	Silte (%)	Argila (%)	Matéria Orgânica (%)
P1	Out./06	68,97	18,46	1,78	2,7	8,09	0,91
	Mar./07	1,11	82,97	13,78	0	2,14	0,21
	Out./07	27,91	6,89	2,8	29,95	32,45	2,49
	Mar./08	60,36	2,68	0	16,17	20,79	2,87
P2	Out./06	5	40,31	49,68	1,67	3,34	0,34
	Mar./07	7,57	59,75	29,26	0	3,42	0,24
	Out./07	10,62	84,68	1,03	0	3,67	0,81
	Mar./08	13,62	0,59	0	40,21	45,58	3,48
P3	Out./06	24,71	14,07	41	8,09	12,13	1,31
	Mar./07	41,95	1,6	0	26,74	29,71	1,51
	Out./07	42,71	4,4	0,46	22,94	29,49	5,09
	Mar./08	32,14	1,5	0	31,74	34,62	2,93

Tabela 8: Valores da abundância numérica dos táxons registrados no rio Piumhi (draga van Veen) durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

	Outubro de 2006			Março de 2007			Outubro de 2007			Março de 2008		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Hirudinea		3	2									
<i>Dero (Aulophorus) furcatus</i>		1										
<i>Dero (Dero) sawayai</i>			1									
<i>Pristina americana</i>				1								
<i>Pristina synclites</i>		6										
<i>Bothrioneurum</i>		2										1
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	4	13	2	1	4				14	2		
<i>Heterelmis</i> sp			1					2				
<i>Hexacylloepus</i> sp			6				6	13	11			
Coleoptera Larva C *								1				
Coleoptera Larva E *								1				
Coleoptera morfotipo I							1					
Coleoptera morfotipo III							3	14				
<i>Neelmis</i> sp						1						
<i>Berosus</i> sp							1					
Staphylinidae												1
<i>Culicoides</i> sp			1					7	3			
<i>Ablabesmyia</i> sp		3	1				3	1	1			
<i>Caladomyia</i> morfotipo I		2	1					44	42			
<i>Caladomyia</i> morfotipo II			1				1					
<i>Caladomyia</i> morfotipo III								42	2			
<i>Chironomus</i> sp		2		1					4	1		1
<i>Cladopelma</i> sp			1						37			
Complexo <i>Harnischia</i> morfotipo I				4				29				

Continuação Tabela 8.

	Outubro de 2006			Março de 2007			Outubro de 2007			Março de 2008		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<i>Cricotopus</i> sp								33	4			
<i>Cryptochironomus</i> sp	3	11	6	2			11	34	14			
<i>Dicrotendipes</i> sp								1				
<i>Djalmabatista</i> morfotipo II									25			
<i>Endotribelos</i> sp											1	
<i>Harnischia</i> sp3 **								1	6			
<i>Lopescladius</i> sp							4	331				
<i>Microtendipes</i> sp							6	68	8			
<i>Paratendipes</i> sp									4			
<i>Pentaneura</i> sp								1				
<i>Polypedilum</i> sp	98	101	32	2	1		6	19	152	1	1	
<i>Rheotanytarsus</i> sp		1										
<i>Tanytarsus</i> sp			1					3	29			
<i>Thienemanniella</i> sp1 **								40				
<i>Rhapium</i> sp							4					
<i>Hemerodromia</i> sp							1	2				
<i>Rhaphomyia</i> sp								1				
<i>Americabaetis</i> sp						1		11				
<i>Thraulodes</i> sp								1				
<i>Traverhyphes</i> sp			2	5			2	2				
<i>Tricorythopsis</i> sp							1	1				
<i>Ambrysus</i> sp							1					
<i>Paragyraetis</i> sp							1					
<i>Phyllocycla</i> sp				1	1	2			1		1	
<i>Macrothemis</i> sp								1				

Continuação Tabela 8.

	Outubro de 2006			Março de 2007			Outubro de 2007			Março de 2008		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<i>Mexitrichia</i> sp								21				
<i>Protoptila</i> sp								38				
<i>Smicridea</i> sp						1						1
<i>Hydroptila</i> sp							1					
<i>Oxyethira</i> sp						1						
Hydracarina				5								
<i>Corbicula fluminea</i>					3		1	4	5			
Número total de indivíduos	105	145	58	22	9	6	54	767	363	4	3	3
Número de táxons	3	11	14	9	4	5	18	30	19	3	3	3

* Classificação de acordo com Passos et. al (2007).

** Classificação de acordo com Trivinho-Strixino & Strixino (1995).

Tabela 9: Valores da abundância numérica dos táxons registrados no rio Piumhi (Surber) durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007).

SURBER	Outubro de 2006			Outubro de 2007		
	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
<i>Brinkhurstia americana</i>				2	1	1
<i>Dero</i> sp						2
<i>Pristina americana</i>						8
Turbellaria						3
<i>Hexacylloepus</i> sp	1	2		6	8	82
Coleoptera Larva C *						1
Coleoptera Larva E *				2	2	1
<i>Microcyllloepus</i> sp						1
Coleoptera morfotipo I						1
Coleoptera morfotipo II		3				
Coleoptera morfotipo III						14
Coleoptera morfotipo IV						1
<i>Stenelmis</i> sp					1	
<i>Dibolocelus</i> sp				1		16
<i>Culicoides</i> sp						3
Chaoboridae	2					
<i>Ablabesmyia</i> sp	1	2		1		11
<i>Axarus</i> sp				1		
<i>Caladomyia</i> cf. <i>ortoni</i>						1
<i>Caladomyia</i> morfotipo I	1	2		25	137	189
<i>Caladomyia</i> morfotipo II				1		22
<i>Caladomyia</i> morfotipo III				2	19	16
<i>Caladomyia</i> morfotipo IV						1
<i>Chironomus</i> sp						2
<i>Cladopelma</i> sp						13

Continuação Tabela 9.

SURBER	Outubro de 2006			Outubro de 2007		
	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
Complexo <i>Harnischia</i> morfotipo I				2	26	
<i>Cricotopus</i> sp			1	17		16
<i>Cryptochironomus</i> sp	1	5		9	17	39
<i>Djalmabatista</i> morfotipo II		1				13
<i>Endotribelos</i> sp						1
<i>Fissimentum</i> sp						2
<i>Harnischia</i> sp3 **				1	3	1
<i>Lopescladius</i> sp				12	98	1
<i>Microtendipes</i> sp				17	17	97
<i>Parachironomus</i> sp		1				
<i>Paratendipes</i> sp						1
<i>Pentaneura</i> sp		2	2		1	5
<i>Polypedilum</i> sp	3	8		14	34	125
<i>Rheotanytarsus</i> sp				3		1
<i>Stempellinella</i> sp						1
<i>Tanytarsus</i> sp				4	2	39
<i>Thienemanniella</i> sp1 **				15	17	7
<i>Xestochironomus</i> sp						1
<i>Hemerodromia</i> sp						2
Baetidae NI	1					
<i>Americabaetis</i> sp				3	111	15
<i>Apobaetis</i> sp		2				
<i>Thraulodes</i> sp			1	1	1	
<i>Traverhyphes</i> sp		2	2	6	7	17
<i>Limnocois</i> sp				1		

Continuação Tabela 9.

SURBER	Outubro de 2006			Outubro de 2007		
	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
<i>Hetaerina</i> sp		1				
<i>Phyllocycla</i> sp						1
<i>Macrothemis</i> sp					4	
<i>Mexitrichia</i> sp				14	6	
<i>Protophila</i> sp				10	11	
<i>Nectopsyche</i> sp						3
<i>Corbicula fluminea</i>				2	1	10
Número total de indivíduos	10	31	6	172	524	787
Número de táxons	7	12	4	26	22	43

* Classificação de acordo com Passos et. al (2007).

** Classificação de acordo com Trivinho-Strixino & Strixino (1995).

Tabela 10: Valores da abundância relativa (%) dos principais táxons registrados no rio Piumhi (draga de van Veen), durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

	Abundância relativa (%)			
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
Chironomidae	85,7	27,0	85,0	50,0
Coleoptera	2,3	2,7	4,6	0,0
Ephemeroptera	0,6	16,2	1,5	0,0
Hemiptera	0,0	0,0	0,1	0,0
Odonata	0,0	10,8	0,2	10,0
Lepidoptera	0,0	0,0	0,1	0,0
Trichoptera	0,0	5,4	5,1	10,0
Outras larvas de Diptera	0,3	0,0	1,5	0,0
Hydracarina	0,0	13,5	0,0	0,0
Hirudinea	1,6	0,0	0,0	0,0
Mollusca	0,0	8,1	0,8	0,0
Oligochaeta	9,4	16,2	1,2	30,0

Tabela 11: Valores da abundância relativa (%) dos principais táxons registrados no rio Piumhi (Surber), durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007).

	Abundância relativa (%)	
	Out./06	Out./07
Chironomidae	63,8	74,2
Coleoptera	12,8	9,2
Ephemeroptera	17,0	10,9
Hemiptera	0,0	0,1
Odonata	2,1	0,3
Trichoptera	0,0	3,0
Outras larvas de Diptera	4,1	0,3
Mollusca	0,0	0,9
Oligochaeta	0,0	0,9
Turbellaria	0,0	0,2

Tabela 12: Densidade total dos organismos bentônicos registrados no rio Piumhi, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Densidade total (ind.m⁻²)	
Out./06	1015
Mar./07	122
Out./07	3904
Mar./08	33

Tabela 13: Abundância relativa (%) dos grupos funcionais de alimentação amostrados no rio Piumhi durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Táxons	Abundância relativa (%)				Classificação trófica
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08	
<i>Americabaetis</i> sp	0,00	2,70	0,93	0,00	coletor-catador
<i>Bothrioneurum</i> sp	0,65	0,00	0,00	10,00	coletor-catador
Complexo <i>Harnischia</i> morfotipo I	0,00	10,81	2,45	0,00	coletor-catador
<i>Chironomus</i> sp	0,65	2,70	0,34	20,00	coletor-catador
<i>Cladopelma</i> sp	0,32	0,00	3,13	0,00	coletor-catador
Coleoptera Larva C	0,00	0,00	0,08	0,00	coletor-catador
Coleoptera Larva E	0,00	0,00	0,08	0,00	coletor-catador
Coleoptera morfotipo I	0,00	0,00	0,08	0,00	coletor-catador
Coleoptera morfotipo III	0,00	0,00	1,44	0,00	coletor-catador
<i>Dero (Aulophorus) furcatus</i>	0,32	0,00	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Dero (Dero) sawayai</i>	0,32	0,00	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Dicotendipes</i> sp	0,00	0,00	0,08	0,00	coletor-catador
<i>Harnischia</i> sp3	0,00	0,00	0,59	0,00	coletor-catador
<i>Heterelmis</i> sp	0,32	0,00	0,17	0,00	coletor-catador
<i>Hexacylloepus</i> sp	1,95	0,00	2,53	0,00	coletor-catador
<i>Hydroptila</i> sp	0,00	0,00	0,08	0,00	coletor-catador
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	6,17	13,51	1,18	20,00	coletor-catador
<i>Lopescladius</i> sp	0,00	0,00	28,29	0,00	coletor-catador
<i>Neelmis</i> sp	0,00	2,70	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Oxyethira</i> sp	0,00	2,70	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Pristina americana</i>	0,00	2,70	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Pristina synclites</i>	1,95	0,00	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Paratendipes</i> sp	0,00	0,00	0,34	0,00	coletor-catador
Thienemanniella sp1	0,00	0,00	3,38	0,00	coletor-catador
<i>Thraulodes</i> sp	0,00	0,00	0,08	0,00	coletor-catador
<i>Traverhyphes</i> sp	0,65	13,51	0,34	0,00	coletor-catador
<i>Tricorythopsis</i> sp	0,00	0,00	0,17	0,00	coletor-catador
<i>Caladomyia</i> morfotipo I	0,97	0,00	7,26	0,00	coletor-filtrador
<i>Caladomyia</i> morfotipo II	0,32	0,00	0,08	0,00	coletor-filtrador
<i>Caladomyia</i> morfotipo III	0,00	0,00	3,72	0,00	coletor-filtrador
<i>Microtendipes</i> sp	0,00	0,00	6,93	0,00	coletor-filtrador
<i>Rheotanytarsus</i> sp	0,32	0,00	0,00	0,00	coletor-filtrador
<i>Smicridea</i> sp	0,00	2,70	0,00	10,00	coletor-filtrador
<i>Tanytarsus</i> sp	0,32	0,00	2,70	0,00	coletor-filtrador
<i>Corbicula fluminea</i>	0,00	8,11	0,84	0,00	filtrador
<i>Berosus</i> sp	0,00	0,00	0,08	0,00	fragmentador
<i>Cricotopus</i> sp	0,00	0,00	3,13	0,00	fragmentador
<i>Endotribelos</i> sp	0,00	0,00	0,00	10,00	fragmentador
<i>Paragyraclis</i> sp	0,00	0,00	0,08	0,00	fragmentador
<i>Polypedilum</i> sp	75,00	8,11	14,95	20,00	fragmentador
Hirudinea	1,62	0,00	0,00	0,00	parasita
<i>Ambrysus</i> sp	0,00	0,00	0,08	0,00	predador
<i>Cryptochironomus</i> sp	6,49	5,41	4,98	0,00	predador
<i>Culicoides</i> sp	0,32	0,00	0,84	0,00	predador
<i>Djalmabatista</i> morfotipo II	0,00	0,00	2,11	0,00	predador
<i>Hemerodromia</i> sp	0,00	0,00	0,25	0,00	predador
Hydracarina	0,00	13,51	0,00	0,00	predador
<i>Macrothemis</i> sp	0,00	0,00	0,08	0,00	predador

Continuação Tabela 13.

Táxons	Abundância relativa (%)				Classificação trófica
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08	
<i>Pentaneura</i> sp	0,00	0,00	0,08	0,00	predador
<i>Phyllocycla</i> sp	0,00	10,81	0,08	10,00	predador
<i>Rhaphomyia</i> sp	0,00	0,00	0,08	0,00	predador
<i>Rhapium</i> sp	0,00	0,00	0,34	0,00	predador
Staphylinidae	0,00	0,00	0,08	0,00	predador
<i>Ablabesmyia</i> sp	1,30	0,00	0,42	0,00	predador
<i>Mexitrichia</i> sp	0,00	0,00	1,77	0,00	raspador
<i>Protophila</i> sp	0,00	0,00	3,21	0,00	raspador
Total	100	100	100	100	

ANEXO B – Variáveis Físicas, Químicas e Biológicas do rio São Francisco.

Tabela 1: Protocolos de avaliação rápida da diversidade de habitats, modificado por Callisto et al. (2002) para o rio São Francisco.

VARIÁVEIS	PONTUAÇÃO			
	4 pontos	2 pontos	0 ponto	
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/Agricultura/Monocultura/Reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial	
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada	
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	alterações de origem industrial/ urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)	
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente	
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	óleo/industrial	
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante	
7. Transparência da água	Transparente	turva/cor de chá-forte	opaca ou colorida	
8. Odor do sedimento	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	óleo/industrial	
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante	
10. Tipo de fundo	pedras/cascalho	Lama/areia	cimento/canalizado	
VARIÁVEIS	PONTUAÇÃO			
	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 ponto
1. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidade de habitats insuficiente; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
2. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
3. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
4. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.

	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 ponto
5. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
6. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
7. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.
8. Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
9. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de deflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal".	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; deflorestamento evidente, mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal".	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; deflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal".	Menos de 50% da mata ciliar nativa; deflorestamento muito acentuado.
10. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
11. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.
12. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.ex. aguapé).

Tabela 2: Valores das medidas hidrológicas largura total (m), profundidade média (m) (trecho em que se encontram os pontos), velocidade da correnteza (m.s^{-1}) e vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) de cada ponto amostrado no rio São Francisco durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Rio São Francisco						
Outubro de 2006	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Largura total (m)	44	40	44	50	46	44
Profundidade média (m)	1,52	1,52	1,40	0,78	1,11	1,02
Velocidade da correnteza (m.s^{-1})	0,6	0,8	0,8	1,5	1,0	0,6
Vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)	41,9	48,2	48,4	61,5	56,0	28,2
Março de 2007						
Largura total (m)	42	44	48	54	56	50
Profundidade média (m)	2,41	2,02	2,40	1,72	1,86	2,05
Velocidade da correnteza (m.s^{-1})	1,2	1,2	1,1	1,5	1,1	1,3
Vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)	127,9	107,6	126,8	149,0	119,9	140,4
Outubro de 2007						
Largura total (m)	34	40	40	44	38	48
Profundidade média (m)	1,5	1,14	1,16	0,55	1,14	0,84
Velocidade da correnteza (m.s^{-1})	0,6	0,5	0,6	1,2	0,7	0,5
Vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)	29,6	25,3	28,0	30,1	33,4	21,6
Março de 2008						
Largura total (m)	48	50	46	60	66	44
Profundidade média (m)	3,84	3,87	3,90	3,42	3,93	4,07
Velocidade da correnteza (m.s^{-1})	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,7
Vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)	193,3	210,8	189,1	311,6	399,8	309,4

Tabela 3: Profundidade máxima (m) e transparência da água (m) nos pontos de amostragem do rio São Francisco durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

		Prof. Max. (m)	Transparência da água (m)
P1	Out./06	1,50	0,40
	Mar./07	1,00	0,20
	Out./07	0,70	0,70
	Mar./08	1,00	0,10
P2	Out./06	1,20	0,40
	Mar./07	0,90	0,20
	Out./07	0,80	0,50
	Mar./08	0,50	0,10
P3	Out./06	1,60	0,40
	Mar./07	2,10	0,20
	Out./07	1,80	0,50
	Mar./08	1,50	0,10
P4	Out./06	0,50	0,40
	Mar./07	0,80	0,20
	Out./07	0,20	0,20
	Mar./08	1,00	0,10
P5	Out./06	1,10	0,40
	Mar./07	0,30	0,20
	Out./07	0,80	0,50
	Mar./08	1,50	0,10
P6	Out./06	1,00	0,40
	Mar./07	0,80	0,20
	Out./07	0,60	0,40
	Mar./08	1,00	0,10

Tabela 4: Valores médios das variáveis químicas e físicas da água nos seis pontos do rio São Francisco durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

		pH	Condutividade (mS.cm ⁻¹)	Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	Temperatura (°C)	Matéria Inorgânica (mg.L ⁻¹)	Matéria Orgânica (mg.L ⁻¹)
P1	Out./06	8,64	27	7,82	25,6	23,8	3,2
	Mar./07	6,13	25	10,16	23,1	25,8	2,4
	Out./07	6,32	38	7,33	24,6	13,8	4,2
	Mar./08	7,38	23	7,63	23	81,7	7,7
P2	Out./06	8,55	27	7,98	26,1	36,0	4,0
	Mar./07	6,22	25	10,41	23,1	0,4	52,0
	Out./07	6,68	38	7,67	24,9	24,3	5,0
	Mar./08	7,01	23	7,77	23,2	0,4	27,2
P3	Out./06	8,27	27	7,94	26,2	38,4	4,4
	Mar./07	6,17	25	10,34	23,2	59,4	6,8
	Out./07	6,82	38	7,60	25,8	17,3	4,5
	Mar./08	6,92	23	7,73	23,4	141,7	9,0
P4	Out./06	8,65	37	7,96	26,5	23,0	3,2
	Mar./07	6,27	26	7,78	24,0	37,1	6,4
	Out./07	6,83	40	8,06	27	13,5	3,8
	Mar./08	6,21	21	9,14	24,1	191,0	19,0
P5	Out./06	8,53	29	7,88	26,5	33,2	3,0
	Mar./07	6,34	25	7,66	23,7	76,5	14,0
	Out./07	7,19	39	7,28	24,4	20,3	4,8
	Mar./08	6,68	23	8,22	24,1	166,7	15,3
P6	Out./06	8,63	40	8,09	26,1	27,8	4,0
	Mar./07	6,72	31	7,93	23,2	27,8	3,5
	Out./07	7,02	55	7,35	24,4	38,7	8,7
	Mar./08	6,90	27	8,15	24,1	160,0	16,7

Tabela 5: Valores da concentração de nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$), amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$), nitrogênio orgânico total ($\mu\text{g.L}^{-1}$), fosfato dissolvido total ($\mu\text{g.L}^{-1}$), fosfato inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$), fosfato orgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio São Francisco durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

		Nitrito ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Nitrato ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Amônio ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Nitrogênio Orgânico Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fosfato Dissolvido Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fosfato Inorgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fosfato Orgânico ($\mu\text{g.L}^{-1}$)	Fósforo Total ($\mu\text{g.L}^{-1}$)
P1	Out./06	0,58	35,35	7,32	297,13	8,20	1,52	6,68	21,29
	Mar./07	0,7	11,27	32,97	55,12	6,98	1,23	5,75	21,62
	Out./07	0,87	31,10	50,85	419,11	10,65	4,75	5,90	49,02
	Mar./08	1,21	58,49	22,09	216,24	6,98	4,45	2,53	87,19
P2	Out./06	0,58	30,63	5,77	230,59	7,90	1,52	6,38	22,92
	Mar./07	3,88	11,74	32,20	66,86	7,59	2,40	5,19	13,14
	Out./07	0,70	27,79	15,87	469,33	7,29	2,11	5,18	56,85
	Mar./08	0,98	53,77	13,54	319,30	26,85	2,40	24,44	550,77
P3	Out./06	0,58	38,65	4,99	179,71	6,98	1,82	5,17	15,09
	Mar./07	1,04	23,54	26,75	74,04	7,29	2,40	4,89	27,16
	Out./07	0,64	30,63	14,32	269,73	7,59	2,70	4,90	39,89
	Mar./08	1,04	56,13	16,65	239,72	5,76	5,04	0,72	214,42
P4	Out./06	6,26	51,40	8,10	144,49	8,20	6,21	1,99	11,50
	Mar./07	1,38	61,79	33,75	220,81	14,62	7,09	7,53	30,75
	Out./07	7,11	89,65	36,08	445,85	17,37	12,37	5,00	61,42
	Mar./08	3,37	137,82	18,20	678,72	10,34	7,39	2,96	214,10
P5	Out./06	1,89	36,77	8,10	142,53	7,59	2,11	5,48	19,01
	Mar./07	1,49	12,21	32,97	65,56	10,34	3,28	7,06	32,06
	Out./07	4,44	80,21	15,87	485,64	12,48	7,39	5,10	64,68
	Mar./08	1,89	85,40	25,98	368,23	5,45	4,45	1,00	171,03
P6	Out./06	2,12	46,68	8,10	247,55	19,82	1,52	18,29	13,46
	Mar./07	1,61	12,68	34,53	67,52	9,73	4,75	4,98	24,88
	Out./07	3,71	62,74	15,09	443,24	10,04	5,33	4,70	53,26
	Mar./08	2,06	82,57	22,09	376,71	7,90	6,80	1,10	225,51

Tabela 6: Variação das concentrações de clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e de feofitina ($\mu\text{g.L}^{-1}$) nos pontos amostrados do rio São Francisco durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

	Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g.L}^{-1}$)				Feofitina ($\mu\text{g.L}^{-1}$)			
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
P1	1,36	0,1	ND*	0,1	ND*	1,64	8,67	7,33
P2	0,50	0,1	0,88	0,1	0,55	ND*	10,85	3,02
P3	0,44	0,1	1,76	0,1	0,48	2,17	4,81	4,56
P4	0,45	1,32	1,19	0,1	1,43	ND	5,46	10,44
P5	0,44	0,1	1,33	0,1	1,39	0,83	7,49	9,71
P6	0,88	0,64	0,1	1,27	0,04	ND*	14,98	15,62

* ND = Não detectado

Tabela 7: Composição granulométrica (%) e teor de matéria orgânica (%) no sedimento nos pontos de amostragem do rio São Francisco durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

		Areia fina (%)	Areia Média (%)	Areia grossa (%)	Silte (%)	Argila (%)	Matéria Orgânica (%)
P1	Out./06	26,97	5,93	0	31,78	35,32	3,29
	Mar./07	63,13	2,53	0	15,85	18,49	1,50
	Out./07	47,89	5,52	0,05	19,16	27,38	3,10
	Mar./08	35,32	2,85	0	29,57	32,26	2,27
P2	Out./06	46,34	2,19	0	24,02	27,45	2,15
	Mar./07	43,54	3,28	0,14	24,11	28,93	2,12
	Out./07	64,72	2,39	0	14,95	17,94	3,00
	Mar./08	47,72	5,2	0	22,42	24,66	1,55
P3	Out./06	40,38	3,31	0	26,28	30,03	3,92
	Mar./07	83,57	1,72	0	4,9	9,81	0,83
	Out./07	60,16	1,69	0	16,35	21,8	3,34
	Mar./08	34,98	1,33	0	28,95	34,74	2,17
P4	Out./06	80,22	10,13	0,05	2,4	7,2	0,52
	Mar./07	21,24	73,89	0	0	4,87	0,44
	Out./07	57,6	16,46	0,05	11,51	14,38	3,06
	Mar./08	76,34	4,35	0	7,24	12,07	0,92
P5	Out./06	40,27	3,12	0	24,26	32,35	2,16
	Mar./07	55,61	5,9	0	16,04	22,45	1,88
	Out./07	36,5	3,12	0	24,7	35,68	4,10
	Mar./08	80,17	12,66	0	2,39	4,78	0,43
P6	Out./06	60,09	17,29	0,57	8,82	13,23	0,98
	Mar./07	48,75	45,94	0	0	5,31	0,37
	Out./07	68,71	19,3	0	2	9,99	1,03
	Mar./08	75,33	1,4	0	8,73	14,54	1,18

Continuação Tabela 8.	Outubro de 2006						Março de 2007						Outubro de 2007						Março de 2008					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Caladomyia</i> morfotipo III							1																	
<i>Caladomyia</i> morfotipo IV													1											
<i>Chironomus</i> sp									1				1					1	2			2		
<i>Cladopelma</i> sp	2														4			2						
<i>Coelotanypus</i> sp															1									
Complexo <i>Harnischia</i> morfotipo I							2																	
<i>Cricotopus</i> sp							2						1	2				1						
<i>Cryptochironomus</i> sp		1	1	1	2				2	2	2		1		1					1		8		
<i>Dicrotendipes</i> sp										2	2												3	
<i>Djalmabatista</i> morfotipo I	1																					1		
<i>Djalmabatista</i> morfotipo II		4	4		1	2	1						4	7	20	20	2	22						
<i>Endotribelos</i> sp										6	1	3											3	
<i>Fissimentum</i> sp	1	2			2								2		16	13	2	2						
<i>Harnischia</i> sp3 **			1		7									1	6	10		3						1
<i>Labrundinia</i> sp							3				1												1	
<i>Lopescladius</i> sp							2																	
<i>Microtendipes</i> sp													1	1		1								
<i>Nilothauma</i> sp							1								1									
<i>Onconeura</i>										2													1	
<i>Paratendipes</i> sp																		1					1	
<i>Pentaneura</i> sp			1			3				1		1											5	
<i>Polypedilum</i> sp	5	17	2	8	1	10	4	3		12	52	15	6	2	40	34	1	4			2	3	3	12
Procladini NI		1																						
<i>Rheotanytarsus</i> sp	4		47				12	18				2	1					3	1				11	
<i>Tanytarsus</i> sp		1	11		1	5	27			1					2	1							1	
<i>Thienemanniella</i> sp1 **										1													1	

Continuação Tabela 8.	Outubro de 2006						Março de 2007						Outubro de 2007						Março de 2008					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1	P2	P3	P4	P5	P6
<i>Thienemannimyia</i>			1																					
<i>Hemerodromia</i> sp																					1			
<i>Rhaphomyia</i> sp					1		5							2										
<i>Caenis</i> sp														1										
<i>Farrodes</i> sp												1												1
<i>Traverella</i> sp			1				4																	
<i>Traverhypes</i> sp							5					1		1	1									3
<i>Campsurus</i> sp		4	4	5	5	1																		
<i>Tortopus</i> sp							10								7									
<i>Limnocoris</i> sp																								1
<i>Gomphoides</i> sp																								1
<i>Phyllocycla</i> sp		1									4		1	2	3	1	2	2			2			3
<i>Anacroneuria</i> sp							2					2												
<i>Leptonema</i> sp							1																	
<i>Macronema</i> sp							2																	
<i>Smicridea</i> sp	1					1	12	116	4		1	1												
<i>Oxyethira</i> sp																								1
<i>Nectopsyche</i> sp																								1
<i>Oecetis</i> sp							1	1																
<i>Cyrnellus</i> sp							2							1	2									
Hydracarina																								1
<i>Corbicula fluminea</i>										1					2	1								
Nematoda					1																			
Número total de indivíduos	18	37	103	15	28	20	46	216	10	19	78	35	36	26	146	87	9	43	3	12	5	6	4	71
Número de táxons	8	12	15	4	12	9	13	22	3	6	12	16	15	13	25	11	6	10	3	7	3	3	2	25

* Classificação de acordo com Passos et. al (2007). ** Classificação de acordo com Trivinho-Strixino & Strixino (1995).

Tabela 9: Valores da abundância relativa (%) dos principais táxons registrados no rio São Francisco (draga de van Veen), durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

	Abundância relativa (%)			
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08
Chironomidae	76,9	47,3	78,7	74,3
Coleoptera	3,6	2,7	4,6	5,9
Ephemeroptera	9,0	5,2	2,9	4,0
Hemiptera	0,0	0,0	0,0	1,0
Plecoptera	0,0	1,0	0,0	0,0
Trichoptera	0,9	34,9	0,9	2,0
Odonata	0,5	1,0	3,2	5,9
Outras larvas de Diptera	1,4	1,5	2,0	4,0
Mollusca	0,0	0,2	0,9	0,0
Nematoda	0,5	0,0	0,0	0,0
Hydracarina	0,0	0,0	0,0	1,0
Oligochaeta	7,2	6,2	6,9	2,0

Tabela 10: Densidade total dos organismos bentônicos registrados no rio São Francisco, durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Densidade total (ind.m⁻²)	
Out./06	364
Mar./07	666
Out./07	572
Mar./08	167

Tabela 11: Abundância relativa (%) dos grupos funcionais de alimentação amostrados no rio São Francisco durante os períodos secos (outubro de 2006 e de 2007) e chuvosos (março de 2007 e de 2008).

Táxons	Abundância relativa (%)				Classificação trófica
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08	
<i>Aedokritus</i> sp	0,45	0,00	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Allonais chelata</i>	0,00	0,00	0,00	1,98	coletor-catador
<i>Axarus</i> sp	11,31	0,00	5,76	0,00	coletor-catador
<i>Beardius</i> sp	0,00	0,00	0,86	0,00	coletor-catador
<i>Bothrioneurum</i> sp	0,45	0,00	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Brinkhurstia americana</i>	2,26	2,97	1,73	0,00	coletor-catador
<i>Caenis</i> sp	0,00	0,00	0,29	0,00	coletor-catador
<i>Campsurus</i> sp	8,60	0,00	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Chironomus</i> sp	0,00	0,25	0,29	4,95	coletor-catador
<i>Cladopelma</i> sp	0,90	0,00	1,73	0,00	coletor-catador
Coleoptera morfotipo II	0,45	0,00	0,86	0,00	coletor-catador
Coleoptera morfotipo IV	0,00	0,00	0,58	0,00	coletor-catador
Complexo <i>Harnischia</i> morfotipo I	0,00	0,50	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Dasyhelea</i> sp	0,00	0,25	0,29	0,99	coletor-catador
<i>Dicrotendipes</i> sp	0,00	0,99	0,00	2,97	coletor-catador
<i>Farrodes</i> sp	0,00	0,25	0,00	0,99	coletor-catador
<i>Fissimentum</i> sp	2,26	0,00	10,09	0,00	coletor-catador
<i>Harnischia</i> sp3	3,62	0,00	5,76	0,99	coletor-catador
<i>Heterelmis</i> sp	0,00	0,25	0,00	0,99	coletor-catador
<i>Hexacylloepus</i> sp	3,17	1,24	3,17	0,00	coletor-catador
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	3,62	0,74	0,86	0,00	coletor-catador
<i>Limnodrilus neotropicus</i>	0,45	1,73	4,32	0,00	coletor-catador
<i>Lopescladius</i> sp	0,00	0,50	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Macrelmis</i> sp	0,00	0,25	0,00	0,99	coletor-catador
<i>Microcyllloepus</i> sp	0,00	0,25	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Nectopsyche</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,99	coletor-catador
<i>Neoelmis</i> sp	0,00	0,00	0,00	3,96	coletor-catador
<i>Nilothauma</i> sp	0,00	0,25	0,29	0,00	coletor-catador
<i>Onconeura</i> sp	0,00	0,50	0,00	0,99	coletor-catador
<i>Oxyethira</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,99	coletor-catador
<i>Paratendipes</i> sp	0,00	0,00	0,00	1,98	coletor-catador
<i>Phanocerus</i> sp	0,00	0,25	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Pristina americana</i>	0,45	0,25	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Pristina synclites</i>	0,00	0,50	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Stenelmis</i> sp	0,00	0,50	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Thienemanniella</i> sp1	0,00	0,25	0,00	0,99	coletor-catador
<i>Tortopus</i> sp	0,00	2,48	2,02	0,00	coletor-catador
<i>Traverella</i> sp	0,45	0,99	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Traverhypes</i> sp	0,00	1,49	0,58	2,97	coletor-catador
Nematoda	0,45	0,00	0,00	0,00	coletor-catador
<i>Caladomyia</i> cf. <i>ortoni</i>	0,00	0,00	0,58	0,00	coletor-filtrador
<i>Caladomyia</i> morfotipo I	0,90	0,00	0,29	0,00	coletor-filtrador
<i>Caladomyia</i> morfotipo III	0,00	0,25	0,00	0,00	coletor-filtrador
<i>Caladomyia</i> morfotipo IV	0,00	0,00	0,29	0,00	coletor-filtrador
<i>Cyrnellus</i> sp	0,00	0,50	0,86	0,00	coletor-filtrador
<i>Leptonema</i> sp	0,00	0,25	0,00	0,00	coletor-filtrador
<i>Macronema</i> sp	0,00	0,50	0,00	0,00	coletor-filtrador
<i>Microtendipes</i> sp	0,00	0,00	0,86	0,00	coletor-filtrador

Continuação Tabela 11.

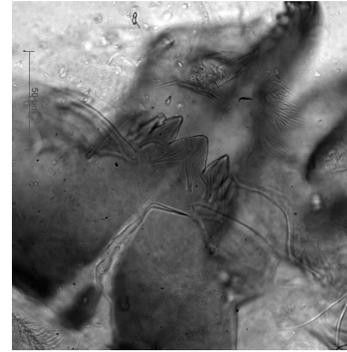
Táxons	Abundância relativa (%)				Classificação trófica
	Out./06	Mar./07	Out./07	Mar./08	
<i>Rheotanytarsus</i> sp	23,08	7,92	0,29	14,85	coletor-filtrador
<i>Smicridea</i> sp	0,90	33,17	0,00	0,00	coletor-filtrador
<i>Tanytarsus</i> sp	5,88	8,17	0,86	0,99	coletor-filtrador
<i>Corbicula fluminea</i>	0,00	0,25	0,86	0,00	filtrador
<i>Cricotopus</i> sp	0,00	0,50	1,15	0,00	fragmentador
<i>Endotribelos</i> sp	0,00	1,73	0,86	2,97	fragmentador
<i>Lopesia</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,99	fragmentador
<i>Polypedilum</i> sp	19,46	21,29	25,07	19,80	fragmentador
<i>Anacroneuria</i> sp	0,00	0,99	0,00	0,00	predador
<i>Coelotanypus</i> sp	0,00	0,00	0,29	0,00	predador
<i>Cryptochironomus</i> sp	2,26	1,49	0,58	8,91	predador
<i>Culicoides</i> sp	0,90	0,00	1,15	0,99	predador
<i>Djalmabatista</i> morfotipo I	0,45	0,00	0,00	0,99	predador
<i>Djalmabatista</i> morfotipo II	4,98	0,25	21,61	0,00	predador
<i>Gomphoides</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,99	predador
<i>Hemerodromia</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,99	predador
Hydracarina	0,00	0,00	0,00	0,99	predador
<i>Labrundinia</i> sp	0,00	0,99	0,00	0,99	predador
<i>Limnocoris</i> sp	0,00	0,00	0,00	0,99	predador
<i>Oecetis</i> sp	0,00	0,50	0,00	0,00	predador
<i>Pentaneura</i> sp	0,45	0,99	0,29	4,95	predador
<i>Phyllocycla</i> sp	0,45	0,99	3,17	4,95	predador
Procladini NI	0,45	0,00	0,00	0,00	predador
<i>Rhaphomyia</i> sp	0,45	1,24	0,58	0,00	predador
<i>Thienemannimyia</i>	0,45	0,00	0,00	0,00	predador
<i>Ablabesmyia</i> sp	0,00	0,50	0,86	6,93	predador
Total	100	100	100	100	

ANEXO C – Fotos dos principais organismos bentônicos coletados nos rios Piumhi e São Francisco.

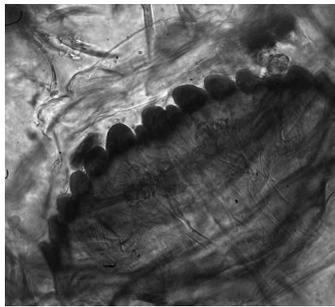
Fotos de estruturas cefálicas de relevância na identificação taxonômica de Chironomidae
Fotografias em microscópio óptico



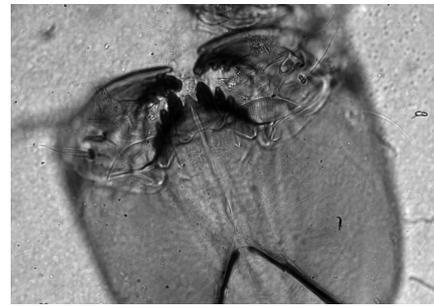
Ablabesmyia sp (63x)



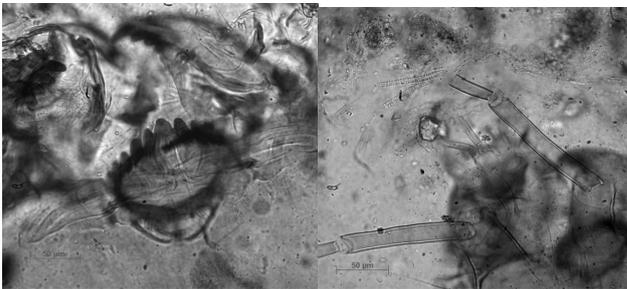
Aedokritus sp (63x)



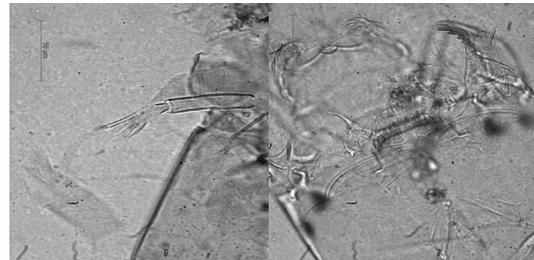
Axarus sp (63x)



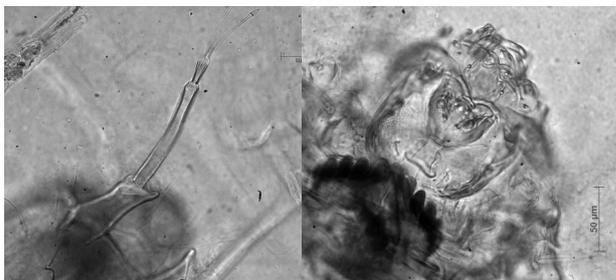
Beardius sp (40x)



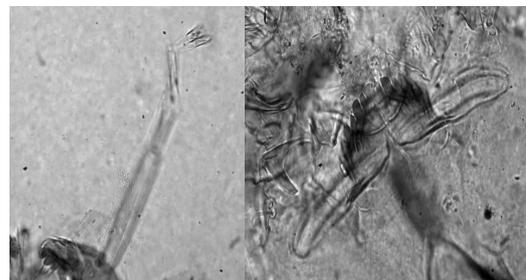
Caladomyia cf. *ortonii* (40x)



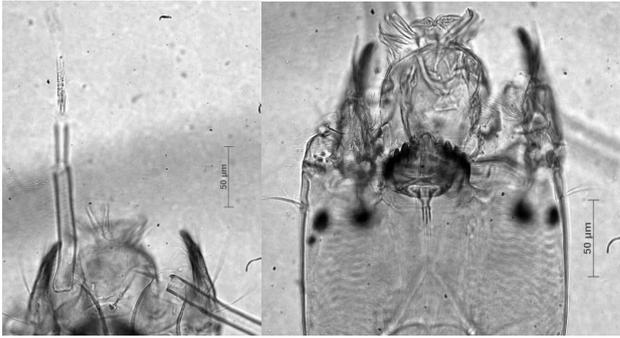
Caladomyia morfotipo I (40x)



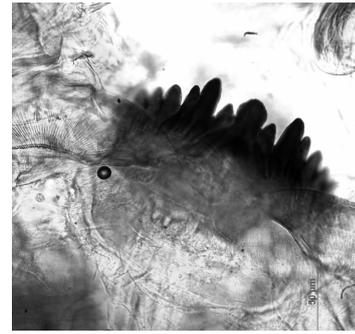
Caladomyia morfotipo II (40x)



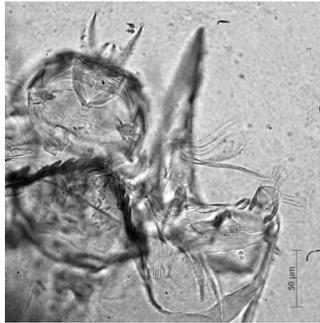
Caladomyia morfotipo III (40x)



Caladomyia morfotipo IV (40x)



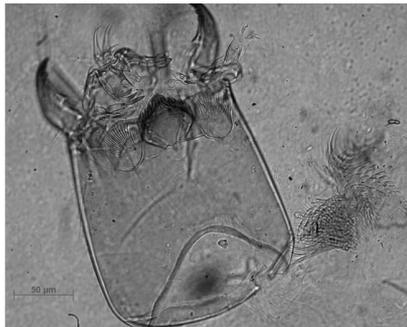
Chironomus sp (63x)



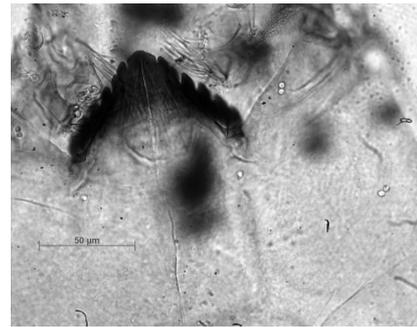
Cladopelma sp (40x)



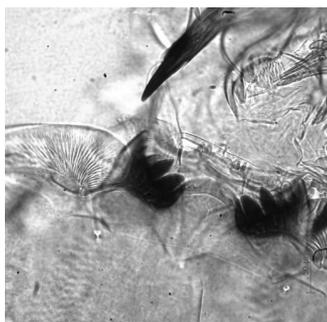
Coelotanypus sp (63x)



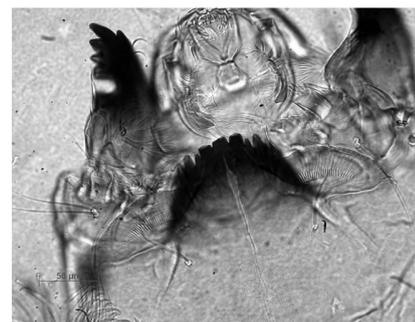
Complexo *Harnischia morfotipo I* (40x)



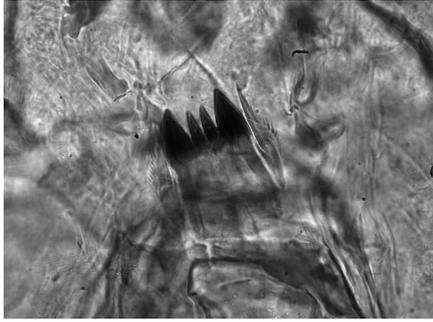
Cricotopus sp (63x)



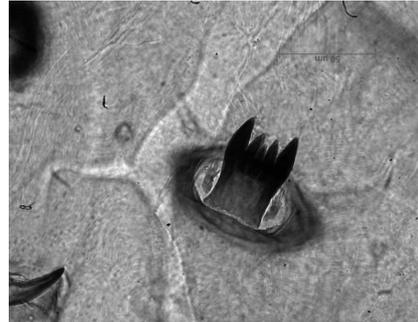
Cryptochironomus sp (63x)



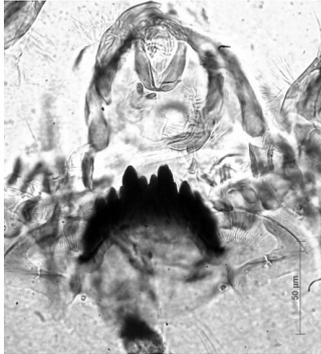
Dicrotendipes sp (63x)



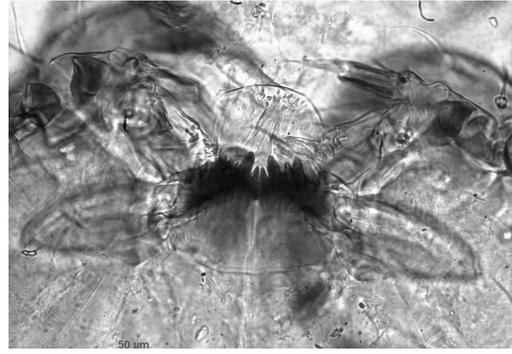
Djalmabatista morfotipo I (63x)



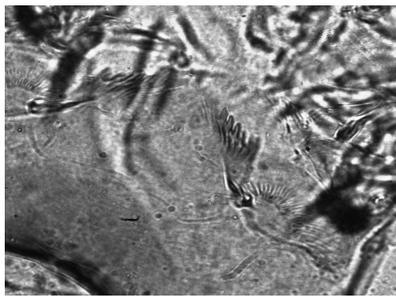
Djalmabatista morfotipo II (63x)



Endotribelos sp (63x)



Fissimentum sp (40x)



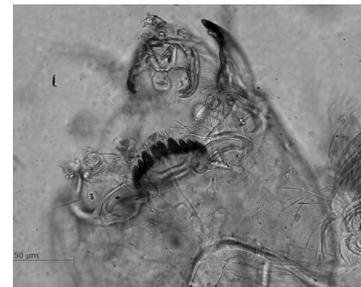
Harnischia sp3 (63x)



Labrundinia sp (63x)



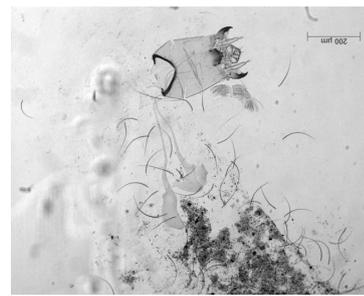
Lopescladius sp (40x)



Microtendipes sp (40x)



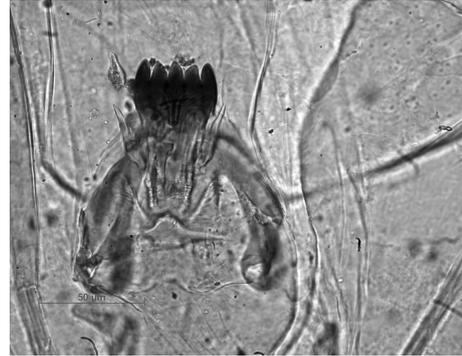
Nilothauma sp (40x)



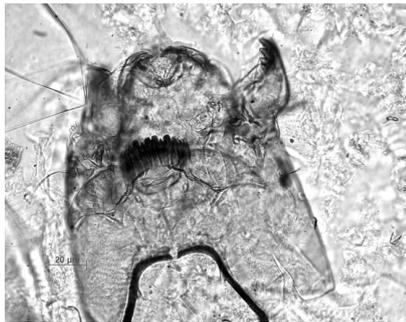
Onconeura sp (10x)



Paratendipes sp (63x)



Pentaneura sp (63x)



Polypedilum sp (40x)



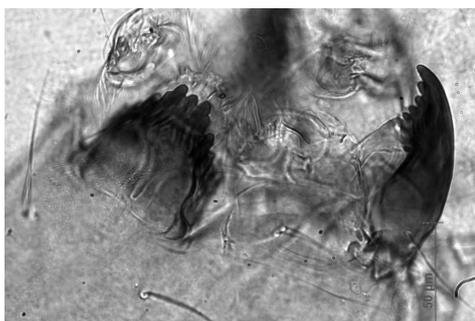
Rheotanytarsus sp (40x)



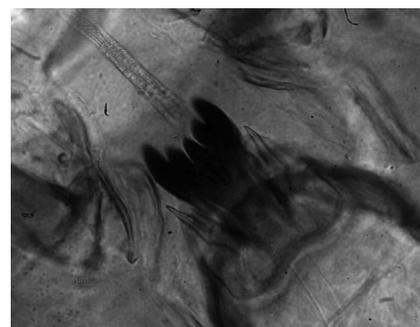
Stempellinella sp (63x)



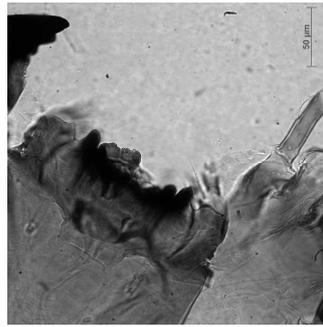
Tanytarsus sp (63x)



Thienemanniella sp1 (63x)



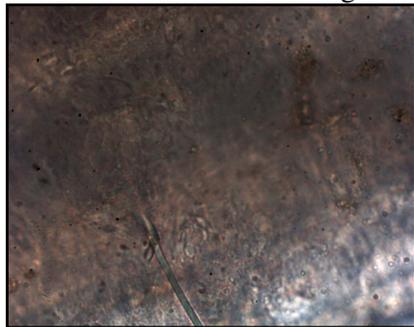
Thienemannimyia (grupo) (63x)



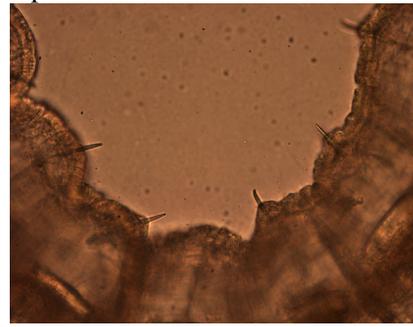
Xestochironomus sp (63x)

Oligochaeta

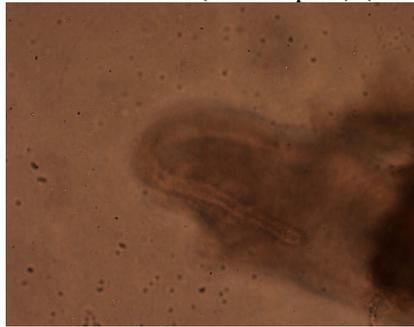
Fotografias em microscópio óptico



Allonais chelata (cerda típica) (63x)



Brinkhurstia americana (cerda típica) (63x)



Dero Aulophorus furcatus (Palpo) (63x)



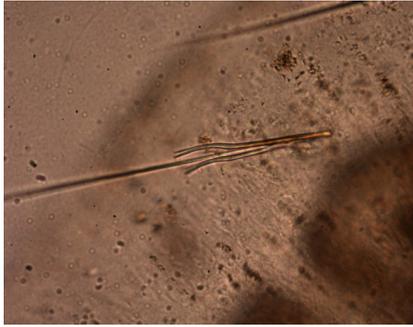
Dero Dero sawayai (Palpo) (63x)



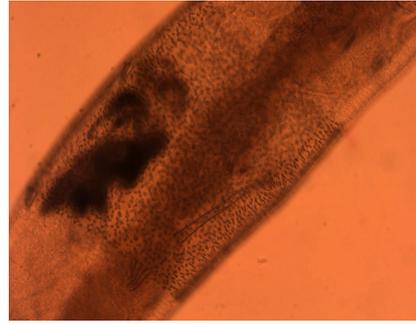
Bothrioneurum (fosseta e boca) (40x)



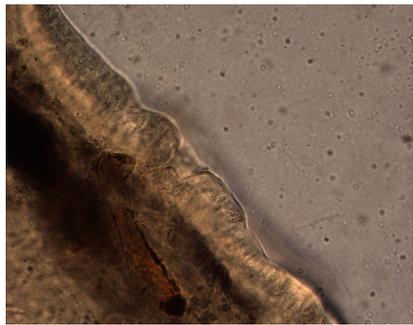
Pristina americana (cerdas) (63x)



Pristina synclites (cerda típica) (63x)



Limnodrilus hoffmeisteri
(clitelo e glândulas) (63x)



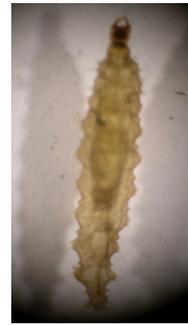
Limnodrilus neotropicus (bainha peniana) (63x)

Coleoptera

Fotografias em microscópio estereoscópico



Berosus sp (16x)



Dibolocelus sp (20x)



Heterelmis sp (32x)



Hexacylloepus sp (32x)



Macrelmis sp (25x)



Microcylloepus sp (25x)



Larva C (50x)



Larva E (40x)



Morfotipo I (40x)



Morfotipo II (32x)



Morfotipo III (20x)



Morfotipo IV (32x)



Neoelmis sp (16x)



Phanocerus sp (50x)



Stenelmis sp (32x)

Ceratopogonidae

Fotografias em microscópio estereoscópico



Culicoides sp (32x)



Dasyhelea sp (20x)

Cecidomyiidae

Fotografia em microscópio estereoscópico



Lopsia sp (50x)

Chaoboridae

Fotografia em microscópio estereoscópico



(32x)

Empididae

Fotografias microscópio estereoscópico



Hemerodromia sp (40x)



Raphomyia sp (32x)

Dolichopodidae

Fotografia microscópio estereoscópico



Rhipium sp (25x)

Ephemeroptera

Fotografias em microscópio estereoscópico



Americabaetis sp (32x)



Apobaetis sp (50x)



Caenis sp (25x)



Campsurus sp (32x)



Farrodes sp (32x)



Thraulodes sp (32x)



Traverella sp (32x)



Traverhyphes sp (25x)



Tortopus sp (16x)



Tricorythopsis sp (40x)

Hemiptera

Fotografias em microscópio estereoscópico



Ambrysus sp (6,5x)



Limnocoris sp (16x)

Lepidoptera

Fotografia em microscópio estereoscópico



Paragyraactis sp (32x)

Odonata

Fotografias em microscópio estereoscópico



Gomphoides sp (labrum) (25x)



Hetaerina sp (6,5x)



Macrothemis sp (6,5x)



Phyllocycla sp (6,5x)

Plecoptera

Fotografia em microscópio estereoscópico



Anacronuria sp (25x)

Trichoptera

Fotografias em microscópio estereoscópico



Cynellus sp (40x)



Hydroptila sp (50x)



Leptonema sp (40x)



Macronema sp (6,5x)



Mexitrichia sp (50x)



Nectopsyche sp (50x)



Oecetis sp (50x)



Oxyethira sp (50x)



Proptila sp (32x)



Smicridea sp (32x)

Hydracarina

Fotografias em microscópio estereoscópico



(25x)



(50x)

Bivalvia

Fotografia em microscópio estereoscópico



(16x)

Corbicula fluminea

Hirudinea

Fotografia em microscópio estereoscópico



(32x)