

INSTITUTO BIOLÓGICO
PÓS-GRADUAÇÃO

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE
BANANA ATRAVÉS DE INDICADORES QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NO RIO
ETÁ, MUNICÍPIO DE SETE BARRAS, VALE DO RIBEIRA – SP.**

Kelly Cristine Rossetti Santana

Dissertação apresentada ao Instituto Biológico, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, para obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Área de Concentração:
Orientador: Prof^o. Dr^o. Luiz Carlos Luchini
Co-orientadora: Prof^a. Dr.^a Giovana Bertini

São Paulo
2014

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar força para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas.

Ao Prof^o. Dr Luiz Carlos Luchini pela orientação, confiança, amizade e paciência, por seu apoio, pelo exemplo de profissional e principalmente pela confiança depositada durante todos esses anos de convivência.

A Prof^a Dr^a Giovana Bertini (UNESP – Registro), pela co-orientação, ensinamentos, paciência, pelo apoio, pela compreensão e amizade e por toda colaboração desde o início do projeto.

Ao meu companheiro Felipe França (UNESP – Registro), em especial, que esteve presente em todo momento de meu projeto, por seu companheirismo e paciência

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Pavarini (UNESP - Registro), pela colaboração na identificação de alguns grupos de insetos.

Ao Prof. Dr. Fiuza e ao Jose Luis Benavides Lopez da Universidade Federal de Viçosa – UFV, que me auxiliaram na identificação da fauna bentônica.

A Dr^a Eliane Vieira, pelo ensinamento e auxílio nas análises químicas.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia de Agroquímicos: Caroline, Gisele, Lucilene, Regina, pelo apoio, ensinamento e companheirismo.

Aos colegas do Laboratório de Cultivo de Crustáceos (LABCRUST) que me auxiliaram durante as coletas de campo: Bianca, Caroline, Ézio, Hermann, Letícia, Mateus, Victor Hugo e Robson.

A Prof^a. Dr^a. Luciana Segura (UNESP-Botucatu) e ao Prof. Dr. Rafael Vilhena Reis Neto (UNESP - Registro), pela paciência em auxiliar na parte estatística.

Ao Wiliam (Funcionário do Parque Intervales), pelo auxílio à coleta no Parque Intervales.

Ao João Luiz Simioni e ao Carlos do Instituto Biológico (SP), pela participação no projeto.

A todos meus familiares, especialmente minha mãe, meus irmãos, minhas tias, minha avó, meu sogro, minha sogra por todo apoio e carinho.

E a todos que colaboraram diretamente ou indiretamente para a realização deste projeto.

SANTANA, K. C. R. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE BANANA ATRAVÉS DE INDICADORES QUÍMICOS E BIOLÓGICOS NO RIO ETÁ, MUNICÍPIO DE SETE BARRAS, VALE DO RIBEIRA – SP. 2014. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental do Agronegócio) – Instituto Biológico.

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade da água do Rio Etá localizado no Vale do Ribeira, Sete Barras (SP) por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Para isso, os macroinvertebrados foram coletados mensalmente de jul/12 a jun/13 em quatro pontos do rio (área de mata preservada, área de transição, área de cultivo de banana e após o cultivo), e num afluente dentro do bananal. Para tal utilizaram-se três métodos de coleta com duração de uma hora para cada: peneira, rede D e coleta manual embaixo de pedras. Em cada ponto também foram mensurados a temperatura, pH e oxigênio dissolvido. Para a análise química foram obtidas amostras de água e sedimento para determinação da presença de agrotóxicos, as quais foram analisadas, respectivamente, por extração em fase sólida e identificadas e quantificadas em HPLC-UV e através do método Quéchers. Os dados foram analisados utilizando-se índices biológicos e técnicas multivariadas de ordenação. Obteve-se um total de 17.312 macroinvertebrados distribuídos em 74 táxons, sendo a Classe Insecta a mais abundante com 16.577 indivíduos e 64 famílias. As famílias mais abundantes foram Vellidae (4.821 inds), Baetidae (1.674 inds), Leptoceridae (1.325 inds) e Chironomidae (1.101 inds). Caenidae e Belastomatidae foram exclusivos do afluente, por serem organismos de ambientes lênticos. A análise de agrupamento dos locais de coleta demonstrou que a área após o cultivo e o afluente ficaram isolados dos demais, estando relacionado em parte, com a porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera que diminuiu em direção a jusante do rio, por serem organismos considerados sensíveis às perturbações ambientais. Já Corixidae e Hydrochidae, que são organismos mais tolerantes a poluição, aumentaram em direção ao ponto após o cultivo (jusante). Os menores valores de abundância foram detectados na área após o cultivo e no afluente e a maior riqueza nas áreas de mata preservada e de transição. Já o índice de diversidade (H') não diferiu entre os pontos amostrados no rio. As análises multivariadas indicaram que ocorreu uma diminuição na abundância dos táxons de acordo com o aumento da temperatura e a diminuição do pH. Das amostras de água analisadas por HPLC-UV 46,7% apresentaram baixas concentrações de resíduos, sendo que o diuron foi o

ingrediente ativo mais quantificado (60,7%), seguido por carbofunano (28,6%), carbaril (7,1%) e tebuconazol (3,6%). Já as amostras de sedimento não apresentaram resíduos por agrotóxicos. As análises estatísticas não demonstraram relação dos agrotóxicos com a comunidade de macroinvertebrados, tal fato pode estar relacionado à baixa concentração dos ingredientes ativos nas amostras durante o período de estudo. Com base no exposto, pode-se inferir que apesar da região estudada estar sob impactos antrópicos, estes ainda não estão sendo suficientes para alterar drasticamente as condições da macrofauna e a qualidade da água do rio Etá. Dessa maneira, o presente estudo serve como subsídio para futuros trabalhos de monitoramento químico, físico e biológico na região do Vale do Ribeira.

Palavras-chave: Macroinvertebrados, agrotóxicos, índices bióticos, monitoramento ambiental, cultura de banana, impacto ambiental.

SANTANA, K.C.R. EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS IN AREA OF BANANA PRODUCTION BY CHEMICAL AND BIOLOGICAL INDICATORS IN RIVER ETÁ, THE MUNICIPALITY OF SETE BARRAS, VALE DO RIBEIRA - SP. . 2014
Dissertation (Master in Health, Food Safety and Environmental Agribusiness) -
Biological Institute.

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate the water quality of the river Etá located in Vale do Ribeira, Sete Barras (SP) through the use of physical, chemical and biological parameters. For this purpose, macroinvertebrates were collected monthly from July 12 to June 13 at four points of the river (preserved area, transition area, area of banana's cultivation and after culture), and a tributary within the banana plantation. Three collecting methods lasting of one hour each were applied: strainer, D network and manual gathering under rocks. At each point, temperature, pH and dissolved oxygen were measured. For the chemical analysis, water and sediment samples have been taken to verify the presence of pesticides, which were analyzed respectively by solid extraction, identified and quantified by HPLC-UV and the QuEChERS method. The data were analyzed by using biological index and multivariate organization techniques. There was obtained a total of 17,312 macroinvertebrates distributed in 74 táxons. Class Insecta was the most abundant with 16,577 individuals and 64 families. The most abundant families were Vellidae (4,821 inds), Baetidae (1,674 inds), Leptoceridae (1,325 inds) and Chironomidae (1,101 inds). Caenidae and Belastomatidae were exclusive in the tributary because they are organisms of lentic environments. Cluster analysis of the sampling sites showed that the area after cultivation and the tributary became isolated from the others, due to the percentage of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera which decreased toward the downstream of the river. Because of this, they have been considered sensitive organisms to environmental disturbances. However, Corixidae and Hydrochidae, organisms that are more tolerant to pollution, increased toward the point after cultivation (downstream). The lowest values of abundance were detected in the area after cultivation and in the tributary, and the greater wealth were found in the areas of preserved forest and transition. The diversity index (H') did not differ between the sampled points on the river. Multivariate analysis indicated that there was a decrease in the abundance of the táxons in accordance with the temperature increase and pH reduction. Water samples analyzed by HPLC-UV 46.7% showed low concentrations of waste. The most quantified ingredient was diuron (60.7%), followed by carbofurano (28.6%), carbaryl (7

1%) and tebuconazole (3.6%). The sediment samples showed no pesticide residues. Statistical analyzes haven't showed relationship between pesticides and macroinvertebrate community. This fact can be related to the low concentration of active ingredients in the samples during the search period. On this basis, it can be inferred that despite the studied region being under anthropic impacts, they still aren't enough to drastically alter the macrofauna's conditions and water quality of the river Etá. Thus, this study is important as a resource for future studies of chemical, physical and biological monitoring in Vale do Ribeira region.

Keywords: Macroinvertebrates, pesticides, biotic index, environmental monitoring, banana plantation, environmental impact.

SUMÁRIO

RESUMO	iii
SUMMARY	v
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	4
3.1. A Bananicultura	4
3.2. A qualidade da água e o monitoramento biológico	7
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1. Área de estudo	11
4.2. Metodologia de coleta	11
4.3. Material biológico.....	14
4.4. Análise dos dados	15
4.4.1. Índices de diversidade.....	15
4.4.2. Equidade	16
4.4.3. Abundância, riqueza e diversidade.....	16
4.4.4. Similaridade	17
4.5. Índices biológicos	17
4.5.1 Porcentagem de Chironomidae (%Chir)	17
4.5.2 Porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (%EPT).....	18
4.5.3. Razão de EPT e CHIR (EPT/CHIR).....	18
4.5.4. Biological Monitoring Working Party System (BMWP)	19
4.5.5. Average Score Per Taxon (ASPT)	19
4.6. Variáveis físicas e químicas da água e do sedimento	20
4.6.1. Avaliação das condições da qualidade da água	20
4.6.2. Seleção e características dos agrotóxicos monitorados na área de estudo.....	20
4.6.3. Coleta e extração dos ingredientes ativos dos agrotóxicos em água.....	22
4.6.4. Caracterização do sedimento e do solo	25
4.6.5. Extração dos agrotóxicos no sedimento.....	25
4.6.6. Quantificação dos ingredientes ativos em água e sedimento.....	26
4.6.7. Construção das curvas analíticas de água e sedimento.....	27
4.6.8. Avaliação da performance dos métodos analíticos	27

4.6.9. Recuperação dos métodos de extração de sedimento	28
4.7. Influência das variáveis ambientais na distribuição espacial e composição da comunidade de macroinvertebrados	29
4.8. Educação ambiental nas escolas	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1. Número de indivíduos, Riqueza e Diversidade	31
5.2. Similaridade	39
5.3. Índices biológicos	44
5.4. Índices de Porcentagem, Razão e Riqueza para famílias sensíveis e resistentes	46
5.5. Avaliação das condições da qualidade da água	49
5.6. Caracterização do sedimento	52
5.7. Curvas analíticas dos ingredientes ativos dos agrotóxicos monitorados para água e sedimento	54
5.8. Recuperação dos métodos de extração de sedimento	55
5.9. Monitoramento dos ingredientes ativos dos agrotóxicos em água e sedimento	56
5.10. Influência das variáveis ambientais na distribuição espacial e composição da comunidade de macroinvertebrados	60
5.11. Educação ambiental nas escolas	65
6. CONCLUSÃO	68
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapa da região de estudo demonstrando os pontos de coleta no Rio Etá, município de Sete Barras, Vale do Ribeira – SP e em um afluente. (Imagem obtida do Google Earth). 12
- Figura 2. Locais amostrados no Rio Etá, Sete Barras – SP. 1 - Área de mata preservada; 2 - Área de transição; 3 - Área de cultivo de banana; 4 - Após o cultivo de banana; 5 – Afluente. Fotos: G. Bertini.13
- Figura 3. Metodologia de coleta (A – rede D; B – coleta manual embaixo de pedras; C - peneira cilíndrica) nos pontos de coleta no Rio Etá, Sete Barras-SP. Fotos: G. Bertini.14
- Figura 4. Triagem do material proveniente da peneira e/ou rede D. Fotos: F.G. França.15
- Figura 5. Fórmula estrutural da azoxistrobina. 21
- Figura 6. Fórmula estrutural do carbaril.21
- Figura 7. Fórmula estrutural do carbofurano.21
- Figura 8. Fórmula estrutural do diuron.22
- Figura 9. Fórmula estrutural do tebuconazol.22
- Figura 10. Sistema para extração em fase sólida. Fotos: K.C.R. Santana.23
- Figura 11. Procedimento de extração em fase solida (1 – Filtragem da amostra, 2 - Extração dos agrotóxicos, 3 – Eluição dos agrotóxicos, 4 – Concentração da amostragem nitrogênio a 40°C, 5 - Ressuspensão em acetonitrila:metanol, 6 – Homogeneização em ultra-som, 7 – Filtragem a amostra) com amostras de água superficial dos locais analisados. Fotos: K.C.R. Santana e L. Murakami.24
- Figura 12. Abundância de macroinvertebrados nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras – SP. 37
- Figura 13. Riqueza de macroinvertebrados nos locais amostrados nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras – SP.37
- Figura 14. Índice de diversidade (H') e equidade (E') da comunidade de macroinvertebrados nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de

	mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras – SP.	38
Figura 15.	Dendograma de agrupamento nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras – SP.	42
Figura 16.	Dendograma de agrupamento nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo), Sete Barras - SP	42
Figura 17.	Dendograma de agrupamento da comunidade total (Modo Q) de macroinvertebrados no Rio Etá e no afluente, Sete Barras – SP.	43
Figura 18.	Porcentagem de Chironomidae (% CHIR), porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (% EPT), Razão entre Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Chironomidae (Razão EPT/CHIR), Riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (S EPT) no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP.....	47
Figura 19.	Potencial de hidrogênio (pH) da água nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP..	50
Figura 20.	Oxigênio dissolvido na água nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP	50
Figura 21.	Temperatura da água nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP	51
Figura 22.	Pluviosidade do município de Sete Barras – SP no período de amostragem. (Fonte EPAGRI).....	51
Figura 23.	Análise de Redundância (RDA): diagrama da ordenação dos táxons, meses/locais (em azul) e os fatores ambientais (em vermelho	64
Figura 24.	Atividades de educação ambiental com alunos de ensino médio da escola E.E Plácido de Paula e Silva.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Agrotóxicos registrados para o controle dos principais problemas fitossanitários na cultura da banana	5
Tabela 2. Ingredientes ativos dos agrotóxicos registrados para uso no cultivo de banana	6
Tabela 3. Classificação da qualidade de água e os significados dos escores do BMWP conforme (Junqueira; Campos, 1998).....	19
Tabela 4. Classificação da qualidade de água e os significados dos valores do ASPT conforme Mandaville (2002)	20
Tabela 5. Valores de referência para as condições e padrões de qualidade de águas da classe 2, conforme CONAMA 357 (2005).....	20
Tabela 6. Característica da fase estacionária e móvel e condições cromatográficas por HPLC-UV	26
Tabela 7. Comprimentos de onda e tempos de retenção dos ingredientes ativos monitorados por HPLC-UV	26
Tabela 8. Concentração dos ingredientes ativos utilizados nas curvas analíticas para amostras de sedimento	27
Tabela 9. Concentração dos ingredientes ativos utilizados nas curvas analíticas para amostras de água	27
Tabela 10. Parâmetros para a avaliação dos métodos analíticos	28
Tabela 11. Distribuição geral dos macroinvertebrados nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF = afluente), Sete Barras - SP (Jul/2012 a Jun/2013)	35
Tabela 12. Abundância dos indivíduos, riqueza, índice de diversidade (H') e equidade (E') nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP.....	36
Tabela 13. Resultados do procedimento de permutação multi-resposta (MRPP) a abundância, riqueza e diversidade da comunidade de macroinvertebrados entre os locais amostrados no Rio Etá e no afluente, Sete Barras - SP.....	38
Tabela 14. Pontuação dos índices BMWP e ASPT e suas respectivas classificações da qualidade da água no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras –SP.....	45

Tabela 15. Porcentagem de Chironomidae (% CHIR), porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (% EPT), Razão entre Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Chironomidae (Razão EPT/CHIR), Riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (S EPT) no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras-SP ..47	
Tabela 16. Porcentagem de Chironomidae (% CHIR), porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (% EPT), Razão entre Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Chironomidae (Razão EPT/CHIR), Riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (S EPT) no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP.48	
Tabela 17. Análise granulométrica do sedimento no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP53	
Tabela 18. Porcentagem das frações granulométricas do sedimento no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP53	
Tabela 19. Resultados da matéria orgânica (M. O.) e do pH no sedimento no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP53	
Tabela 20. Equação da reta e coeficiente de correlação das curvas analíticas para os ingredientes ativos dos agrotóxicos monitorados em água.54	
Tabela 21. Equação da reta e coeficiente de correlação das curvas analíticas para os ingredientes ativos dos agrotóxicos monitorados em sedimento.54	
Tabela 22. Níveis de fortificação (1 e 2) e médias das porcentagens de recuperação para o método de extração QuEChERS em amostras de sedimento.....55	
Tabela 23. Número de amostras com resposta positiva, para os ingredientes ativos monitorados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras-SP.....58	

Tabela 24. Número de amostras com resposta positiva, para os ingredientes ativos monitorados durante os meses no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras-SP.....	58
Tabela 25. Resultados da quantificação dos ingredientes ativos dos agrotóxicos em amostras de água no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras-SP	59
Tabela 26. Síntese dos resultados da Análise de Redundância (RDA) entre as variáveis ambientais e os grupos taxonômicos de macroinvertebrados. Foram destacadas as variáveis com coeficiente de correlação ($r > 0,5$) em relação ao primeiro eixo de ordenação.....	62
Tabela 27. Siglas utilizadas no dígrama de ordenamento da RDA.....	63
Tabela 28. Média dos parâmetros físicos e químicos (pH, nitrato, nitrito, amônia, oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade elétrica, turbidez e ortofostato) analisado pelos alunos da Escola Estadual Plácido de Paula e Silva.	67

1. INTRODUÇÃO

A banana é uma das frutas mais importantes do mundo, tanto no que se refere à produção quanto à comercialização. Em muitos países, além de ser um alimento complementar da dieta da população, a banana apresenta grande relevância social e econômica, pois serve como fonte de renda para muitas famílias de agricultores (GUIMARÃES, 2011).

No Vale do Ribeira o sustento das famílias é baseado principalmente na agricultura, sendo predominantes as culturas de banana, plantas ornamentais e chá, além do extrativismo vegetal (palmito). Muitas destas culturas se estendem às margens dos rios, como é o caso da bananicultura. Marques et al. (2007) observaram que nos municípios de Eldorado, Registro e Sete Barras a bananicultura já está presente em quase toda a fronteira dos rios. Esse avanço pode gerar alterações ao ambiente, principalmente, devido ao uso inadequado de determinados defensivos agrícolas e fertilizantes que podem prejudicar a qualidade da água e as comunidades de animais e plantas ali existentes.

De acordo com Serafim (2009) o potencial de contaminação ambiental, proveniente das práticas agrícolas adotadas na bananicultura no Vale do Ribeira, levou a questionamentos por parte do Ministério Público Estadual, quanto ao impacto da atividade agrícola sobre os corpos hídricos do local, em função do uso de agrotóxicos. Em seu estudo foi detectado a presença de agrotóxicos (azoxistrobina, carbofurano, carbaril, diuron e tebuconazole) em amostras de água superficiais de pôlders dentro de bananais e em amostras do Rio Ribeira de Iguape. Em função dos resultados obtidos por Serafim (2009), a presente dissertação teve como um dos objetivos investigar os possíveis impactos químicos da cultura da banana sobre as comunidades de macroinvertebrados presentes no Rio Etá, a fim de verificar se outros cursos d'água da região do Vale do Ribeira estão sendo afetados pelos defensivos agrícolas aplicados região.

O presente estudo se preocupou com os fatores bióticos e abióticos, visto que as análises químicas por si só não refletem os impactos causados ao ambiente, sendo que a análise conjunta com os organismos presentes no ambiente pode refletir melhor o que acontece no ecossistema. Segundo Arias et al. (2007) quando determinadas substâncias químicas provenientes de atividades agrícolas são lançadas no ambiente aquático, elas podem interagir com os organismos vivos podendo causar diversas alterações, além de gerar graves desequilíbrios ecológicos, dependendo do grau de contaminação e do tempo de exposição destes produtos na água. Dessa maneira, a realização do

monitoramento químico e biológico realizado no presente projeto será um meio de detectar como se encontra o ambiente aquático ao longo de um trecho do Rio Etá em áreas próximas a bananicultura.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo do presente trabalho foi investigar a qualidade da água do Rio Etá, Sete Barras, região do Vale do Ribeira (SP) por meio de parâmetros físico-químicos e biológicos ao longo de um percurso contendo áreas preservadas e com a presença de bananicultura.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar a composição da fauna de macroinvertebrados (bioindicadores) presentes no Rio Etá e num afluente presente dentro do bananal;
- Verificar a associação dos parâmetros físico-químicos sobre a comunidade de macroinvertebrados e detectar a presença de táxons bioindicadores da qualidade de água;
- Comparar a qualidade da água do Rio Etá em áreas preservadas e cultivadas com banana e no afluente, por meio de análises dos parâmetros físico (temperatura da água) e químicos (potencial hidrogeniônico e oxigênio dissolvido);
- Analisar a qualidade da água através de índices biológicos;
- Monitorar a presença e a concentração dos agrotóxicos azoxistrobina, carbaril, carbofurano, diuron e tebuconazol na água do Rio Etá e no afluente;
- Realizar programa de educação ambiental numa Escola Estadual com estudantes de ensino médio, com o intuito de mostrar a importância da biota presente no rio e os possíveis impactos sofridos por ações antrópicas.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 *Bananicultura:*

A banana, *Musa* spp. é de grande importância econômica e nutricional mundialmente, sendo a fruta mais consumida no mundo com uma produção de 107.142.187 toneladas (FAO, 2011).

A banana é uma fruta que se destaca por ser uma das mais consumidas nos domicílios das principais regiões metropolitanas do país e pelas diversas camadas da população. Com consumo em torno de 25 kg/ano per capita (EMBRAPA, 2013), é uma fruta constituída de 70% de água e seu material sólido é boa fonte de energia, possui alto teor de carboidratos (23 a 32 g/100gramas), proteínas (1,0 a 1,3 g/100gramas) e gorduras (0,37 a 0,48 g/100 gramas), também é rica em vitaminas A, B, e C e minerais (Ca, K e Fe), além de possuir baixos teores calóricos (90 a 120 Kcal/100gramas) (BORGES; SOUZA, 2004).

De acordo com a Embrapa (2011), o Brasil se destacou como o quinto produtor mundial de banana. Sendo que estudos mostraram que esta fruta em 2014 foi a segunda mais produzida no Brasil (6.947.786 toneladas), sendo superada apenas pela laranja com produção de 16.284.476 toneladas (IBGE, 2014).

O sudeste do Brasil é a segunda região de maior produção de banana (2.272.856 de toneladas), onde se destaca o Estado de São Paulo (1.191.547 de toneladas) (IBGE, 2014). O Vale do Ribeira é a principal região produtora de banana do Estado de São Paulo, com produção de 786.394 toneladas (70,1%) em cerca de 33.650 ha (64,2%), tendo o predomínio do cultivo em pequenas propriedades de agricultura familiar (SEBRAE, 2012).

De acordo com a Embrapa (2013), a bananicultura constitui-se em uma das atividades de maior importância no agronegócio no Brasil, porém, a cultura apresenta baixa produtividade, reflexo de um conjunto de problemas fitotécnicos, como o manejo inadequado dos bananais e problemas fitossanitários relacionados às doenças. Os principais problemas fitossanitários podem ser observados na tabela 1, os quais demandam o uso de controle químico (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Agrotóxicos registrados para o controle dos principais problemas fitossanitários na cultura da banana.

Praga / Doença		Organismo	Ingrediente ativo
Nome popular	Nome científico		
Sigatoka amarela e Sigatoka negra	<i>Mycosphaerella musicola</i> e <i>Mycosphaerella fijiensis</i>	fungos	Azoxistrobina bromuconazol clorotalonil difenoconazol epoxiconazol flutriafol mancozebe óleo mineral derivados de cobre (hidróxido, óxido e oxiclreto) piraclostrobina pirimetanil propiconazol tebuconazol tetraconazol tiofanato-metilico triadimenol tridemorfe trifloxistrobina
Moleque-da- bananeira	<i>Cosmopolites sordidus</i>	inseto	Carbofurano fostiazato sordidim terbufós
Traça-da-banana	<i>Opogona sacchari</i>	inseto	Acefato carbaril clorpirifós diazinon diclorvós malatiom triclorfom
Nematóide cavernícola	<i>Radopholus similis</i>	nematóide	Carbofurano fenamifós fostiazato terbufós
Trapoeiraba, tiririca, capim marmelada, guanxuma e maria gorda	<i>Commelina difusa</i> , <i>Cyperus sp.</i> , <i>Brachiaria plantaginea</i> , <i>Sida rhombifolia</i> e <i>Talinum paniculatum</i>	infestantes	Ametrina diuron glifosato glufosinato paraquate simazina sulfosate

Tabela 2. Ingredientes ativos dos agrotóxicos registrados para uso no cultivo de banana.

Ingrediente ativo	Grupo químico	Classe agrônômica
Ametrina	Triazina	Herbicida
Azoxistrobina	Estrobilurina	Fungicida
Bromuconazo	Triazol	Fungicida
Carbaril	Metilcarbamato de naftila	Inseticida/regulador de crescimento
Carbofurano	Metilcarbamato de benzofuranila	Acaricida/cupinicida/ inseticida/nematicida
Clorotalonil	Isofalonitrila	Fungicida
Clorpirifós	Organofosforado	Acaricida/formicida/ inseticida
Dicloreto de paraquate	Bipiridílio	Herbicida
Difenoconazol	Triazol	Fungicida
Diuron	Uréia (derivado)	Herbicida
Epoconazol	Triazol	Fungicida
Fenamifós	Organofosforado	Nematicida
Flutriafol	Triazol	Fungicida
Fostiazato	Organofosforado	Inseticida/nematicida
Glifosato	Glicina substituída	Herbicida
Glifosato - sal de isopropilamina	Glicina substituída	Herbicida
Glufosinato - sal de amônio	Homoalanina substituída	Herbicida/regulador de crescimento
Hidróxido de cobre Inorgânico	Inorganico	Bactericida/fungicida
Imazalil	Imidazol	Fungicida
Mancozebe	Alquilenobis(ditiocarbamato)	Acaricida/fungicida
Metilciclopropeno	Cicloalqueno	Regulador de crescimento
Óleo mineral	Hidrocarbonetos alifáticos	Acaricida/adjuvante/ fungicida/inseticida
Oxicloreto de cobre	Inorgânico	Bactericida/fungicida
Óxido cuproso	Inorgânico	Bactericida/fungicida
Piraclostrobina	Estrobilurina	Fungicida
Primetanil	Anilino pirimidina	Fungicida
Propiconazol	Triazol	Fungicida
Simazina	Triazina	Herbicida
Sordidim	Cetal bicíclico	Feromônio sintético
Sulfato de cobre	Inorgânico	Bactericida/fungicida
Sulfosato	Glicina substituída	Herbicida
Tebuconazol	Triazol	Fungicida
Terbufós	Organofosforado	Inseticida/nematicida
Tetraconazol	Triazol	Fungicida
Tiabendazol	Benzimidazol	Fungicida
Tiacloprido	Neonicotinóide	Inseticida
Tiofanato-metílico	Benzimidazol (precursor de)	Fungicida
Triadimenol	Triazol	Fungicida
Tridemorfe	Morfolina	Fungicida
Trifloxistrobina	Estrobilurina	Fungicida

3.2 A qualidade da água e o monitoramento biológico

Nos últimos anos os ecossistemas aquáticos têm sido fortemente alterados em função do aumento das fronteiras agrícolas e do aumento desordenado das atividades humanas, o que gera grande preocupação em relação à disponibilidade e à qualidade dos recursos hídricos (CALLISTO; MORETTI; GOULART, 2001). De acordo com Myers (1993) a diversidade biológica está diminuindo, e o desaparecimento de habitats é uma das principais razões desta mudança. Além disso, a destruição de florestas e as modificações dos ambientes em áreas agrícolas têm alterado a fauna que habita estes locais (TOMMASSI, 1979). Desta forma, o conhecimento da estrutura da biota aquática e suas relações com as características limnológicas se fazem necessários (BUCKUP et al., 2007).

Segundo Marques, Cotrim e Pires (2007) a agricultura é um dos principais componentes da economia mundial que contribui de forma cada vez mais acentuada para a degradação da qualidade da água através do lançamento de poluentes como agrotóxicos, sedimentos, fertilizantes, adubo de origem animal e outras fontes de matéria orgânica e inorgânica. Os agrotóxicos são substâncias desenvolvidas, principalmente, para controlar doenças e pragas das plantações e aumentar a produção de alimentos (DIAS, 2006). Esses produtos, quando aplicados sobre os campos de cultivo, podem atingir os corpos d'água diretamente através da água da chuva e da irrigação ou indiretamente através da lixiviação no solo, chegando aos lençóis freáticos (ARIAS et al., 2007). De acordo com Tundisi (2003), é possível que ocorra um impacto nos rios à jusante das lavouras, com maior aporte de nutrientes, gerando eutrofização. Dessa maneira, a ação antrópica pode causar impacto ao ambiente aquático no decorrer dos anos, atingindo as comunidades de plantas e animais habitantes de tais locais.

Assim, impacto ambiental pode ser definido como qualquer modificação das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente resultante de atividades humanas, que venha afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, tais como: as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (Resolução do CONAMA n.º 01 de 23/01/86). Em decorrência de tais alterações a existência de ecossistemas naturais tem se mostrado cada vez mais rara, o que motiva a necessidade de monitoramento desses ambientes a fim de se garantir a sua proteção (SILVA et al., 2011).

Os principais critérios utilizados para monitorar os corpos hídricos são os parâmetros físicos, químicos e biológicos (macroinvertebrados, peixes, algas e bactérias). Porém, de acordo com Alba-Tercedor (1996) os parâmetros físicos e químicos embora detectem diretamente os poluentes da água, eles demonstram apenas a situação no momento da coleta. Já a biota aquática tem uma grande importância para detectar as condições ambientais por estar continuamente exposta no ambiente (ROSENBERG; RESH, 1993).

Neste sentido, o monitoramento biológico pode ser definido como o uso sistemático de respostas biológicas para avaliar mudanças ambientais com o propósito de utilizar esta informação em programas de controle de qualidade do ambiente (PINTO, 2009). O monitoramento de organismos vivos é conhecido como biomonitoramento, e serve para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente provenientes de ações antrópicas (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003).

O monitoramento biológico é realizado, principalmente, através da aplicação de diferentes protocolos de avaliação, índices biológicos e multimétricos, tendo como base a utilização de bioindicadores de qualidade de água (GOULART; CALLISTO, 2003). Um dos métodos utilizados é o de taxas indicadoras, que podem ser espécies ou grupos taxonômicos, cujos parâmetros como diversidade, presença ou ausência são utilizados como medidas das condições do ecossistema (HILTY; MERENLENDER, 2000).

As comunidades biológicas presentes nos ecossistemas aquáticos são formadas por organismos que apresentam adaptações evolutivas a determinadas condições ambientais e apresentam limites de tolerância a diferentes alterações do seu hábitat (ALBA-TERCEDOR, 1996). Algumas espécies de macroinvertebrados são sensíveis às perturbações ambientais, como os organismos das ordens Trichoptera, Plecoptera e Ephemeroptera (MANDAVILLE, 2002). Outros, pelo contrário, são resistentes à variação do hábitat, como representantes de Oligochaeta e alguns organismos de Diptera, principalmente, da família Chironomidae (GALDEAN; CALLISTO; BARBOSA, 2000).

Dessa maneira, o monitoramento biológico constitui-se como uma ferramenta na avaliação das respostas das comunidades biológicas às modificações nas condições ambientais originais (GOULART; CALLISTO, 2003; HERING et al., 2004; BONADA et al., 2006). Os bioindicadores mais comuns são os macroinvertebrados bentônicos que são organismos que habitam o fundo dos ecossistemas aquáticos durante, pelo menos, parte de seu ciclo de vida, estando associados aos mais diversos tipos de substratos, tanto orgânicos (folhiço, macrófitas aquáticas), quanto inorgânicos (cascalho, areia, rochas, etc.)

(ROSENBERG; RESH, 1993). São representados por várias espécies de insetos, crustáceos, moluscos e vermes, podendo estar presentes também na coluna d'água, como os insetos da ordem Heteroptera (SILVEIRA; QUEIROZ, 2006).

Segundo Barbour et al. (1999) os principais métodos envolvidos em análises de biomonitoramento abrangem o levantamento e avaliação de modificações na riqueza de espécies e índices de diversidade, abundância de organismos resistentes, perda de espécies sensíveis, medidas de produtividade primária e secundária, sensibilidade a concentrações de substâncias tóxicas (ensaios ecotoxicológicos), entre outros.

No Brasil os estudos relacionados ao monitoramento biológico vêm sendo realizados em várias bacias hidrográficas brasileiras a fim de conhecer a riqueza taxonômica, a diversidade, a composição e a qualidade da água por meio de índices biológicos em comunidades de macroinvertebrados bentônicos. Na maioria das vezes esse monitoramento foi realizado em locais que apresentam atividades antrópicas. Entre eles destacam-se os estudos de Junqueira e Campos (1998); Callisto, Moretti e Goulart (2001); Cota et al. (2002); Buss, Baptista e Nessimian (2003); Callisto et al. (2004); König et al. (2008); Monteiro, Oliveira e Godoy (2008); Bieger et al. (2010). Além desses, destacam-se os trabalhos de Goulart e Callisto (2003) que descreveram a importância do uso dos bioindicadores como ferramentas de estudo em impactos ambientais e os de Arias et al. (2007); Hepp et al. (2010); Almeida, Martins e Tundisi (2011) que observaram a influência da poluição de esgotos, indústrias e atividades agrícolas sobre as comunidades de organismos bentônicos.

O biomonitoramento nos rios do Estado de São Paulo vem sendo ultimamente empregado a fim de investigar e garantir a qualidade dos recursos hídricos por meio do estudo da fauna dos macroinvertebrados, como nos trabalhos de Amorim e Castillo (2009) no Rio Perequê em Cubatão; Watanabe (2007) no Rio Piracicaba englobando seis municípios (Joanópolis, Piracaia, Nazaré Paulista, Bom Jesus dos Perdões, Atibaia e Itatiba); Taniwaki e Smith (2011) no reservatório em Ituparanga em Votorantim.

Na região do Vale do Ribeira os estudos de biomonitoramento são escassos, destacando somente os trabalhos de Henrique (1998) que analisou a macrofauna bentônica para avaliação da qualidade ambiental do Rio Ribeira de Iguape; Bispo (2002) estudou as comunidades de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em riachos do Parque Estadual Intervales; Moccellin (2006) utilizou os macroinvertebrados bentônicos do Rio Jacupiranga para a caracterização da estrutura da comunidade e Reis et al. (2007) que realizaram análises de

organismos bentônicos para avaliar os efeitos do descarte dos resíduos gerados em estação de tratamento de água (ETA) em corpos de água no Rio Ribeira de Iguape.

Em vista do exposto torna-se evidente que o presente estudo é de grande importância, pois irá investigar os possíveis impactos ambientais por meio de indicadores físico-químicos e biológicos que a bananicultura pode estar causando no Rio Etá, município de Sete Barras, Vale do Ribeira (SP).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

A área de estudo compreende o município de Sete Barras, localizado no Vale do Ribeira, mesorregião do Litoral Sul Paulista, onde se situa a bacia do Rio Ribeira de Iguape, localizada à latitude 24°23'16" S e longitude 47°55'32" W, com altitude de 30 metros e uma área 1.062 km² de território (SABESP, 2012). Tem clima subtropical úmido (Af) pela classificação climática de Köppen. Temperatura média anual de 24,3°C (máxima de 30,9°C e mínima de 17,7°C) (CEPAGRI, 2012).

A hidrografia do município de Sete Barras abrange os rios Ribeira de Iguape, Quilombo, Ipiranga, Etá e outros menores (SABESP). O Rio Etá nasce no Parque Estadual Intervales e desemboca no Rio Ribeira de Iguape. Grande parte do parque está dentro da Área de Proteção Ambiental Serra do Mar (APA Serra do Mar) localizado ao Sul do Estado de São Paulo, na Serra do Paranapiacaba, abrangendo parte da bacia do Rio Ribeira de Iguape, com os municípios de Sete Barras, Barra do Turvo, Eldorado, Iporanga, Juquiá, Jujutiba, Miracatu, Pedro de Toledo e Tapiraí.

O Rio Etá foi o escolhido para o desenvolvimento do projeto, pois este nasce no Parque Estadual Intervales que é uma área preservada e no decorrer de seu percurso começa a ter influência antrópica, causando supressão vegetal das margens para as culturas de banana.

4.2. Metodologia de coleta

As coletas foram realizadas mensalmente no período de Julho/2012 até Junho/2013 no Rio Etá (Figura 1). Foram selecionados quatro pontos, delimitados a partir da montante, para representar as diferentes condições encontradas no rio e um ponto num tributário (afluente) dentro do bananal (Figuras 1 e 2).

Ponto 1: Área de mata preservada (AMP) (24°15'260"S e 48°07'119"W) - escolhido como a área de referência, devido a presença de mata ciliar em ambos os lados e ausência de influência antrópica.

Ponto 2: Área de transição (AT) (24°16'376"S e 048°06'445"W) entre a área de mata e início da agricultura de banana. Ainda há bastante mata ciliar, mas, a agricultura está presente nos dois lados do rio, sendo que o rio ainda serve de passagem para tratores, carretas, pessoas, etc. Este ponto situa-se

aproximadamente 3,5 km do primeiro ponto de coleta (calculados no Google Earth).

Ponto 3: Área de cultivo de banana (ACB) ($24^{\circ}17'514''S$ e $48^{\circ}06'475''W$) onde ambas as margens do rio apresentam pouca cobertura vegetal natural. Neste ponto o rio também é utilizado como via de transportes. Este ponto está localizado aproximadamente 2,7 km de distância do segundo ponto (calculados no Google Earth).

Ponto 4: Área após o cultivo (AAC) ($S24^{\circ}18'188''S$ e $048^{\circ}06'157''W$) está localizado após a maioria das plantações de banana e recebe aporte de água de outros pequenos rios que atravessam os bananal. Nas margens tem-se cultivo em agrofloresta e bananicultura. Depois deste ponto só há pastagens. O ponto está aproximadamente 2,6 km do quinto ponto (calculados no Google Earth)

Ponto 5: Área do Afluente (AF) ($24^{\circ}17'321''$ e $48^{\circ}06'148''W$) dentro do bananal, trata-se de uma drenagem artificial vinda de uma nascente natural que foi construída para diminuir a umidade do solo dentro do bananal. Não possui cobertura vegetal natural. Este ponto está aproximadamente 0,9 km do terceiro ponto (calculados no Google Earth).

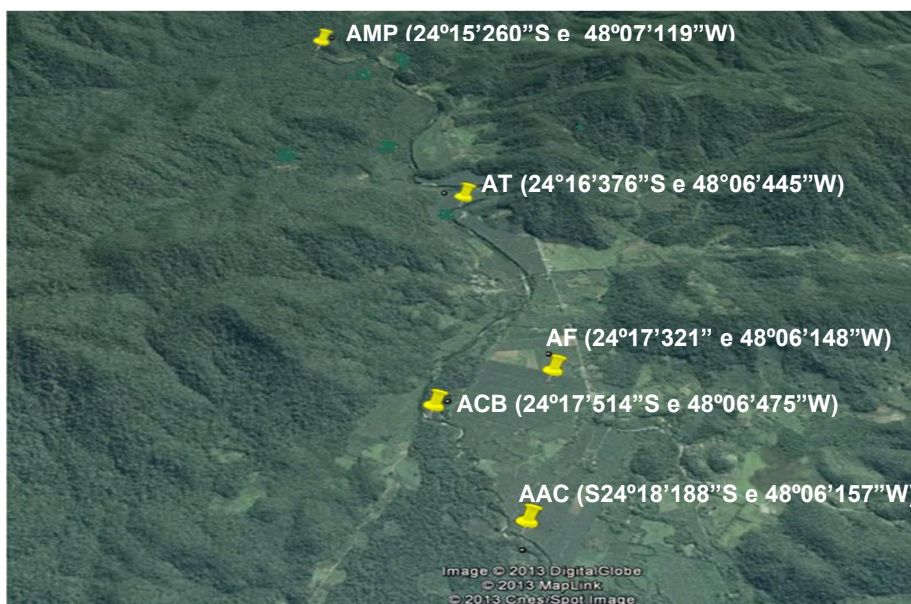


Figura 1. Mapa da região de estudo demonstrando os pontos de coleta no Rio Etá, município de Sete Barras, Vale do Ribeira – SP e em um afluente. (Imagem obtida do Google Earth).



Figura 2. Locais amostrados no Rio Etá, Sete Barras – SP. 1 - Área de mata preservada; 2 - Área de transição; 3 - Área de cultivo de banana; 4 - Após o cultivo de banana; 5 – Afluente. Fotos: G. Bertini.

4.3. Material biológico

Os macroinvertebrados foram coletados por três pessoas durante uma hora em cada ponto de coleta. Foram utilizados três métodos de coleta com o intuito de realizar amostras em todos os nichos do rio: rede do tipo D (malha de 250 μm) que foi passada sob a vegetação e folhiços próximo à margem do rio; coleta manual nas pedras com auxílio de pinças; e peneira cilíndrica (diâmetro de 240 mm e malha de 1 mm) que foi passada sobre o sedimento, pedras e folhiços do rio (Figura 3). O material coletado nas redes foi transferido para bandejas plásticas, os organismos foram triados com auxílio de pinças e acondicionados em frascos previamente etiquetados, contendo álcool 70% para a rápida fixação e preservação dos mesmos (Figura 4). Os organismos foram transportados para o Laboratório de Biologia e Cultivo de Crustáceos (LABCRUST) na Universidade Estadual Paulista – UNESP Registro, para análise.



Figura 3. Metodologia de coleta (A – rede D; B – coleta manual embaixo de pedras; C - peneira cilíndrica) nos pontos de coleta no Rio Etá, Sete Barras-SP. Fotos: G. Bertini.



Figura 4. Triagem do material proveniente da peneira e/ou rede D. Fotos: F.G. França.

Em laboratório os organismos foram triados para a separação dos táxons sob um estereomicroscópio. A identificação ao nível de família foi efetuada com auxílio de chaves de identificação e bibliografias especializadas (HECKMAN, 2006; CALOR, 2007; HECKMAN, 2008; FERNÁNDEZ e DOMINGUEZ, 2009) Alguns grupos foram identificados somente ao nível de Classe ou Ordem.

4.4. Análise da Comunidade de macroinvertebrados

4.4.1. Índice de Diversidade

A diversidade dos organismos foi estimada pelo índice de Shannon-Wiener (PIELOU, 1966), assim como seus componentes, riqueza taxonômica e a equidade.

O índice diversidade (H') é expresso pela fórmula:

$$H' = \sum_{i=1}^S (P_i)(\log_2 P_i)$$

S = número de táxons

$$P_i = \frac{n_i}{N}; \quad n_i = \text{n}^\circ \text{ de indivíduos do táxon } i \text{ na amostra;}$$

$$N = \text{n}^\circ \text{ total de indivíduos.}$$

A riqueza de um ambiente tem um papel muito importante para o ecossistema estudado. Segundo Rosenberg e Resh (1993), a riqueza de espécies é um descritor integrativo da comunidade, sendo influenciado por um grande número de fatores naturais ambientais bem como perturbação antropogênica. Sendo assim, a riqueza é estimada pelo número total de táxons encontrados na amostra (MAGURRAN, 1988).

A riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera e Tricoptera foi analisada separadamente pelo fato desses organismos serem considerados mais sensíveis devendo apresentar maior abundância de acordo com a qualidade da água (MANDAVILLE, 2002).

O índice de diversidade foi efetuado com o programa MVSP (Multivariate Statistical Package) (KOVAK COMPUTING SYSTEMS, 1998).

4.4.2. Equidade

Segundo Magurran (1988), a equidade é estimada para verificar se a comunidade está em equilíbrio.

A equidade foi estimada pela equação:

$$\text{Equidade: } E' = \frac{H'}{\log_2 S},$$

S= Número de táxons na amostra;

H'= Índice de Shannon- Wiener

A equidade foi efetuada com o programa (Multivariate Statistical Package) (KOVACK COMPUTING SYSTEMS, 1998).

4.4.3. Abundância, riqueza e diversidade

Para identificar diferenças estatísticas entre os pontos de coleta em relação à abundância dos macroinvertebrados, riqueza (número de táxons) e no índice de diversidade (H') foi realizado o procedimento de permutação multi-resposta (Multi-Response Permutation Procedure - MRPP) pelo pacote estatístico PC-ORD, versão 6 (McCUNE e MEFFORD, 2011).

As comparações foram efetuadas primeiramente entre todos os pontos de coleta e, posteriormente, somente entre os pontos efetuados no Rio Etá com o propósito de verificar as diferenças na abundância, riqueza e diversidade ao

longo do gradiente do rio, excluindo o afluente que é um local com características distintas do rio. Essa análise foi escolhida devido à falta de réplicas.

4.4.4. Similaridade

Para verificar a similaridade entre os táxons (modo R) e entre os pontos de coleta (modo Q) foi efetuada a análise de agrupamento (Cluster Analysis). Para isso, os dados foram reduzidos para eliminar os táxons com baixa ocorrência (número inferior a 20 indivíduos e que ocorreram em menos que três pontos). Procedimentos semelhantes foram utilizados por outros autores, como por exemplo: Marchant (1999), Melo e Hepp (2008), Rolon e Stenert (2010) e Sanchez-Arguello (2010). O método de ligação utilizado foi à média não ponderada (unweighted group averaging ou UPGMA), usando o índice de distância de Bray-Curtis. Os dados foram previamente transformados em $\log_{10}(x+1)$, de forma a aproximar a distribuição dos táxons a uma condição de normalidade. A análise de agrupamento é um recurso que permite a visualização de padrões de similaridade entre as amostras, baseando-se no reconhecimento de semelhanças na ocorrência dos dados entre as amostras. Sendo que, o resultado varia de 0 a 1 (quanto mais próximo de 1 são mais similares).

As análises de agrupamento foram efetuadas no programa MVSP (Multivariate Statistical Package) (KOVACK COMPUTING SYSTEMS, 1998).

4.5. Índices biológicos

Foram utilizados alguns índices biológicos para analisar a saúde ambiental de modo a comparar e verificar o grau da qualidade da água do Rio Etá. Utilizaram-se os seguintes índices: %Chir (porcentagem de abundância de Chironomidae); %EPT (porcentagem de abundância de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera); razão da abundância entre EPT/CHIR e a riqueza de EPT; BMWP (Biological Monitoring Working Party System) (JUNQUEIRA; CAMPOS, 1998); *Average Score Per Taxon* (ASPT) (MANDAVILE, 2002).

4.5.1 Porcentagem de Chironomidae (%Chir)

Quando o ambiente se encontra em desequilíbrio o número de indivíduos de Chironomidae pode apresentar uma abundância elevada. Segundo Klemm et

al. (1990) o índice é calculado pela relação entre a abundância relativa de indivíduos da família Chironomidae e a abundância total de indivíduos na amostra.

A %Chir foi determinada pela equação:

$$\%Chir = \frac{P_{Chir}}{P} \times 100, \quad p_{Chir} = \text{abundância relativa de Chironomidae};$$

P = abundância de indivíduos na amostra.

4.5.2 Porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (%EPT)

Segundo Klemm et al. (1990), este índice é uma forma rápida e simples para demonstrar a qualidade de um ambiente e é calculado pela abundância relativa das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em relação a abundância do total de indivíduos na amostra. De acordo com Resh e Jackson (1993) a porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Tricoptera tende a diminuir quando há perturbações no ambiente.

A %EPT foi determinada pela fórmula:

$$\%EPT = \frac{P_E + P_P + P_T}{P} \times 100, \quad p_E = \text{abundância relativa de Ephemeroptera};$$

$p_P =$ abundância relativa de Plecoptera;

$p_T =$ abundância relativa de Trichoptera.

4.5.3 Razão de EPT e Chir (EPT/Chir)

O razão de EPT/Chir é a relação entre Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (considerados organismos sensíveis) e Chironomidae (organismos tolerantes ao estresse ambiental) (PLAFKIN et al., 1989).

A razão EPT/Chir foi determinada pela fórmula:

$$\frac{EPT}{Chir} = \frac{n_E + n_P + n_T}{n_{Chir}}, \quad n_{Chir}: \text{número total de Chironomidae.}$$

4.5.4 Biological Monitoring Working Party System (BMWP)

O índice de BMWP ordena os organismos em grupos de táxons, no qual cada táxon tem valores numéricos que variam de acordo com sua tolerância à poluição. No presente estudo foram utilizadas as pontuações de acordo com Alba-Tercedor (1996); Junqueira e Campos (1998); Monteiro, Oliveira e Godoy (2008) para efeito de complementação dos táxons encontrados nos locais amostrados. Os valores dos táxons foram ordenados de forma qualitativa sendo que as pontuações variam de um (organismos mais tolerantes) a dez (organismos mais sensíveis) segundo Armitage et al. (1983). Os somatórios desses valores resultam em um escore que classifica a qualidade da água de excelente a ruim (Tabela 3).

No presente estudo utilizou a forma modificada do índice BMWP de acordo com Junqueira e Campos (1998) (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação da qualidade de água e os significados dos escores do BMWP conforme (Junqueira; Campos, 1998).

Classe	Faixa de Pontuação	Qualidade
I	>81	Excelente
II	61-80	Boa
III	41-60	Regular
IV	26-40	Ruim
V	<25	Muito Ruim

4.5.5. Average Score Per Taxon (ASPT) - Pontuação Média por Taxon

O índice ASPT é uma derivação do BMWP, calculado pela razão entre o escore obtido no BMWP e o número total de táxons pontuada na amostra. Ou seja, o ASPT é a média dos valores de cada família encontrada na amostra (ARMITAGE et al., 1983). O valor de ASPT caracteriza o índice mais alto considerando a água como muito boa e o mais baixo como muito ruim (MANDAVILLE, 2002) (Tabela 4).

Tabela 4. Classificação da qualidade de água e os significados dos valores do ASPT conforme Mandaville (2002).

Classe	Faixa de Pontuação	Qualidade da água
I	>6	água limpa
II	5,00-6,0	qualidade questionável
II	4,00-5,0	poluição moderada
IV	<3	poluição severa

4.6. Variáveis físicas e químicas da água e do sedimento

4.6.1 Avaliação das condições da qualidade da água

Durante a coleta foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos da água: temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (Mg. L⁻¹) nos meses de Dezembro/2012 a Junho/2013 com um oxímetro. O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado mensalmente por meio de um peagâmetro manual.

Os resultados obtidos foram comparados aos valores definidos pela Resolução do CONAMA 357 (2005) (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de referência para as condições e padrões de qualidade de águas da classe 2, conforme CONAMA 357 (2005).

Condição e padrão de qualidade	Valor de referência*
pH	6,0 a 9,0
Oxigênio dissolvido	não inferior a 5 mg L ⁻¹ de O ₂

* valores de referência de acordo com o CONAMA 357 (2005)

4.6.2 Seleção e características dos agrotóxicos monitorados na área de estudo

Os agrotóxicos azoxistrobina, carbaril, carbofurano, diuron, tebuconazol foram selecionados para serem monitorados a partir de entrevista realizada previamente com agricultores do local de estudo.

O ingrediente ativo azoxistrobina, de nome químico (IUPAC) “methyl (E)-2-{2-[6-(2-cyanophenoxy)pyrimidin-4-yloxy]phenyl}-3-methoxyacrylate”, é um fungicida do grupo estrobilurina, com estrutura química mostrada na figura 5.

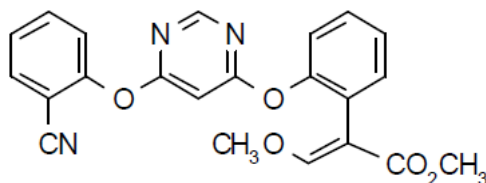


Figura 5. Fórmula estrutural da azoxistrobina.
Fonte: TOMLIN (2000)

Carbaril ou “1-naphthyl methylcarbamate” (IUPAC), com estrutura química ilustrada na figura 6, é um inseticida/regulador de crescimento do grupo metilcarbamato de naftila.

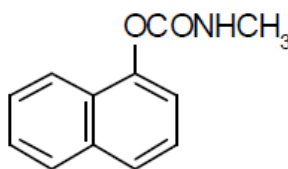


Figura 6. Fórmula estrutural do carbaril.
Fonte: TOMLIN (2000)

O princípio ativo carbofurano, nome químico “2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yl methylcarbamate” (IUPAC) e estrutura química mostrada na figura 7, é um carbamato inibidor da colinesterase, tendo atuação como inseticida/nematicida.

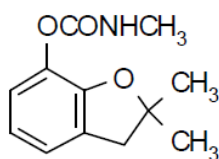


Figura 7. Fórmula estrutural do carbofurano.
Fonte: TOMLIN (2000)

Diuron, nome químico (IUPAC) “3-(3,4-dichlorophenyl)-1,1-dimethylurea” e estrutura química conforme figura 8, é um herbicida sistêmico seletivo, do grupo uréia.

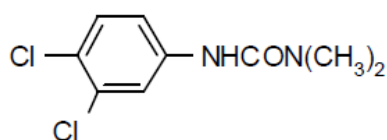


Figura 8. Fórmula estrutural do diuron.
Fonte: TOMLIN (2000)

O ingrediente ativo tebuconazol, de nome de nome químico (IUPAC) “(RS)-1-pchlorophenyl-4,4-dimethyl-3-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)pentan-3-ol”, é um fungicida do grupo triazol, com estrutura química mostrada na figura 9.

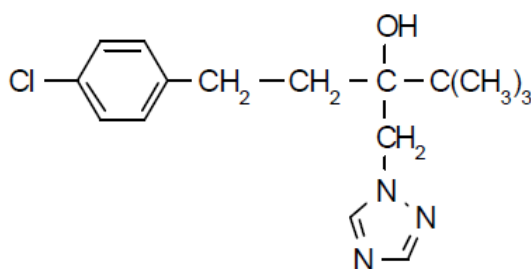


Figura 9. Fórmula estrutural do tebuconazol.
Fonte: TOMLIN (2000)

4.6.3 Coleta e extração dos ingredientes ativos dos agrotóxicos em água

As amostras de água foram coletadas mensalmente para cada ponto de amostragem. A água foi coletada manualmente mergulhando-se um frasco do tipo âmbar a cerca de 15 cm abaixo da superfície da água. O material foi mantido sobre refrigeração ou congelado até o momento das extrações.

As amostras de água foram conduzidas ao Laboratório de Ecologia de Agroquímicos, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Proteção Ambiental do Instituto Biológico em São Paulo.

Os ingredientes ativos dos agrotóxicos azoxistrobina, carbaril, carbofurano, diuron, tebuconazol foram submetidos ao processo de extração em fase sólida de acordo com Serafin (2009).

Em laboratório as amostras foram filtradas em funil de Buchner com papel de filtro para retirada de impurezas. Em seguida um litro dessa amostra foi submetido à extração em fase sólida (Figura 10). De acordo com a figura 11 nesse processo a amostra foi eluída em um cartucho C18 previamente acondicionado com três repetições de 1,0 mL de solução acetonitrila:metanol (1:1) e três repetições 1,0 mL de água destilada e conduzida sob fluxo de 1 mL por minuto. Após a passagem de toda a amostra, o cartucho ficou sob vácuo por

aproximadamente 15 minutos para retirada total da água. Em seguida, realizou-se a eluição dos agrotóxicos retidos no cartucho na fase sólida com a mesma solução do acondicionamento, com três repetições de 1,0 mL de solução acetonitrila:metanol. Depois de eluído o cartucho foi mantido sob vácuo por 10 minutos. O eluato foi concentrada sob fluxo de nitrogênio a 40°C até a secura, após, ressuspensão em 1,0 mL de solução acetonitrila:metanol e submetidos a ultrassom e filtrados em membrana de 0,45 µm, armazenados em congelador até ser analisado por cromatografia líquida.



Figura 10. Sistema para extração em fase sólida. Fotos: K.C.R. Santana



Figura 11: Procedimento de extração em fase sólida (1 – Filtragem da amostra, 2 - Extração dos agrotóxicos, 3 – Eluição dos agrotóxicos, 4 – Concentração da amostragem nitrogênio a 40°C, 5 - Ressuspensão em acetonitrila:metanol, 6 – Homogeneização em ultra-som, 7 – Filtragem a amostra) com amostras de água superficial dos locais analisados. Fotos: K.C.R. Santana e L. Murakami.

4.6.4. Caracterização do sedimento

Foram obtidas amostras de sedimento do leito do rio para caracterização de matéria orgânica e granulometria do sedimento. Para isso foram retiradas amostras mensais de sedimento do leito do rio. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos e colocadas em isopor com gelo químico para transporte até o LABCRUST onde foram secas à temperatura ambiente e peneiradas em peneira de malha de 2 mm. Cerca de 1 kg desta amostra foi encaminhada para o Departamento de Ciências do Solo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) onde foi analisada a porcentagem de matéria orgânica, argila e areia. Essa análise foi feita somente uma única vez no início do projeto (julho/2012).

4.6.5. Extração dos agrotóxicos do sedimento

Foram analisadas amostras de sedimento por estações do ano: inverno (agosto/2012), primavera (outubro/2012), verão (fevereiro/2013) e outono (abril/2013).

Foi utilizado o método de QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) desenvolvido por Anastassiades et al. (2003) e modificado por Vieira (2012) para a quantificação dos ingredientes ativos dos agrotóxicos em amostras de sedimento.

O sedimento foi seco a temperatura ambiente e peneirado em peneira de 2 mm. Depois de peneirado foi pesado 10 g de cada amostra de sedimento em tubo falcon de 50 mL. Adicionou-se 1,5 mL de água destilada na amostra e o agitou-se até incorporação da água. Nas amostras foram adicionadas respectivamente, 4 g de cloreto de sódio, 2 g de acetato de sódio, 8 gramas de sulfato de magnésio e 20 mL de 1% de ácido acético em acetonitrila. Após acomodação desses reagentes adicionados nas amostras o tubo foi agitado manualmente por um minuto, e centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos em uma centrífuga. Uma alíquota de 9 mL da solução sobrenadante foi retirada da amostra e adicionada em um tubo falcon de 25 mL sobre 0,3 g de SPA, em seguida adicionou-se 0,9 g de sulfato de magnésio e a amostra foi novamente agitada manualmente durante um minuto, depois, centrifugada a 2000 rpm por 10 minutos. Foi retirada uma alíquota de 6 mL de cada amostra, que foram concentradas a secura em fluxo suave de nitrogênio a uma temperatura de 40 °C. As amostras foram então solubilizadas em 1 mL de acetonitrila e metanol (1:1), armazenadas em congelador e analisadas por cromatografia líquida.

4.6.6. Quantificação dos ingredientes ativos em água e sedimento

Para quantificação dos ingredientes ativos dos agrotóxicos em água e sedimento foi utilizado um equipamento de cromatografia líquida de alta eficiência (LC-10AD Shimadzu) acoplado a programador de gradiente para solvente (FCV-10AL Shimadzu), microprocessador de dados equipado com módulo de comunicação (Prominence CBM-20A Shimadzu), detector de UVVisível (SPD-10AV Shimadzu), forno para coluna (CTO-10A Shumadzu) e sistema de coluna com pré-coluna.

Características das fases estacionária e móvel de cada um dos ingredientes ativos dos agrotóxicos monitorados estão representados na tabela 6 e7.

Tabela 6. Característica da fase estacionária e móvel e condições cromatográficas por HPLC-UV.

Fase estacionária		Tecnocroma (C18)	
Diâmetro da partícula		5µm	
comprimento de coluna		250 mm	
Diâmetro interno da coluna		4,6 mm	
Fase móvel		Acetonitrila:água	
Proporção v v ⁻¹		Azoxistrobina	50:50
		Carbaril	50:50
		Carbofurano	60:40
		Diuron	60:40
		Tebuconazol	60:40
Demais condições cromatográficas			
Volume de injeção		20 µL	
Fluxo		1 mL min ⁻¹	
Temperatura do forno		40 °C	

Tabela 7. Comprimentos de onda e tempos de retenção dos ingredientes ativos monitorados por HPLC-UV.

Ingrediente ativo	Comprimento de onda (nm)	Tempo de retenção (min)
Azoxistrobina	254	19,0
Carbaril	220	7,1
Carbofurano	220	6,3
Diuron	220	8,1
Tebuconazol	254	22,2

4.6.7. Construção das curvas analíticas de água e sedimento

Prepararam-se soluções padrão estoque de cada agrotóxico pela dissolução dos padrões de princípios ativos em 10 mL de metanol, em concentrações de 1.000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ e 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$. A partir das soluções estoque realizaram-se diluições para obtenção das diferentes concentrações dos ingredientes de interesse, conforme a tabela 8 e 9.

Tabela 8. Concentração dos ingredientes ativos utilizados nas curvas analíticas para amostras de sedimento.

Princípio ativo	Concentrações ($\mu\text{g mL}^{-1}$)				
Azoxistrobina	1,0	3,0	5,0	7,0	10,0
Carbaril	1,0	3,0	5,0	7,0	10,0
Carbofurano	1,0	3,0	5,0	7,0	10,0
Diuron	1,0	3,0	5,0	7,0	10,0
Tebuconazol	1,0	3,0	5,0	7,0	10,0

Tabela 9. Concentração dos ingredientes ativos utilizados nas curvas analíticas para amostras de água.

Princípio ativo	Concentrações ($\mu\text{g mL}^{-1}$)					
Azoxistrobina	-	1,0	3,0	5,0	7,0	10,0
Carbaril	0,5	1,0	3,0	5,0	7,0	10,0
Carbofurano	0,5	1,0	3,0	5,0	7,0	10,0
Diuron	0,5	1,0	3,0	5,0	7,0	10,0
Tebuconazol	-	1,0	3,0	5,0	7,0	10,0

4.6.8. Avaliação da performance dos métodos analíticos

Os parâmetros de validação foram determinados pelas especificidades, linearidade, exatidão, precisão (tabela 10). Já a faixa de trabalho, limite de detecção (LD), limite de quantificação (LQ) foram determinadas de acordo com Serafin (2009).

Tabela 10. Parâmetros para a avaliação dos métodos analíticos.

Parâmetros	Critérios de aceitação
Linearidade	$r = 0,99$
Precisão	$CV = 20\%$
Exatidão	$70 < \%Rec < 120$

r = coeficiente de correlação; CV = coeficiente de variação;
 $\%Rec$ = porcentagem de recuperação.

4.6.9. Recuperação dos métodos de extração de sedimento

A recuperação foi utilizada para a metodologia de extração dos ingredientes ativos do sedimento. A porcentagem de recuperação desses ativos foi calculada individualmente, em dois níveis de fortificação e três repetições para cada nível.

A recuperação foi estimada pela equação:

$$\%Rec = \frac{R}{V} \times 100$$

$\% Rec$ = porcentagem de recuperação

R = concentração de cada ingrediente ativo encontrada na amostra fortificada

V = concentração esperada de cada ingrediente ativo

Foi adicionado $2,4 \mu\text{g L}^{-1}$ (azoxistrobina, carbofufano, diuron, tebuconazol) e $2,4 \mu\text{g L}^{-1}$ (carbaril) a 10 g de amostra de sedimento testemunha e incorporada por 20 minutos de agitação manual. Em seguida, a mistura passou pelo procedimento de extração descrito em: 4.6.5. Extração dos agrotóxicos no sedimento. O segundo nível de fortificação, utilizado na validação do método analítico de extração dos ingredientes ativos, foi obtido pela adição de $9,0 \mu\text{g L}^{-1}$ (azoxistrobina, carbofufano, diuron, tebuconazol) e $0,9 \mu\text{g L}^{-1}$ (carbaril) da foi fortificação a 10 g de sedimento.

4.7. Influência das variáveis ambientais na distribuição espacial e composição da comunidade de macroinvertebrados

A análise de redundância – RDA foi utilizada para verificar a influência das variáveis físico-químicas (pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água, e os resíduos de agrotóxicos - azoxistrobina, carbofufano, diuron, tebuconazol e carbaril) sobre a distribuição espacial dos macroinvertebrados. A RDA foi escolhida devido ao gradiente curto (desvio-padrão – SD < 3) apresentado pelos dados de composição das comunidades de macroinvertebrados (baixa diversidade beta) (TER BRAAK; SMILAUER, 2002). De forma geral, métodos lineares são mais apropriados em gradientes curtos (< 3 SD), já os métodos unimodais ou gaussianos são mais indicados em gradientes longos (> 4 SD). Quando gradientes de tamanho intermediário (entre 3 e 4 SD) são encontrados, os dois métodos operam adequadamente (TER BRAAK; SMILAUER, 2002). Dessa forma, no presente estudo o comprimento de gradiente foi estimado em uma Análise de Correspondência Distendida (DCA), que demonstrou que o maior gradiente ocorreu no eixo I com SD = 1.04, sendo menor que 3.

A RDA é uma análise de ordenação canônica de gradiente direto e um método linear que resulta em coeficientes de correlação, que detecta o quanto da variabilidade na composição taxonômica é explicada pelas variáveis ambientais analisadas (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998).

Dessa forma, a correlação entre as variáveis abióticas e bióticas foi obtida através do teste de permutações de Monte Carlo ($p < 0,05$) com 9999 randomizações, indicando uma correlação entre as variáveis ambientais e os macroinvertebrados bentônicos.

Primeiramente os dados foram reduzidos para eliminar os táxons com baixa abundância (e.g., <0,5% do total de indivíduos) ou em baixa frequência de ocorrência nos locais de estudo (e.g., <5% dos sítios amostrados) (MARCHANT, 1999; MELO e HEPP, 2008). Esses dados são reduzidos devido ao fato destes introduzirem um grande número de zeros na análise, o que tende a obscurecer os padrões e a aumentar a inércia total nos dados dos táxons (TER BRAAK; SMILAUER, 2002; TITEUX et al., 2004).

Os dados abióticos e bióticos foram transformados em $\log_{10}(x+1)$, de acordo com Sokal e Rohlf (1995) esse procedimento é recomendado para diminuir a influência dos táxons muito abundantes, facilitando a identificação de padrões.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico PC-ORD, versão 6 (MCCUNE e MEFFORD, 2011).

4.8 Educação ambiental nas escolas

O programa de educação ambiental foi efetuado na escola E. E. Plácido de Paula e Silva. Foram realizadas práticas sobre a educação ambiental com discentes do ensino médio (1º, 2º e 3º anos), com aproximadamente 40 alunos por turma com uma faixa etária de 15 a 18 anos.

O programa contou com apresentações em forma expositiva para mostrar a importância de investigar e estudar a qualidade dos corpos d'água. Foi proposto aos alunos que levassem para a sala de aula diferentes tipos de amostras de água, incluindo a do Rio Etá e de canais de drenagem dentro dos bananais.

Em sala de aula essas amostras de água foram analisadas em relação aos valores de pH, oxigênio dissolvido, temperatura, nitrato, nitrito, amônia, condutividade elétrica, turbidez e ortofosfato utilizando um Ecokit da marca Alfakit para medir os parâmetros dos diferentes corpos de água.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Número de Indivíduos, Riqueza e Diversidade

No período de amostragem foi obtido um total de 17.312 indivíduos distribuídos nos cinco pontos (quatro no Rio Etá e um no afluente), pertencentes a quatro Filos, sendo eles: Arthropoda (Classes: Arachnida, Crustacea, Entognatha e Insecta), Annelida (Classe: Oligochaeta), Mollusca (Classes: Bivalvia e Gastropoda) e Platyhelminthes (Classe: Turbellaria). A Classe Insecta foi a mais abundante com 16.577 indivíduos e 64 famílias. As famílias mais abundantes foram Vellidae (4.821 indivíduos), Baetidae (1.674 indivíduos), Leptoceridae (1.325 indivíduos) e Chironomidae (1.101 indivíduos) (Tabela 11).

Os três primeiros pontos de coleta do Rio Etá somaram 81,8% dos macroinvertebrados amostrados, tendo a área de mata preservada com 27,1%, área de transição com 28,6% e área de cultivo de banana com 26,1% dos indivíduos coletados (Tabelas 11 e 12). Já a área após o cultivo foi o local com menor abundância, sendo representada por somente 18,2% do total da comunidade de macroinvertebrados (Figura 12). No afluente foi amostrado um total de 1.940 indivíduos, sendo os dípteros da família Chironomidae os mais abundantes (Tabelas 11 e 12).

A abundância de indivíduos, riqueza de táxons e os índices de diversidade e equidade podem ser vistos na tabela 12 e figuras 12, 13 e 14. A abundância e a riqueza de táxons apresentaram um decréscimo em direção à jusante do rio e com menores valores no afluente. Os índices de diversidade e equidade foram altos em todos os pontos analisados, visto que a equidade dos dados foi sempre superior a 0,50, indicando uniformidade na abundância dos indivíduos pelos táxons amostrados em todos os locais.

O procedimento de permutação multi-resposta (MRPP) realizado com todos os pontos de coleta demonstrou que o afluente foi estatisticamente diferente ($p < 0,05$) dos demais locais em relação à abundância dos macroinvertebrados, por apresentar o menor valor médio (161,6 inds). Na análise da riqueza, o afluente não diferiu ($p > 0,05$) somente da área após o cultivo e para o índice de diversidade (H') observou-se que o afluente diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) das áreas de cultivo de banana e após o cultivo de acordo com a tabela 13 onde as comparações de significância devem ser feitas nas linhas.

Já a MRPP realizada entre os quatro pontos amostrados no Rio Etá, observou-se que a abundância da macrofauna da AAC (área após o cultivo)

diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) dos pontos a montante do rio, por apresentar o menor valor médio. Enquanto a riqueza de táxons da AAC não diferiu somente da ACB, tendo estas duas áreas os menores valores médios de riqueza. Já o índice de diversidade não apresentou diferença significativa entre os pontos do rio ($p > 0,05$) (Tabela 13).

Outros estudos também utilizaram a análise de permutação multi-resposta (MRPP) para verificar alterações nas comunidades de macroinvertebrados presentes em áreas preservadas e impactadas, obtendo resultados semelhantes ao presente estudo, tal como os de Dinger et al. (2005) no México, Maltchik, Teixeira e Stenert (2006) no sul do Brasil e Sanchez-Argueello et al. (2010) no Panamá, ou seja, geralmente ocorre uma mudança da composição das comunidades em direção às áreas impactadas.

A MRPP demonstrou que o afluente é um local distinto em vários aspectos analisados das áreas amostradas no Rio Etá. Neste local foram obtidos os menores valores médios de abundância e riqueza, mas o maior valor médio de diversidade (H'). Tal fato se deve em grande parte pelas características fisiográficas que este local possui, tratando-se de um pequeno corpo d'água de sistema lântico com características físicas, como tipo de substrato (fino), alto teor de matéria orgânica (ver análise do sedimento), baixa correnteza e ausência de mata ciliar que impossibilitaram a presença de vários grupos comuns de ambientes lóticos, tal como o Rio Etá.

Alguns macroinvertebrados estão adaptados somente a sistemas lânticos ou lóticos, já outros organismos são adaptados a ambos ambientes, como é o caso dos insetos das famílias Aeshidae, Coenagrionidae, Corduliidae, Gyrinidae e Libellulidae (DOMÍNGUEZ; FERNÁNDES, 2009). No presente estudo estas famílias apresentaram baixa ocorrência no Rio Etá, mas com alta ocorrência no afluente, preferindo as áreas de remanso.

O alto valor médio de H' (3,4) obtido no afluente está relacionado ao número de táxons (riqueza) e sua respectiva abundância a qual teve uma grande uniformidade. De acordo com Wilhm, j. e Dorris (1998), Piedras et al. (2006) e Melo e Hepp (2008) valores de H' inferiores a 1,0 indicam sistema fortemente poluído; H' entre 1,0 e 3,0 indicam poluição moderada e H' superior a 3,0 água não poluída. Dessa maneira, o afluente, mesmo estando dentro do bananal é um local que ainda não está sendo fortemente impactado, possibilitando a presença de uma grande diversidade de macroinvertebrados, tal como os Odonata que são organismos sensíveis às perturbações ambientais, mas que foram abundantes neste local, por preferirem ecossistemas lânticos, como brejos, poças e lagos, de

acordo com Carvalho e Nessimian (1998) e Domínguez e Fernádes (2009). por outro lado, o afluente também permitiu a presença de grupos ditos resistentes, tal como os chironomidae, que são comuns de ambientes com baixa concentração de oxigênio dissolvido como encontrado no afluente.

altos índices de diversidade também foram encontrados em pequenos corpos d'água dentro de bananais da região do vale do ribeira – sp por Kleine, Trivinho-stixino e Corbi (2011). estes autores relacionaram a alta riqueza e diversidade encontrada com a formação de nichos e disponibilidade de alimento para a macrofauna proveniente dos restos da cultura da banana das áreas adjacentes.

A análise de MRPP entre os pontos do Rio Etá demonstrou que a área após o cultivo é a região que apresentou a menor abundância e riqueza de macroinvertebrados, podendo estar relacionado à supressão de vegetação em sua margem e aos impactos que a região sofre em função da cultura da banana.

Apesar da área de cultivo de banana não ter sido diferente estatisticamente em relação às áreas de mata preservada e de transição, neste local observou-se uma redução dos táxons considerados sensíveis às perturbações ambientais, tal como os EPT (Ephemeroptera (Leptophebiidae), Plecoptera (Perlidae) e Trichoptera (Glossosomatidae, Helicopsychidae)), e um aumento dos indivíduos das famílias Corixidae (Hemiptera) e Hydrochidae (Coleoptera) que são exemplos de famílias com representantes mais resistentes. Além disso, os quironomídeos também foram abundantes nesse local, que de acordo com Plafkin et al. (1989) e Resh e Jackson (1993) um ambiente em desequilíbrio pode resultar em um aumento dos insetos dessa família, pois, esses organismos são considerados tolerantes ao estresse ambiental.

De acordo com Graça e Coimbra (1998) os táxons considerados tolerantes à poluição geralmente são aqueles com capacidade de retirar oxigênio da água em baixas concentrações, como alguns quironomídeos, e os táxons que podem respirar oxigênio atmosférico ou terem a capacidade de se isolar da água por meio de um filme de ar que minimiza o contato com a água e seus poluentes tais como muitos coleópteros e hemípteros. Outro estudo que detectou a presença de Corixidae e Chironomidae em locais extremamente poluídos foi o de Thorne e Williams (1997) que usaram os macroinvertebrados bentônicos como resposta para avaliar a poluição dos rios em três países (Brasil no rio Tietê; Gana no sistema fluvial de Odaw e na Tailândia no Rio Ping). No entanto, no presente estudo os locais que tiveram a presença dos indivíduos dessas famílias não apresentaram condições extremas de poluição, tal como baixas concentrações de

oxigênio (ver abaixo), indicando que tais locais podem estar sendo afetados, mas que ainda apresentam condições da permanência de muitos insetos ditos sensíveis.

Egler (2002) observou uma redução em mais de 50% na abundância e na riqueza de macroinvertebrados em áreas cultivadas com legumes e hortaliças na região de São Lourenço (RJ) em relação às áreas de florestas, relacionando tal fato ao desmatamento e assoreamento e pelo uso de pesticidas nas áreas cultivadas, ele também observou que os EPT e Odonata também diminuíram nesses locais, como observado no presente estudo.

De acordo com Niyogi et al. (2007), a paisagem agrícola pode causar imensuráveis modificações nos ecossistemas aquáticos, pois, um aporte de matéria orgânica, nutrientes e sedimento podem alterar o habitat, assim, prejudicando a qualidade da água e da biota. Do mesmo modo na medida em que os organismos sensíveis (EPT) são perdidos, há um aumento na abundância de organismos tolerantes que passam a ter maior quantidade de alimento (pelo maior aporte de matéria orgânica introduzida no sistema) e, conseqüentemente, uma diminuição na equitabilidade e diversidade (MAGURRAN, 1988; SILVEIRA, 2004).

De acordo com Domínguez e Fernádes (2009) os corixídeos alimentam-se de partículas orgânicas de origem animal e vegetal selecionando-as na lama e nos detritos, de algas, protozoários, rotíferos vivos ou mortos, larvas de mosquito ou quironomídeos e oligoquetos. Dessa maneira, o aumento de Corixidae e a diminuição de EPT a jusante do Rio Etá pode também estar relacionada aos hábitos alimentares dos corixídeos.

Tabela 11. Distribuição geral dos macroinvertebrados nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF = afluente), Sete Barras - SP (Jul/2012 a Jun/2013).

Filo	Classe/Ordem	Família	Número de indivíduos					Total
			AMP*	AT*	ACB*	AAP*	AF*	
Anellida	Oligochaeta	-		8	6	3	5	22
	Arachnida							
	Acari	-	17	47	10	6	3	83
	Crustacea							
	Decapoda	Palaemonidae	114	76	105	137	119	551
		Pseudothelphusidae	0	0	0	0	8	8
	Isopoda	-	0	0	19	0	3	22
	Entognatha							
	Collembola	-	9	1	11	0	17	38
	Insecta							
	Blattodea	-	0	0	1	1	0	2
Arthropoda	Coleoptera	Carabidae	1	1	0		0	2
		Chrysomelidae	0	0	1	1	5	7
		Dysticidae	3	0	2		17	22
		Elmidae	69	35	56	46	0	206
		Gyrinidae	3	2	0	18	132	155
		Halplidae	1	1	1	0	0	3
		Heteroceridae	0	0	0	1	0	1
		Hydrochidae	10	7	39	68	1	125
		Hydrophilidae	14	15	6	18	46	99
		Lutrochidae	7	1	3	2	3	16
		Noteridae	2	1	1	0	0	4
		Psephenidae	50	36	52	27	0	165
		Ptiliidae	1	0	0	0	0	1
		Scirtidae	8	0	0	0	0	8
		Staphilinidae	2	2	2	2	3	11
		Diptera	Ceratopogonidae	2	0	0	0	0
	Chironomidae		109	273	298	92	329	1101
	Culicidae		0	0	1	1	4	6
	Dixidae		25	2	0	0	0	27
	Empididae		3	2	4	0	0	9
	Ephydriidae		0	2	0	0	0	2
	Psychodidae		5	0	0	0	0	5
	Simuliidae		1	1	1	3	2	8
	Tipulidae		28	7	24	2	1	62
	Ephemeroptera		Baetidae	582	517	258	170	147
		Caenidae	0	0		0	191	191
		Leptohyphidae	138	356	259	234	0	987
		Leptophlebiidae	378	297	177	63	0	915
	Hemiptera	Belastomatidae	0	0		0	21	21
		Corixidae	13	44	85	534	1	677
		Gelastocoridae	2	0	1	3	0	6
		Gerridae	21	6	15	63	28	133
Hebridae		1	0	2	0	1	4	
Hydrometridae		6	0	1	0	0	7	
Mesoveliidae		15	1	11	1	4	32	
Naucoridae		164	115	446	162	67	954	
Nepidae		0	0	1	1	0	2	
Notonectidae		4	6	27	3	1	41	
Pleidae		0	0	1	0	0	1	
Lepidoptera		Veliidae	1170	1512	1181	902	56	4821
	Pyralidae	6	9	35	0	0	50	

(Cont...)

(Cont...)

	Megaloptera	Corydalidae	23	14	15	3	0	55	
	Odonata	Aeshidae	1	0	0	0	63	64	
		Calopterygidae	25	38	42	11	13	129	
		Coenagrionidae	12	25	24	7	163	231	
		Corduliidae	0	0	3	2	173	178	
		Gomphidae	19	30	22	13	0	84	
		Lestidae	1	0	0	0	0	1	
		Libellulidae	17	31	39	31	215	333	
		Megapodagrionidae	0	1	2	2	9	14	
Arthropoda	Plecoptera	Gripopterygidae	5	8	1	0	0	14	
		Perlidae	301	204	108	24	0	637	
		Trichoptera	Calamoceratidae	3	10	5	2	0	20
			Ecnomidae	0	0	0	2	0	2
			Glossosomatidae	99	33	68	1	0	201
			Helicopsychidae	172	28	17	4	0	221
			Hydrobiosidae	1	4	0	0	0	5
			Hydropsychidae	51	98	97	57	62	365
			Hydroptilidae	35	14	19	7	4	79
			Leptoceridae	392	469	408	55	1	1325
		Odontoceridae	4	2	3	3	0	12	
		Philopotamidae	4	3	1	0	0	8	
		Polycentropodidae	9	5	2	3	15	34	
Mollusca	Bivalvia								
	Veneroidea	Sphaeriidae	0	1	0	0	0	1	
	Gastropoda								
	Caenogastropoda	Ampullariidae	1	0	0	1	0	2	
		Thiaridae	0	0	0	0	7	7	
Platyhelminthe	Tuberllaria								
	Tricladida	-	1	0	0	0	0	1	
Total			4160	4401	4019	2792	1940	17312	

Tabela 12. Abundância dos indivíduos, riqueza, índice de diversidade (H') e equidade (E') nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP.

Locais	Abundância	Riqueza	H'	E'
AMP	4160	57	3.75	0.64
AT	4401	49	3.45	0.61
ACB	4019	54	3.79	0.66
AAC	2792	46	3.44	0.62
AF	1940	38	3,96	0,76

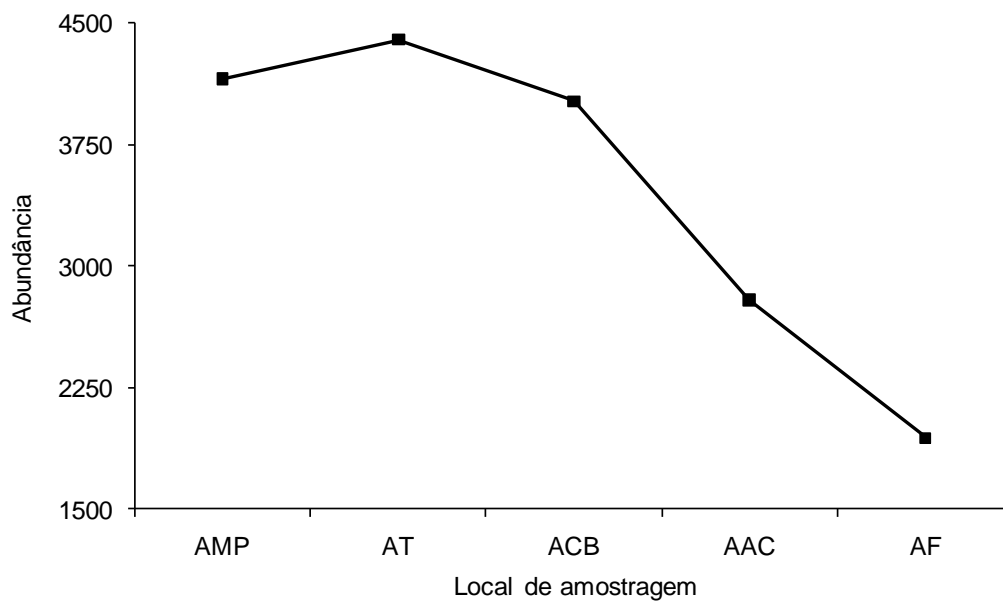


Figura 12. Abundância de macroinvertebrados nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP.

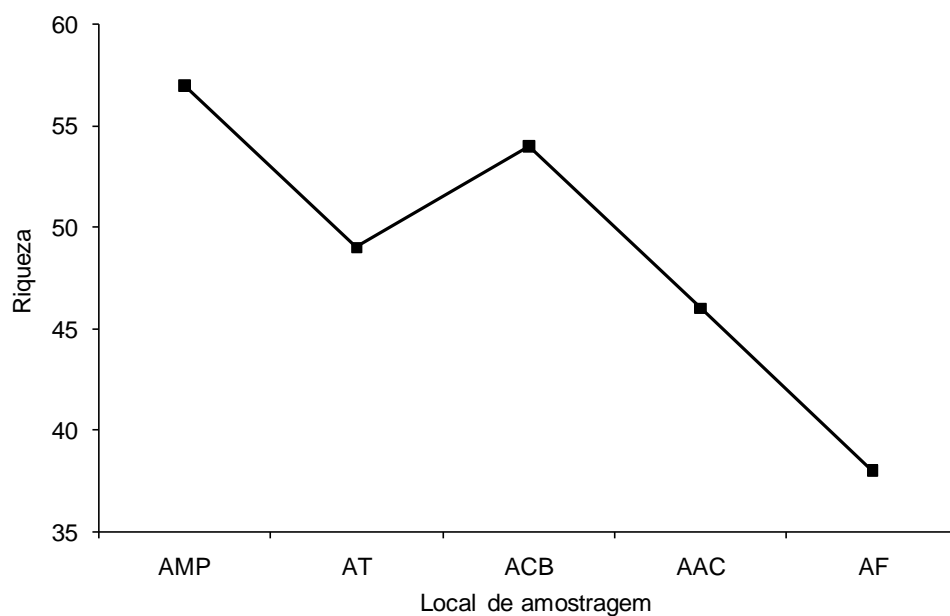


Figura 13. Riqueza de macroinvertebrados nos locais amostrados nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP.

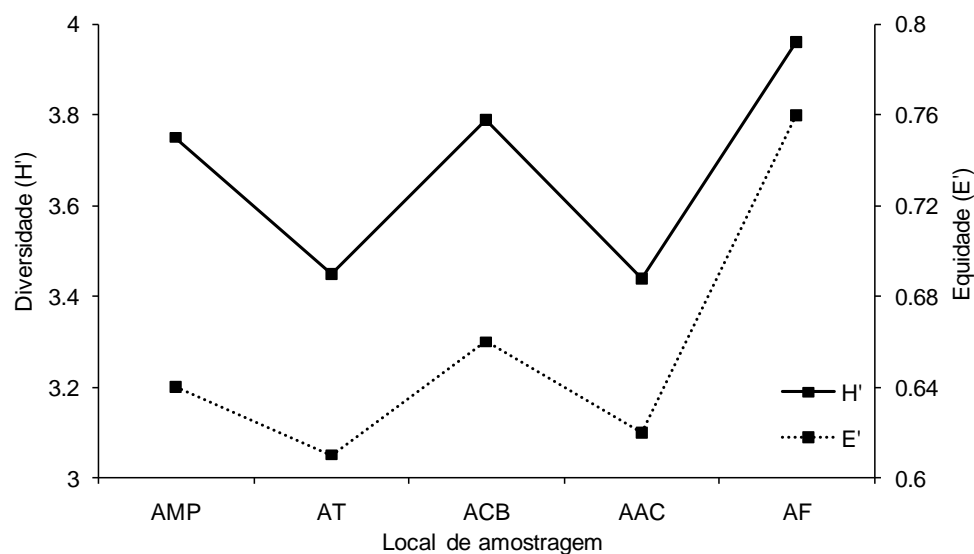


Figura 14. Índice de diversidade (H') e equidade (E') da comunidade de macroinvertebrados nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP.

Tabela 13. Resultados do procedimento de permutação multi-resposta (MRPP) a abundância, riqueza e diversidade da comunidade de macroinvertebrados entre os locais amostrados no Rio Etá e no afluente, Sete Barras - SP.

Locais	AM	A	AC	AA	A
AM	-	-	-	-	-
A	0.5 ^N	-	-	-	-
AC	0.1 ^N	0.5 ^N	-	-	-
AA	0.001*	0.04	0.04	-	-
A	1.48E-06**	5.97E-06**	5.97E-06**	1.55E-06**	-
Média de abundância	346.67	366.7	334.9	232.6	161.6
AM	-	-	-	-	-
A	0.9 ^N	-	-	-	-
AC	0.1 ^N	0.4 ^N	-	-	-
AA	6.56E-04**	0.01	0.0 ^N	-	-
A	1.47E-05**	1.31E-04**	2.36E-04**	0.0	0
Média da riqueza	26.4	25.0	23.2	19.5	18.5
AM	-	-	-	-	-
A	1.0 ^N	-	-	-	-
AC	0.4 ^N	0.4 ^N	-	-	-
AA	0.1 ^N	0.2 ^N	0.6 ^N	-	-
A	0.3 ^N	2.2 ^N	0.04	0.008	-
Média de diversidade	3.2	3.2	3.1	2.9	3.

^{NS} não significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

5.2. Similaridade

A análise de agrupamento da matriz de similaridade entre os cinco pontos indicaram a formação de um grupo com cerca de 86% de similaridade representado pelas áreas de mata preservada, de transição e área cultivo de banana. O ponto após o cultivo se ligou ao agrupamento principal com mais de 76% de similaridade. Já o ponto efetuado no afluente ficou isolado dos demais, indicando que é distinto dos demais corroborando com os resultados da análise de MRPP (Figura 15).

Em vista disso, a análise de agrupamento da matriz de similaridade foi efetuada novamente somente entre as áreas do Rio Etá. O agrupamento indicou a formação de um grupo com 88% de similaridade, representado pela área de mata preservada, área de transição, área de cultivo de banana, sendo que a área após o cultivo ficou isolada das demais (Figura 16).

No estudo de Kleine, Trivinho-Stixino e Corbi (2011) também foi evidenciado na análise de similaridade que as áreas preservadas ficaram separadas das áreas cultivadas com banana na região do Vale do Ribeira.

Os agrupamentos formados no dendograma evidenciaram as diferenças estatísticas detectadas na MRPP, na qual a área após o cultivo foi distinta das demais. As áreas a montante do rio foram representadas por macroinvertebrados típicos de locais preservados, tais como os insetos das ordens: Leptophebiidae, Perlidae, Glossosomatidae, Helicopsychidae e Leptoceridae.

A grande similaridade entre a área de mata preservada e área de transição é evidenciada pela alta abundância dos EPT: Ephemeroptera (Leptophebiidae), Plecoptera (Perlidae) e Trichoptera (Glossosomatidae, Helicopsychidae, Leptoceridae) que são organismos sensíveis às perturbações ambientais. Na área de cultivo de banana e após o cultivo apesar de ter a ocorrência destes organismos foi observada uma redução contínua em sua abundância (Tabela 11). Além disso, a família Gripopterygidae não ocorreu neste local, por possuir representantes muito sensíveis. Já a área após o cultivo foi representada por grupos mais tolerantes, como Corixidae e Hydrochidae, os quais apresentaram abundância decrescente em direção a montante do Rio Etá.

Resultados semelhantes foram obtidos por Azrina et al. (2006) no qual observaram que o número de táxons de Ephemeroptera foi maior a montante do Rio Langat na Malásia e, em alguns casos, ausentes a jusante por possuir influencia antrópica.

O isolamento na análise de agrupamento do ponto efetuado no afluente se deveu, provavelmente, pela menor riqueza de táxons e pela presença de organismos das famílias Belastomatidae e Caenidae que foram exclusivos deste local. O afluente é um tributário do Rio Etá de pequeno porte e que nasce dentro de uma área de cultivo de banana, sendo um corpo d'água com características lênticas. De acordo com Domínguez e Fernández (2009) e Shimano et al. (2010) os Caenidae e Belastomatidae são organismos típicos de ambientes lênticos ou semi-lênticos estando geralmente presentes em locais rasos de sedimento muito fino e com presença de vegetação, tal como encontrado no afluente.

Após a redução dos dados, a análise de agrupamento entre os macroinvertebrados foi efetuada com 55 táxons, indicando a formação de cinco grandes grupos com 52% de similaridade (17).

O grupo A foi representado principalmente por cinco famílias (Aeshidae, Caenidae, Belastomatidae, Corduliidae, Gyrinidae) que tiveram ocorrência típica do ponto efetuado no afluente.

O grupo B foi subdividido em B1 e B2, sendo que o grupo B1 foi dividido em dois grandes agrupamentos (B1a e B1b). O B1a foi formado pelas famílias mais abundantes (com >1000 indivíduos): Baetidae, Chironomidae, Leptoceridae e Veliidae. Os velídeos pertencem a infraordem Gerromorpha (insetos semiaquáticos), sua alta abundância no período de estudo está relacionada em grande parte ao fato de que estes insetos têm o hábito de ficar na superfície d'água sendo de fácil visualização, o que aumenta a eficiência de coleta, como também apontado por Taylor (1996) e Nieser e Melo (1997).

Já grupo B1b reuniu as famílias (Leptohyphidae, Perlidae, Leptophebiidae, Leptoceridae) que tiveram baixa ocorrência na área após o cultivo, sendo a maioria dos táxons considerados mais sensíveis. Azrina et al. (2006) encontraram indivíduos do gêneros *Tricorythodes* sp. (Leptohyphidae) e *Neoperla* sp. (Plecoptera) apenas a montante do rio, em locais com águas limpas.

O B2 foi subdividido em cinco pequenos grupos. O B2a foi representado pelas famílias Calopterygidae, Hidracarina e Hydroptilidae que tiveram maior abundância nas áreas de mata preservada, de transição e área cultivo de banana, onde a vegetação marginal esteve mais presente. De acordo com Domínguez e Fernández (2009), a família Calopterygidae é restrita de ambientes lóticos, onde as ninfas, de antenas e patas largas, se encontram grudadas na vegetação submersa.

O agrupamento B2b reuniu insetos das ordens Coenagrionidae, Libellulidae, Gerridae, Hydrophilidae que de um modo geral foram mais

abundantes no afluente e na área após o cultivo. Esse agrupamento foi formado por uma biota de insetos típicos a vários habitats, Domínguez e Fernández (2009) citam que esses insetos vivem tanto ambientes lóticos como lênticos.

O agrupamento B2c foi representado pelos táxons Corixidae e Hydrochidae que foram mais abundantes na área após o cultivo. Esse grupo de insetos aumentou a jusante do rio, pois os organismos dessa família são considerados mais tolerantes, sendo mais abundantes nas áreas mais impactadas.

O agrupamento B2d foi constituído pelas famílias Elmidae, Psephenidae, Gomphidae, Glossosomatidae e Helicopsychidae. Já o B2e agrupou as famílias Corydalidae, Tipulidae, Notonectidae e Pyrlidae. Esses insetos tiveram abundância intermediária e quase sem ocorrência no afluente, que foram encontrados principalmente embaixo de pedras (Elmidae, Psephenidae, Glossosomatidae e Helicopsychidae, Corydalidae e Pyrlidae) e que preferem águas correntes (ambientes lóticos) e bem oxigenadas (DOMÍNGUEZ; FERNÁNDES, 2009).

O agrupamento C reuniu as famílias com baixa representatividade e com principal ocorrência na área preservada, de transição e de cultivo e não estiveram presentes na área após o cultivo (Calamoceratidae, Odontoceridae, Empididae, Gripopterygidae, Philopotamidae, Haliplidae, Noteridae, Gelastocoridae e Dixidae).

O agrupamento D foi representado por dois grupos de famílias tendo baixa abundância. O grupo D1 foi composto pelas famílias Chrysomelidae e Culicidae que ocorreram nas áreas de cultivo de banana, após o cultivo e no afluente. O grupo D2 agrupou as famílias (Collembola, Mesovellidae, Polycentropodidae, Dysticidae, Lutrochidae, Staphilinidae, Simulidae, Megapodagrionidae, Oligochaeta) com ocorrência em todos os pontos amostrados. O grupo D1 e D2 são grupos formados por organismos presentes em habitats lênticos e lóticos.

Os Oligochaeta são conhecidos por serem capazes de suportar condições desfavoráveis do ambiente, tais como: baixa concentração de oxigênio dissolvido e altas concentrações de poluentes (Brinkhurst e Kennedy, 1965). No presente estudo, os oligoquetos tiveram baixa ocorrência visto que nenhum local apresentou o ambiente tão impactado que permitisse a alta abundância desses organismos.

O agrupamento E foi representado pelos táxons Hebridae e Isopoda com baixa ocorrência, principalmente, na área de cultivo de banana e no afluente.

Dessa maneira, no geral a análise de agrupamento efetuada com os locais de coleta e com os macroinvertebrados evidenciou a formação de agrupamentos

que possuem características biológicas semelhantes, sendo uma ferramenta muito útil em análises de comunidades (KLEINE; TRIVINHO-STIXINO; CORBI, 2011, CORBI e TRIVINHO-STRIXINO, 2008; CZERNIAWSKA-KUSZA, 2005).

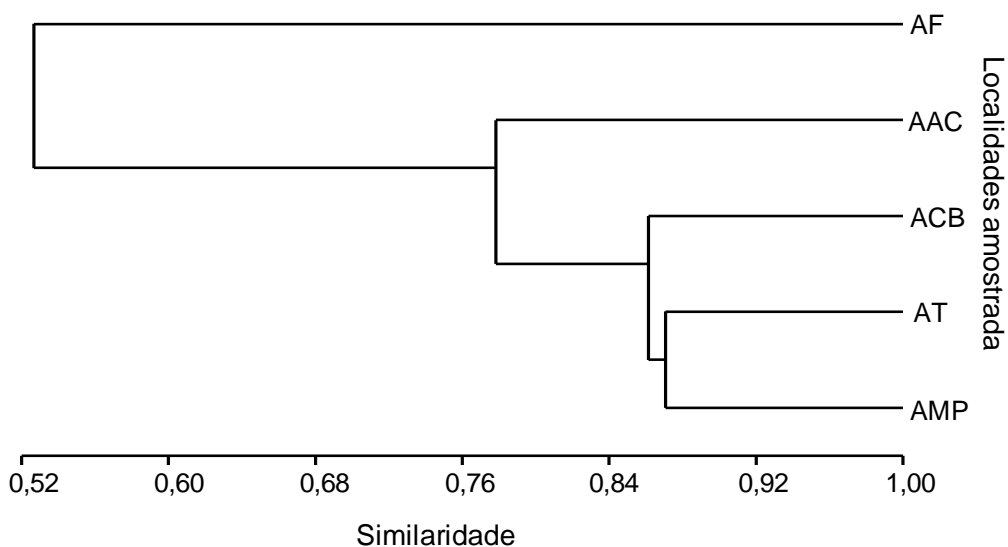


Figura 15. Dendrograma de agrupamento nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras –SP.

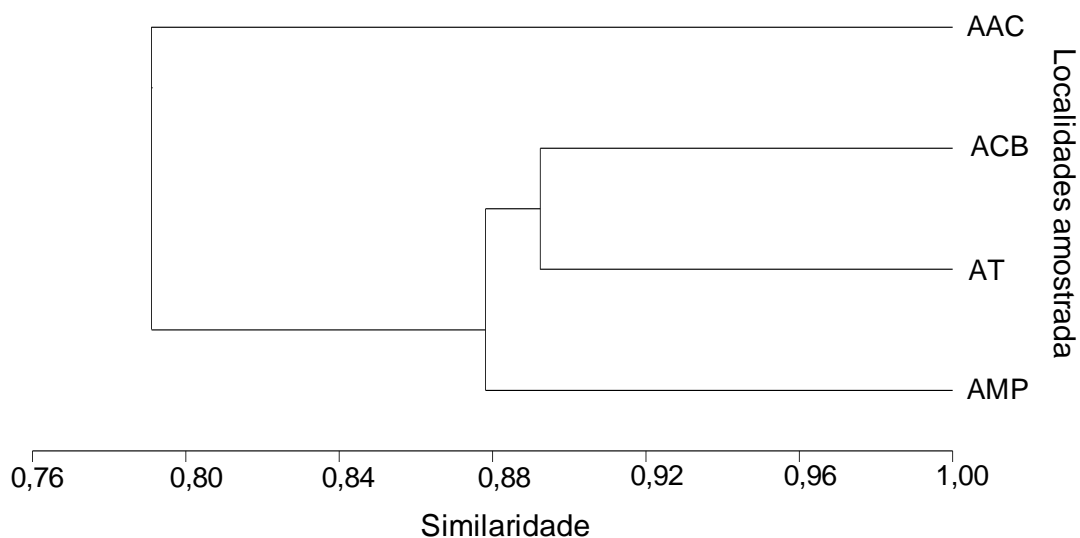


Figura 16. Dendrograma de agrupamento nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo), Sete Barras - SP.

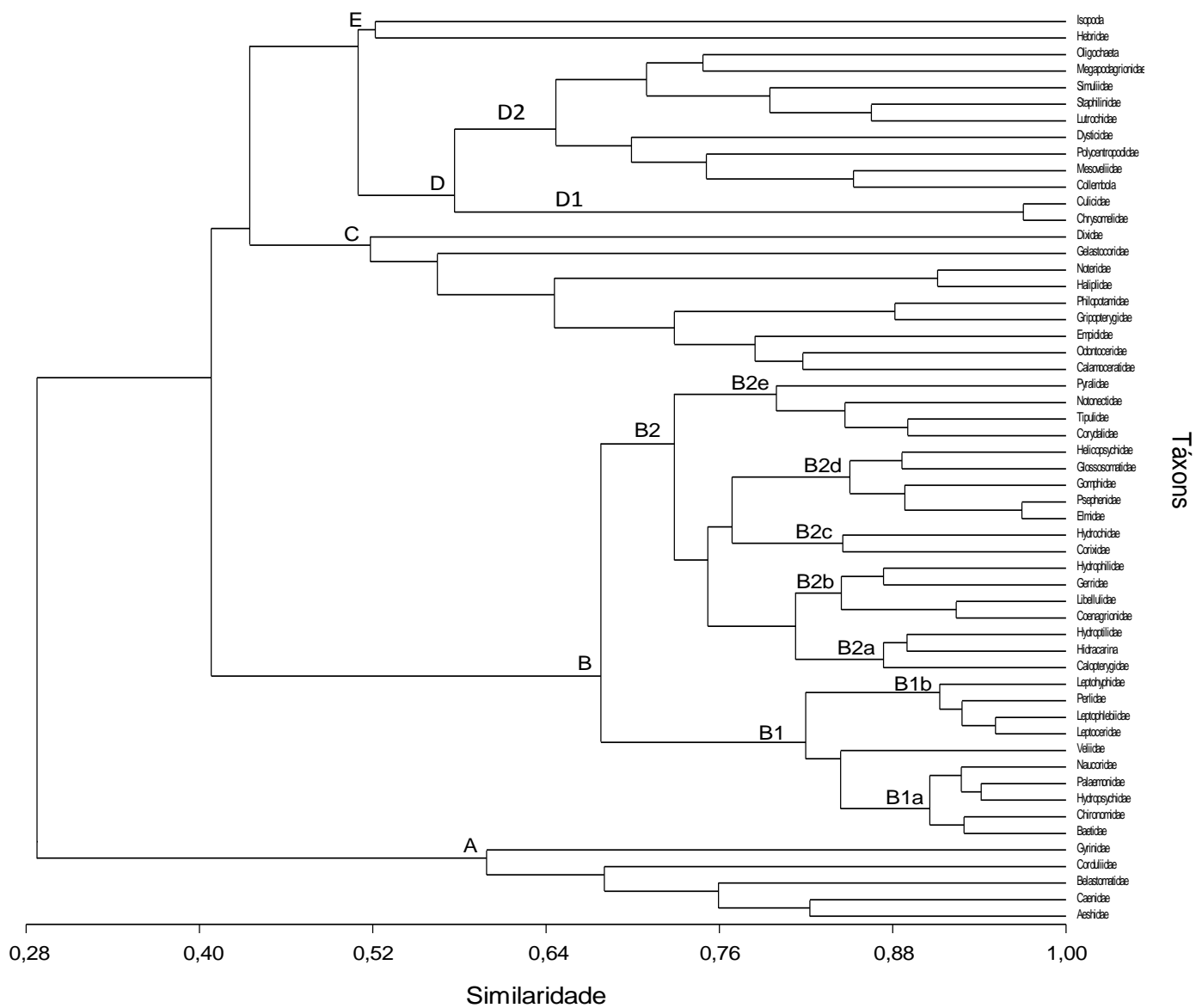


Figura 17. Dendrograma de agrupamento da comunidade total (Modo Q) de macroinvertebrados no Rio Etá e no afluente, Sete Barras – SP.

5.3. Índices Biológicos

Segundo o índice biológico BMWP a qualidade da água nos locais amostrados encontra-se em excelentes condições. Somente para o afluente no mês de setembro e na área após o cultivo nos meses de outubro e janeiro a água foi considerada boa. Apesar da qualidade da água ter se mostrado excelente para o afluente e na área após o cultivo, estes tiveram uma redução nas suas respectivas pontuações, como demonstrado na tabela 14.

Os valores obtidos pelo índice ASPT indicaram que a qualidade da água nas áreas de mata preservada e de transição apresentou uma qualidade de água limpa. Já nas áreas de cultivo de banana, após o cultivo e no afluente o índice indicou que a qualidade da água foi de água limpa a questionável, estando relacionado ao provável impacto antrópico que tais áreas recebem da bananicultura (Tabela 14).

No entanto, de acordo com os dois índices aplicados (BMWP e ASPT) pode-se inferir que a água do Rio Etá encontra-se de maneira geral em boas condições. Em outros estudos comparativos de áreas preservadas e cultivadas os resultados foram similares, tal como os de Egler (2002) e Corbi e Trivinho-Strixino (2008) que detectaram por meio do índice BMWP e ASPT que a qualidade da água foi de boa a excelente em áreas preservadas e boa a regular/muito ruim em áreas cultivadas, respectivamente, com legumes e hortaliças e cana de açúcar e pastagem.

No estudo de Barrilli, Rocha e Lucca (2012) foi detectado por meio destes índices que a água estava poluída em função da ocupação do solo por urbanização e atividades inerentes à agricultura e pecuária no Rio Monjolinho, São Carlos-SP. Já Raven e George (1989) e Raven et al. (1998) avaliaram o impacto do derramamento acidental do inseticida organofosforado (Chlorpyrifos) sobre a fauna de macroinvertebrados no Rio Roding em Londres com a aplicação do índice BMWP.

Tabela 14. Pontuação dos índices BMWP e ASPT e suas respectivas classificações da qualidade da água no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras –SP.

Ano	Mês	Locais	BMWP 2		ASPT	
			Pontuação	Qualidade	Pontuação	Qualidade
2012	Julho	AMP	125	excelente	6	água limpa
		AT	131	excelente	6	água limpa
		ACB	112	excelente	5	qualidade questionável
		AAC	87	excelente	6	água limpa
	Agosto	AF	97	excelente	5	qualidade questionável
		AMP	166	excelente	6	água limpa
		AT	123	excelente	6	água limpa
		ACB	122	excelente	5	qualidade questionável
	Setembro	AAC	89	excelente	5	qualidade questionável
		AF	93	excelente	5	qualidade questionável
		AMP	157	excelente	6	água limpa
		AT	101	excelente	6	água limpa
	Outubro	ACB	119	excelente	6	água limpa
		AAC	97	excelente	5	qualidade questionável
		AF	72	Boa	5	qualidade questionável
		AMP	142	excelente	6	água limpa
	Novembro	AT	125	excelente	6	água limpa
		ACB	95	excelente	6	água limpa
		AAC	71	Boa	5	qualidade questionável
		AF	98	excelente	5	qualidade questionável
Dezembro	AMP	155	excelente	6	água limpa	
	AT	170	excelente	6	água limpa	
	ACB	141	excelente	6	água limpa	
	AAC	132	excelente	6	água limpa	
Janeiro	AF	111	excelente	6	água limpa	
	AMP	169	excelente	6	água limpa	
	AT	134	excelente	6	água limpa	
	ACB	141	excelente	6	água limpa	
Fevereiro	AAC	127	excelente	6	água limpa	
	AF	105	excelente	6	água limpa	
	AMP	148	excelente	6	água limpa	
	AT	147	excelente	6	água limpa	
Março	ACB	120	excelente	5	qualidade questionável	
	AAC	66	Boa	6	água limpa	
	AF	109	excelente	6	água limpa	
	AMP	141	excelente	6	água limpa	
Abril	AT	157	excelente	6	água limpa	
	ACB	181	excelente	5	qualidade questionável	
	AAC	134	excelente	6	água limpa	
	AF	118	excelente	5	qualidade questionável	
Maio	AMP	154	excelente	6	água limpa	
	AT	137	excelente	6	água limpa	
	ACB	137	excelente	5	qualidade questionável	
	AAC	119	excelente	6	água limpa	
Junho	AF	100	excelente	6	água limpa	
	AMP	156	excelente	6	água limpa	
	AT	167	excelente	6	água limpa	
	ACB	159	excelente	6	água limpa	
2013	Abril	AAC	129	excelente	5	qualidade questionável
		AF	83	excelente	5	qualidade questionável
		AMP	211	excelente	6	água limpa
		AT	118	excelente	6	água limpa
Maio	ACB	158	excelente	6	água limpa	
	AAC	116	excelente	5	qualidade questionável	
	AF	86	excelente	5	qualidade questionável	
	AMP	154	excelente	6	água limpa	
Junho	AT	146	excelente	6	água limpa	
	ACB	184	excelente	6	água limpa	
	AAC	136	excelente	6	água limpa	
	AF	93	excelente	5	qualidade questionável	

5.4. Índices de Porcentagem, Razão e Riqueza para famílias sensíveis e resistentes.

No presente estudo, de um modo geral, a porcentagem de EPT e a razão EPT/Chir foram maiores na área de mata preservada, sendo que houve uma redução em direção à jusante do rio. Ainda, os pontos das áreas de transição e de cultivo de banana apresentaram um aumento da porcentagem de Chironomidae (Tabela 15). Tais resultados indicam que à medida que o rio vai sofrendo influencia antrópica pela cultura da banana, a composição de certos macroinvertebrados, vai sendo alterada de modo a se adaptar as novas condições encontradas no rio. De acordo com Resh e Jackson (1993) os locais onde sofrem aumento de perturbações ambientais tendem a apresentar valores baixos na porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Tricoptera e na razão EPT/Chir.

No afluente foi obtido uma porcentagem e razão de EPT/Chir extremamente baixa em relação aos pontos do Rio Etá (Figura 18 e Tabelas 15 e 16), indicando que este local não é apropriado para estes táxons (EPT) quer seja pelas características físicas ou por estar recebendo influência antrópica da bananicultura de seu entorno. Além disso, no afluente foi obtida uma alta porcentagem de Chironomidae (Figura 19 e Tabelas 15 e 16). Segundo Resh e Jackson (1993) um aumento na abundância de Chironomidae nos ambientes pode evidenciar uma mudança no habitat.

Outros estudos também detectaram uma redução na % EPT e na razão de EPT/CHIR e uma predominância de Chironomidae em locais cultivados (Castillo et al., 2006; Corbi e Trivinho-Stixino, 2008; Dias, Molozzi e Pinheiro, 2009; Kleine, Trivinho-Stixino e Corbi, 2011).

No estudo efetuado por Corbi, Trivinho-Stixino e Santos (2008) foi evidenciado que algumas larvas de Trichoptera (Calamoceratidae e Odontoceridae) não ocorreram próximas as áreas de agricultura, estando somente em áreas de florestas e Kleine, Trivinho-Stixino e Corbi (2011) observaram que além da redução de EPT nas áreas cultivadas, os organismos das famílias Perlidae, Gripopterygidae, Leptoceridae e Leptophlebiidae foram somente encontrados em áreas preservadas.

No entanto, Batista et al. (2010) ao investigarem as influências antrópicas (pouca mata ciliar, pecuária, agricultura, pastagem e áreas urbanas) provocadas a jusante do Rio Verde (Ponta Grossa), obtiveram uma alta % EPT no local próximo a agricultura e com alta abundância de Gripopterygidae, que são organismos sensíveis à poluição ambiental. O presente estudo assemelha-se muito com o obtido por Baptista et al. (2011), pois os locais com maior influência agrícola tiveram apenas uma redução na abundância das famílias de EPT: Ephemeroptera (Leptophlebiidae), Plecoptera

(Perlidae e Gripopterygidae) e Trichoptera (Glossosomatidae, Helicopsychidae e Leptoceridae) indicando que tais áreas continuam tendo boas condições de qualidade de água que permitem a presença desses organismos bioindicadores.

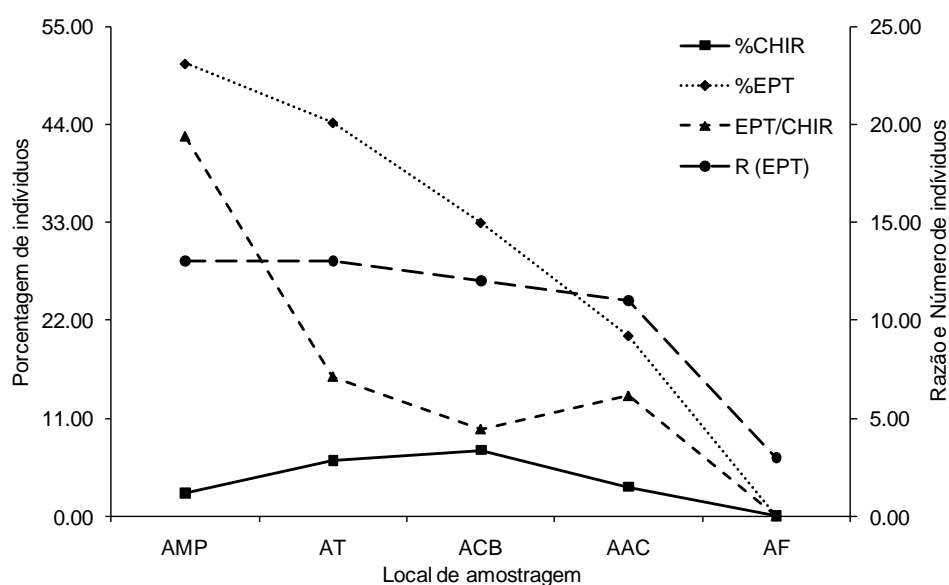


Figura 18. Porcentagem de Chironomidae (% CHIR), porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (% EPT), Razão entre Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Chironomidae (Razão EPT/CHIR), Riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (S EPT) no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras-SP.

Tabela 15. Porcentagem de Chironomidae (% CHIR), porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (% EPT), Razão entre Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Chironomidae (Razão EPT/CHIR), Riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (S EPT) no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras-SP.

Locais	%CHIR	%EPT	EPT/CHIR	S EPT
AMP	2.62	50.82	19.39	13
AT	6.20	44.19	7.12	13
ACB	7.41	32.94	4.44	12
AAC	3.30	20.24	6.14	11
AF	16,9	7,8	0,5	3.0

Tabela 16. Porcentagem de Chironomidae (% CHIR), porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (% EPT), Razão entre Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Chironomidae (Razão EPT/CHIR), Riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (S EPT) no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP.

Ano	Mês	Locais	%CHIR	%EPT	EPT/CHIR	R (EPT)
2012	Julho	AMP	0.5	51.0	98.0	8
		AT	0.9	32.4	36.5	8
		ACB	2.5	59.3	23.8	6
		AAP	0.0	18.5	-	4
	Agosto	AF	1.9	1.9	1.0	1
		AMP	2.1	70.1	32.8	10
		AT	1.4	58.9	42.1	8
		ACB	19.9	36.6	1.8	7
	Setembro	AAP	9.0	33.5	3.7	5
		AF	14.9	5.3	0.4	1
		AMP	4.8	66.9	14.1	10
		AT	15.5	62.7	4.0	8
	Outubro	ACB	13.2	55.5	4.2	7
		AAP	9.9	35.2	3.6	5
		AF	37.4	8.9	0.2	1
		AMP	1.8	27.6	18.6	10
	Novembro	AT	1.3	19.7	15.0	7
		ACB	16.1	13.7	0.8	5
		AAP	0.7	1.5	2.3	3
		AF	19.4	6.8	0.4	2
Dezembro	AMP	1.5	56.9	37.0	8	
	AT	7.3	51.7	7.0	8	
	ACB	2.0	24.6	12.5	8	
	AAP	1.2	15.7	13.3	9	
Janeiro	AF	11.3	10.4	0.9	1	
	AMP	0.8	46.3	60.3	9	
	AT	5.6	29.4	5.3	7	
	ACB	2.6	20.7	8.0	6	
Fevereiro	AAP	2.1	28.6	13.5	7	
	AF	15.7	7.1	0.5	1	
	AMP	1.0	46.4	40.7	9	
	AT	2.4	36.7	15.3	9	
Março	ACB	0.8	11.0	13.0	5	
	AAP	0.0	3.5	-	2	
	AF	16.7	8.3	0.5	2	
	AMP	1.6	24.7	15.3	6	
Abril	AT	3.6	61.9	8.5	9	
	ACB	1.5	19.2	12.4	7	
	AAP	1.7	13.8	8.3	7	
	AF	21.1	9.8	0.5	2	
Maio	AMP	1.7	57.0	33.5	7	
	AT	2.2	45.7	21.2	7	
	ACB	1.1	35.1	31.3	6	
	AAP	1.5	21.9	14.7	5	
Junho	AF	16.8	18.7	1.1	2	
	AMP	7.8	39.2	5.0	9	
	AT	29.1	47.0	1.6	9	
	ACB	19.2	48.0	2.5	7	
Setembro	AAP	9.4	41.4	4.4	6	
	AF	25.0	5.2	0.2	1	
	AMP	3.6	72.2	20.2	11	
	AT	7.7	66.0	8.5	7	
Outubro	ACB	7.3	52.1	7.2	7	
	AAP	2.2	24.7	11.3	6	
	AF	14.8	2.7	0.2	1	
	AMP	0.6	49.8	43.7	7	
Novembro	AT	0.3	76.6	170.0	8	
	ACB	0.2	27.3	110.0	8	
	AAP	1.5	23.9	9.3	5	
	AF	24.0	8.6	0.5	1	

5.5. Avaliação das condições da qualidade da água

A variação do pH, oxigênio dissolvido e temperatura entre os meses e áreas de amostragem estão representados nas figuras 19 a 21.

Os valores de pH dos pontos do rio estiveram dentro do estabelecido na resolução nº 357 do CONAMA (2005) variando de 6,3 a 7,8. Contudo, o pH da área após o cultivo foi mais ácido que os pontos a montante do rio. No geral, os valores de pH obtidos no afluente foram abaixo do permitido na resolução (5,7 a 5,8) (CONAMA, 2005).

Geralmente, um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à um ambiente eutrofizado (GIULIATTI; CARVALHO, 2009). Além disso, outros fatores, como a geologia do local, a decomposição de matéria orgânica além de processos biológicos, contribuem para o aumento ou diminuição do pH nos sistemas aquáticos (GUERESCHI, 2004).

Em relação aos valores de oxigênio dissolvido (OD) na água nos pontos do Rio Etá, observou-se uma variação de 5,5 a 12,2 mg L⁻¹, sendo sempre superiores ao estabelecido pelo CONAMA nº 357, tal fato é comum em ambientes lóticos, onde a água está em constante movimento facilitando sua oxigenação. Vieira (2012) também observou valores de oxigênio superiores a 7,0 mg L⁻¹ em riachos próximos a cultura de citrus na região de Brotas.

Valores de OD abaixo do permitido pela resolução do CONAMA (2005) foram obtidos somente no mês de maio/2013 na área após o cultivo (4,51 mg L⁻¹) e nos meses de março/2013 (4,0 Mg L⁻¹), abril/2013 (4,2 Mg L⁻¹) e maio/2013 (2,5 Mg L⁻¹) no afluente. Tal fato pode estar relacionado em grande parte ao baixo índice de precipitação no período da coleta (Figura 22). Amorim, Henriques-Oliveira e Nessimian (2004) também obtiveram baixos valores de OD (4,9 mg L⁻¹) no Rio Cascatinha (RJ) no período do outono; já no verão, que é uma estação com maiores ocorrências de chuva, eles obtiveram uma concentração maior de OD, estando relacionado com a maior correnteza e turbulência da água que provoca uma maior oxigenação. Tal fato também foi observado por Serafin (2009) em outras áreas da região do Vale do Ribeira, onde foram detectados baixos valores de oxigênio dissolvido em canais de drenagem estando relacionado aos períodos de seca.

O oxigênio dissolvido é um dos gases presentes na água que possui grande importância na dinâmica e na caracterização de um ecossistema aquático, pelo fato de que valores abaixo de 4 mg L⁻¹ podem levar à mortalidade dos organismos presentes neste ambiente (ESTEVES, 1988).

Os menores valores de temperatura foram obtidos no período de inverno (18,3 a 23,9°C), enquanto nos períodos de verão a temperatura atingiu valores mais altos (28°C) (Figura 21). A temperatura é um fator abiótico que está mais relacionado com o tempo do que com o espaço, visto que nos locais de coleta apresentaram valores similares.

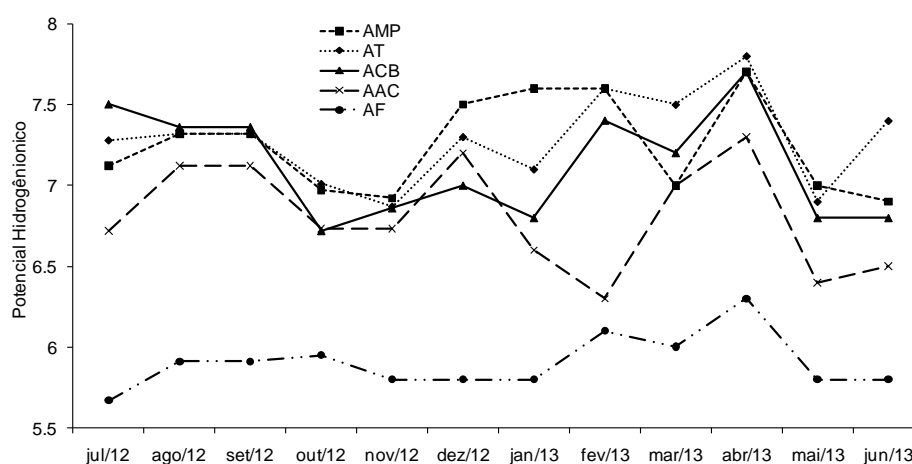


Figura 19. Potencial de hidrogênio (pH) da água nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras-SP.

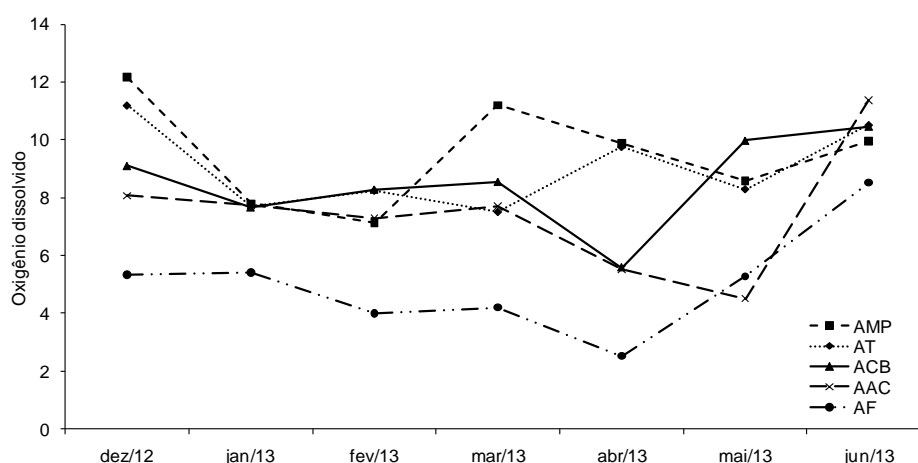


Figura 20. Oxigênio dissolvido na água nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras-SP.

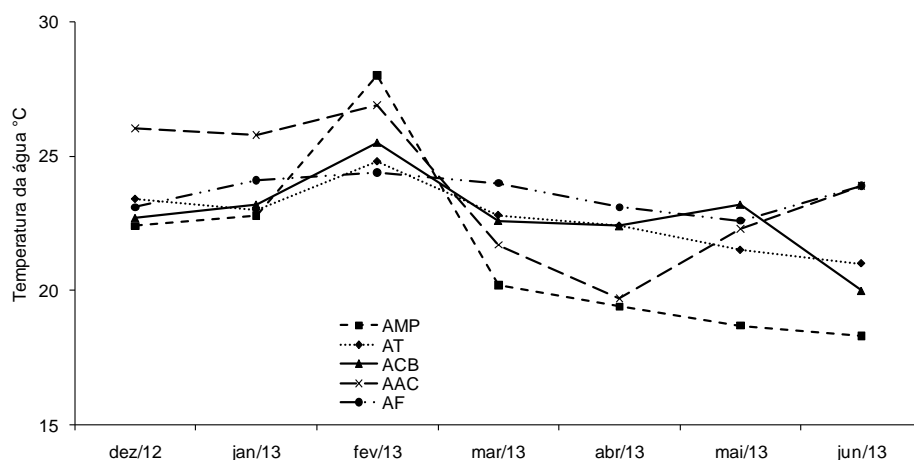


Figura 21. Temperatura da água nos locais amostrados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP.

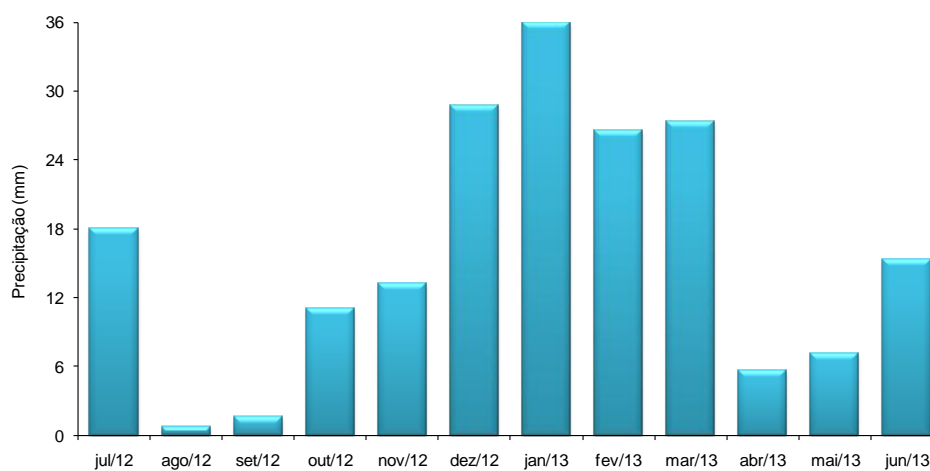


Figura 22. Pluviosidade do município de Sete Barras – SP no período de amostragem. (Fonte EPAGRI).

5.6. Caracterização do sedimento

A principal fração granulométrica encontrada nas análises do sedimento em todos os locais amostrados (afluente e Rio Etá) foi a areia total (66.4% a 96.4%), caracterizando as amostras na classe de textura arenosa. Vale ressaltar que a análise granulométrica realizada no afluente indicou grande quantidade de silte e argila e baixa porcentagem de areia em relação aos pontos realizados no Rio Etá (Tabelas 17 e 18).

Em relação à quantidade de matéria orgânica presente no sedimento, observou-se que o afluente apresentou um alto valor (39 g/kg) em comparação com as áreas amostradas no Rio Etá (Tabela 19). O afluente por ser um ambiente lântico e estreito promove a deposição de sedimentos finos e conseqüentemente de matéria orgânica em seu leito, ao contrário do rio que é um ambiente lótico estando em constante movimentação.

Os valores de pH do sedimento variou pouco (5.2 a 5.9) entre os pontos de coleta (Tabela 19), tendo todas as amostras um pH abaixo de 7.0, o que demonstra o caráter ácido do sedimento dos locais amostrados.

Tabela 17. Análise granulométrica do sedimento no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP.

Locais	Areias (g/kg)						Silte (g/kg)	Argilas (g/kg)	Classe de Textura
	AMG	AG	AM	AF	AMF	AT			
AMP	91	97	292	394	34	908	17	76	arenoso
AT	152	142	366	246	36	942	21	38	arenoso
ACB	81	294	392	148	21	937	26	38	arenoso
AAC	19	389	510	43	4	964	11	25	arenoso
AF	120	117	124	176	128	664	234	102	arenoso

AMG = areia muito grossa; AG = areia grossa; AM = areia média; AF = areia fina; AMF = areia muito fina; AT = areia total; md-ar = média areia;

Tabela 19. Porcentagem das frações granulométricas do sedimento no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP.

Locais	Areia Total	Silte	Argila	Classe de Textura
		%		
AMP	90.7	1.7	7.6	arenoso
AT	94.1	2.1	3.8	arenoso
ACB	93.6	2.6	3.8	arenoso
AAC	96.4	1.1	2.5	arenoso
AF	66.4	23.4	10.2	arenoso

Tabela 19. Resultados da matéria orgânica (M. O.) e do pH no sedimento no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras - SP.

Locais	M. O. g/kg	pH água
AMP	<4	5.9
AT	<4	5.7
ACB	<4	5.8
AAC	5	5.7
AF	39	5.2

M. O. = matéria orgânica

5.7. Curvas analíticas dos ingredientes ativos dos agrotóxicos monitorados para água e sedimento.

A construção da curva analítica foi baseada nas concentrações dos ingredientes ativos dos agrotóxicos estabelecidos, utilizando os valores dos picos cromatográficos desses agrotóxicos.

O método proposto para as curvas analíticas, equação da reta e o coeficiente de correlação foi realizado de acordo com INMETRO (2007), onde se recomenda que o valor de correlação seja superior a 0,90. As equações das curvas analíticas estão expressas nas tabelas 20 e 21.

Tabela 20. Equação da reta e coeficiente de correlação das curvas analíticas para os ingredientes ativos dos agrotóxicos monitorados em água.

Ingrediente ativo	Equação da reta	r²
azoxistrobina	$y = 181498x - 300656$	0,99
carbaril	$y = 26000x - 3760.8$	0,99
carbofurano	$y = 27557x - 4002.9$	0,99
diuron	$y = 86937x - 13289$	0,99
tebuconazol	$y = 51814x - 74127$	0,99

Tabela 21. Equação da reta e coeficiente de correlação das curvas analíticas para os ingredientes ativos dos agrotóxicos monitorados em sedimento.

Ingrediente ativo	Equação da reta	r²
azoxistrobina	$y = 28841x + 15132$	0,99
carbaril	$y = 242441x + 6653.5$	0,99
carbofurano	$y = 27650x - 3428.9$	0,99
diuron	$y = 94742x - 37106$	0,99
tebuconazol	$y = 86658x - 34343$	0,99

5.8. Recuperação dos métodos de extração de sedimento

Das três amostras nos dois níveis de fortificação, totalizando seis análises para cada ingrediente ativo, todos os agrotóxicos apresentaram uma recuperação aceitável para o sedimento, como observado na tabela 22. Segundo EPA (1996) as recuperações variam de 70 a 130% e o coeficiente de variação não pode ultrapassar 20%, sendo assim as análises de resíduos de pesticidas efetuadas no presente estudo atenderam a tais exigências.

Tabela 22. Níveis de fortificação (1 e 2) e médias das porcentagens de recuperação para o método de extração QuEChERS em amostras de sedimento.

Níveis	Ingrediente ativo	Nível de fortificação	Recuperação	Coeficiente de variação
		mg. kg ⁻¹	% ± DP	% CV
Nível 1	azoxistrobina	0.8	82 ± 6	7
	carbaril	0.08	84 ± 15	18
	carbofurano	0.8	74 ± 2	3
	diuron	0.8	95 ± 5	5
	tebuconazol	0.8	89 ± 13	15
Nível 2	azoxistrobina	3	83 ± 6	7
	carbaril	0.3	95 ± 16	17
	carbofurano	3	86 ± 10	12
	diuron	3	86 ± 13	15
	tebuconazol	3	87 ± 2	2

5.9. Monitoramento dos ingredientes ativos dos agrotóxicos em água e sedimento

Das 60 amostras de água analisadas por HPLC-UV, 28 delas (46,7%) apresentaram resíduos para algum dos ingredientes ativos monitorados (Tabela 23 e 24). Verificou-se que o diuron foi o ingrediente ativo mais quantificado estando presente em 60,7% das amostras quantificadas, enquanto que carbofurano foi quantificado em 28,6% das amostras. Já carbaril e tebuconazol apresentaram 7,1 e 3,6% das amostras quantificadas, respectivamente.

Em relação ao sedimento, não foi observado nenhum tipo de resíduo nas 20 amostras analisadas por HPLC-UV.

Dos agrotóxicos encontrados somente o carbaril (inseticida) foi comparado com a Resolução Conama nº 357 de 17/03/2005 para o limite permitido nos corpos de água, variando de $0,02 \mu\text{g L}^{-1}$ a $70 \mu\text{g L}^{-1}$. Já os ingredientes ativos carbofurano (inseticida), diuron (herbicida) e tebuconazol (fungicida) não apresentam valores estabelecidos pelo CONAMA (2005). Dessa forma, estes agrotóxicos foram comparados com os valores limites de concentração em água estabelecido pela Portaria MS 2914 de 12/12/2011 do Ministério da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011), com concentrações $7 \mu\text{g L}^{-1}$; $90 \mu\text{g L}^{-1}$; $180 \mu\text{g L}^{-1}$, respectivamente.

Todos os ingredientes ativos monitorados apresentaram baixas concentrações na água, estando dentro dos valores permitidos. Somente uma amostra na área após o cultivo do mês de março/13 apresentou o agrotóxico diuron em concentração acima do permitido pela Portaria MS 2914 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011) (Tabela 25).

O diuron é um herbicida sistêmico do Grupo Químico – Uréia devidamente registrado (MAPA sob nº00988692) para a cultura da banana para controlar as plantas daninhas, possui concentração de 800 g/kg de ingrediente ativo no produto comercial. Sua aplicação se dá no estágio de pré-emergência da planta (aplicado logo após o plantio) com uma dose de 1,5-3,0 kg/ha do produto comercial ou 1,2-2,4 kg/ha do ingrediente ativo. No estágio de pós-emergência (culturas já estabelecidas) aplica-se uma dose de 3,0-6,0 kg/ha do produto comercial ou 2,4-4,8 kg/ha do ingrediente ativo.

A sorção do diuron e, conseqüentemente, a sua lixiviação é governada principalmente pela fração orgânica do solo (Prata et al., 2000), podendo ocorrer lixiviação moderável em solos arenosos que apresentam baixo teor de argila e matéria orgânica (Matallo et al., 2002) apresentando assim uma meia vida curta

no sedimento (Tuner et al. (2003). Tal fato pode inclusive tornar o herbicida mais eficiente, movendo-o mais rápido para onde estão concentradas as sementes das plantas daninhas (Oliveira, 2001).

Cerca de 20% das quantidades dos pesticidas usados nas culturas podem alcançar as águas superficiais, sendo que esse número só não é maior porque existem alguns processos que atuam na imobilização das moléculas (Barriuso et al., 1996). Britto et al. (2012) também detectaram a presença do princípio ativo diuron nos rios Poxim-Mirim e Poxim (Sergipe) em níveis que podem comprometer a qualidade da água, inferindo que este herbicida possui grande capacidade de mobilidade quando disperso em água. No estudo de Matallo et al. (2005) foi determinado que 52% da quantidade aplicada dos herbicidas na cultura de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto (SP) lixiviou abaixo de 50 cm em solos arenosos.

Santana et al. (2011) demonstraram que o diuron permanece no solo arenoso por até 25 dias após a aplicação no controle da germinação das plantas *Cucumis sativus* e *Brachiaria decumbens*, já em solo argiloso sua permanência foi de até 100 dias após a aplicação tendo alta estabilidade e demonstrando controle superior a 91%. Sendo assim, no presente estudo a detecção do diuron nas amostras de água, mas não no sedimento do rio, está relacionada à forma de ação deste herbicida, ou seja, ele permanece na solução do solo e possui ligações fracas com as partículas de argila e matéria orgânica. Dessa maneira, com o processo de erosão e lixiviação o diuron que foi aplicado no solo vai para o sedimento do rio sendo dissolvido para a coluna d'água.

Conforme Serafim (2009) em resultados do sistema computacional PIRI (Pesticide Impact Rating Index) que avalia o potencial de impacto dos agrotóxicos no meio ambiente, mostrou que os ingredientes ativos carbofurano, carbaril, diuron, azoxistrobina e tebuconazol apresentaram maiores potenciais de contaminação ambiental para águas superficiais, em função da mobilidade desses ingredientes ativos em solos com três diferentes classificações e concentrações de matéria orgânica. Neste mesmo trabalho, Serafim (2009) ao monitorar esses agrotóxicos em amostras de água em drenagens de bananeiras próximas ao Rio Ribeira do Iguape e no próprio rio, encontrou 68,4% das amostras contaminadas, dos quais, o carbofurano foi quantificado em 69,7% e o tebuconazol em 15 % das amostras. Já Marques (2005) monitorou a água do Rio Ribeira do Iguape em vários municípios e encontrou resíduos de carbofurano com valor máximo de $2,24 \mu\text{g L}^{-1}$, sendo considerado um valor bem abaixo do permitido no Brasil.

Tabela 23. Número de amostras com resposta positiva, para os ingredientes ativos monitorados no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras-SP.

Locais	Número de amostras com respostas positivas				Total
	carbofurano	carbaril	diuron	tebuconozol	
AMP	2	1	2	0	5
AT	2	0	4	1	7
ACB	1	1	1	0	3
AAC	1	0	5	0	6
AF	2	0	5	0	7
Total	8	2	17	1	28

Tabela 24. Número de amostras com resposta positiva, para os ingredientes ativos monitorados durante os meses no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras-SP.

Mês	Número de amostras com respostas positivas				Total
	carbofurano	carbaril	diuron	tebuconozol	
Julho	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	4	0	4
Setembro	2	1	0	0	3
Outubro	2	0	2	0	4
Novembro	0	0	0	0	0
Dezembro	0	0	2	0	2
Janeiro	2	0	0	0	2
Fevereiro	1	1	0	1	3
Março	0	0	3	0	3
Abril	1	0	4	0	5
Mai	0	0	1	0	1
Junho	0	0	1	0	1
	8	2	17	1	28

Tabela 25. Resultados da quantificação dos ingredientes ativos dos agrotóxicos em amostras de água no Rio Etá (AMP = área de mata preservada; AT = área de transição; ACB = área de cultivo de banana; AAC = área após o cultivo) e no afluente (AF), Sete Barras-SP.

Ano	Mês	Locais	carbofurano (gm L ⁻¹)	carbaril (gm L ⁻¹)	diuron (gm L ⁻¹)	tebuconozol (gm L ⁻¹)
2012	Julho	AMP	ND	ND	ND	ND
		AT	ND	ND	ND	ND
		ACB	ND	ND	ND	ND
		AAC	ND	ND	ND	ND
		AF	ND	ND	ND	ND
	Agosto	AMP	ND	ND	5.91	ND
		AT	ND	ND	2.39	ND
		ACB	ND	ND	ND	ND
		AAC	ND	ND	3.00	ND
		AF	ND	ND	1.91	ND
	Setembro	AMP	2.30	0.14	ND	ND
		AT	1.38	ND	ND	ND
		ACB	<LOQ	ND	ND	ND
		AAC	ND	ND	ND	ND
		AF	<LOQ	ND	ND	ND
	Outubro	AMP	0.95	ND	ND	ND
		AT	0.74	ND	1.29	ND
		ACB	ND	ND	ND	ND
		AAC	<LOQ	ND	0.84	ND
		AF	ND	ND	ND	ND
Novembro	AMP	ND	ND	ND	ND	
	AT	ND	ND	ND	ND	
	ACB	ND	ND	ND	ND	
	AAC	ND	ND	ND	ND	
	AF	ND	ND	ND	ND	
Dezembro	AMP	ND	ND	ND	ND	
	AT	ND	ND	<LOQ	ND	
	ACB	ND	ND	ND	ND	
	AAC	ND	ND	0.34	ND	
	AF	ND	ND	1.95	ND	
2013	Janeiro	AMP	ND	ND	ND	ND
		AT	<LOQ	ND	ND	ND
		ACB	1.64	ND	ND	ND
		AAC	ND	ND	ND	ND
		AF	1.42	ND	ND	ND
	Fevereiro	AMP	ND	ND	ND	ND
		AT	ND	ND	ND	9.24
		ACB	ND	0.83	ND	ND
		AAC	0.62	ND	<LOQ	ND
		AF	ND	ND	ND	ND
	Março	AMP	ND	ND	ND	ND
		AT	ND	ND	ND	ND
		ACB	ND	ND	1.02	ND
		AAC	ND	ND	148.68	ND
		AF	ND	ND	1.21	ND
	Abril	AMP	ND	ND	8.53	ND
		AT	ND	ND	11.71	ND
		ACB	<LOQ	ND	<LOQ	ND
		AAC	ND	ND	0.37	ND
		AF	1.53	ND	0.53	ND
Maio	AMP	ND	ND	ND	ND	
	AT	ND	ND	ND	ND	
	ACB	<LOQ	ND	<LOQ	ND	
	AAC	ND	ND	<LOQ	ND	
	AF	ND	ND	0.37	ND	
Junho	AMP	ND	ND	ND	ND	
	AT	ND	ND	25.50	ND	
	ACB	<LOQ	ND	ND	ND	
	AAC	ND	ND	ND	ND	
	AF	ND	ND	ND	ND	

5.10. Influência das variáveis ambientais na distribuição espacial e composição da comunidade de macroinvertebrados

A análise de redundância (RDA) realizada para a abundância dos táxons (TA) e os fatores ambientais (FA) demonstrou dois pares significativos de variáveis de acordo com as simulações de Monte Carlo ($p < 0,05$) que explicaram 25,1% da variação da total dos dados (Tabela 26).

O primeiro par de variáveis da RDA (Eixo 1) foi representado por cinco táxons, sendo eles Baetidae, Helicopsychidae, Leptoceridae, Leptophlebiidae e Perlidae com coeficientes negativos. Os fatores ambientais foram representados pelo pH com coeficiente negativo e a temperatura com coeficiente positivo (Tabela 26). Esta relação indica uma diminuição da abundância dos macroinvertebrados de acordo com o aumento da temperatura e diminuição do pH (Tabela 27 e Figura 23). O oxigênio dissolvido, apesar de não se correlacionar significativamente a nenhum eixo, esteve negativamente correlacionado com Baetidae, Helicopsychidae, Leptoceridae, Leptohyphidae, Leptophlebiidae e Perlidae, o que confirma a maior necessidade deste grupo por água bem oxigenada. Já os hemípteros Corixidae e Naucoridae se correlacionaram negativamente com o pH e OD e positivamente com a temperatura. Esses organismos têm a capacidade de respirar oxigênio atmosférico ou de se isolar da água por meio de um filme de ar que minimiza o contato com a água e seus poluentes (Graça e Coimbra, 1998).

Como representado na figura 23 os grupos de EPT foram mais frequentes nas áreas de mata preservada e de transição onde foram obtidos os maiores valores de pH e OD, já os Corixidae e Naucoridae ocorreram nas áreas de cultura de banana e após o cultivo com pH ácido e maior temperatura.

Segundo Giuliatti e Carvalho (2009) um pH muito ácido ou muito alcalino pode estar associado à ecossistema eutrofizado com presença de despejos indústrias e residuais. Como representado por Rodrigues et al. (2010) que ao correlacionar a comunidade de macroinvertebrados em áreas que recebem efluentes decorrente da exposição de resíduos de carvão observaram uma redução na abundância de EPT com valores de pH entre 4,06 a 5,8. Por outro lado Bispo et al. (2006) observaram que os valores de pH (7,4 a 8,4) registrados durante o período de estudo não tiveram efeito direto sobre a distribuição da fauna, concluindo que o pH somente influencia na distribuição da fauna apenas em valores extremos, ou quando eles são associados com a contaminação orgânica.

A temperatura é um fator muito importante na estrutura da fauna bentônica. De acordo com Silveira (2004) com o corte da vegetação ripária, há um aumento da temperatura da água, diminuindo a capacidade de solubilização do oxigênio. Conforme Karr e Schlosser (1978), em elevadas temperaturas, a capacidade dos riachos de metabolizar produtos orgânicos sem reduzir a concentração de oxigênio é pequena. A elevação da temperatura aumenta a taxa de nutrientes aderidos aos sólidos suspensos que são convertidos em formas solúveis, tornando-se prontamente disponível para a fauna bentônica. Isto implica no processo de eutrofização, pois com uma maior oferta de nutrientes para os produtores primários (algas e fitoplâncton), maior será o seu crescimento e taxa de consumo de oxigênio, provocando um aumento da matéria orgânica e a queda da concentração de oxigênio dissolvido na água (Silveira, 2004). No estudo de Couceiro et al. (2007) foi detectado que a comunidade de macroinvertebrados se correlacionou negativamente com o oxigênio dissolvido, relacionando tal fato com o desmatamento nos córregos urbanos em Manaus.

A análise de redundância (RDA) efetuada para avaliar a influência dos agrotóxicos sobre a comunidade de macroinvertebrados demonstrou não haver correlação significativa entre tais variáveis ($p > 0,05$; $p = 0.3105$). Provavelmente, tal fato se deveu as ocorrências casuais dos agrotóxicos nas amostras e em baixas concentrações, os quais não foram suficientes para detectar padrões de distribuição e alteração da composição da comunidade. Tal fato também foi encontrado por Camargo (2010) em área de cultivo de arroz irrigado, onde não foi detectado relação dos agrotóxicos aplicados na cultura com a abundância e a riqueza da macrofauna, no entanto, foi observado que as famílias Libellulidae e Perlidae só foram encontradas em áreas de controle, por serem organismos sensíveis.

Já em outros estudos foram detectados correlações da fauna de macroinvertebrados com agrotóxicos, como no caso de Castillo et al. (2006) em plantações de banana na Costa Rica; Baumart, Dalosto e Santos (2011) em culturas de arroz irrigado no Brasil e Sáenz et al. (2011) em culturas de abacaxi e banana. Nestes estudos foi evidenciado que houve uma redução na diversidade e na densidade da comunidade, assim como na ocorrência dos EPT nos locais com incidência de agrotóxicos.

Tabela 26. Síntese dos resultados da Análise de Redundância (RDA) entre as variáveis ambientais e os grupos taxonômicos de macroinvertebrados. Foram destacadas as variáveis com coeficiente de correlação ($r > 0,5$) em relação ao primeiro eixo de ordenação.

Resumo estatísticos dos Axis		Axis 1	Axis 2
Autovalores		2.28	0.48
Variação Explicada (%)		20.70	4.40
Siglas	Variáveis	coeficientes de correlação	
Baeti	Baetidae	-0.65	0.57
Chiro	Chironomidae	-0.36	0.38
Corix	Corixidae	0.44	0.75
Helic	Helicopsychidae	-0.55	-0.61
Lepce	Leptoceridae	-0.68	0.60
Lephy	Leptohyphidae	-0.13	-0.07
Lepph	Leptophlebiidae	-0.81	-0.22
Nauco	Naucoridae	0.47	0.70
Palae	Palaemonidae	0.22	-0.07
Perli	Perlidae	-0.64	0.33
Veliid	Vellidae	0.06	-0.65
pH	potencial de hidrogênio	-0.58	-0.19
Temp	temperatura	0.52	-0.31
OD	oxigênio dissolvido	-0.30	-0.36
Resultado do teste de Monte Carlo			
Correlação Espécie-Ambiental			
Correlação de Person		0.79	0.55
Média		0.56	0.5
Mínimo		0.27	0.2
Máximo		0.86	0.82
p		0.0025	

Tabela 27. Siglas utilizadas no digrama de ordenamento da RDA.

Meses/local	Siglas
Janeiro/área de mata preservada	JanAP
Janeiro/área de cultivo de banana	JanBA
Janeiro/área de transição	JanIN
Janeiro/ápós o cultivo	JanPB
Fevereiro/área de mata preservada	FebAP
Fevereiro/área de cultivo de banana	FebBA
Fevereiro/área de transição	FebIN
Fevereiro/ápós o cultivo	FebPB
Março/área de mata preservada	MarAP
Março/área de cultivo de banana	MarBA
Março/área de transição	MarIN
Março/ápós o cultivo	MarPB
Abril/área de mata preservada	AprAP
Abril/área de cultivo de banana	AprBA
Abril/área de transição	AprIN
Abril/ápós o cultivo	AprPB
Maió/área de mata preservada	MayAP
Maió/área de cultivo de banana	MayBA
Maió/área de transição	MayIN
Maió/ápós o cultivo	MayPB
Junho/área de mata preservada	JunAP
Junho/área de cultivo de banana	JunBA
Junho/área de transição	JunIN
Junho/ápós o cultivo	JunPB
Dezembro/área de mata preservada	DecAP
Dezembro/área de cultivo de banana	DecBA
Dezembro/área de transição	DecIN
Dezembro/ápós o cultivo	DecPB

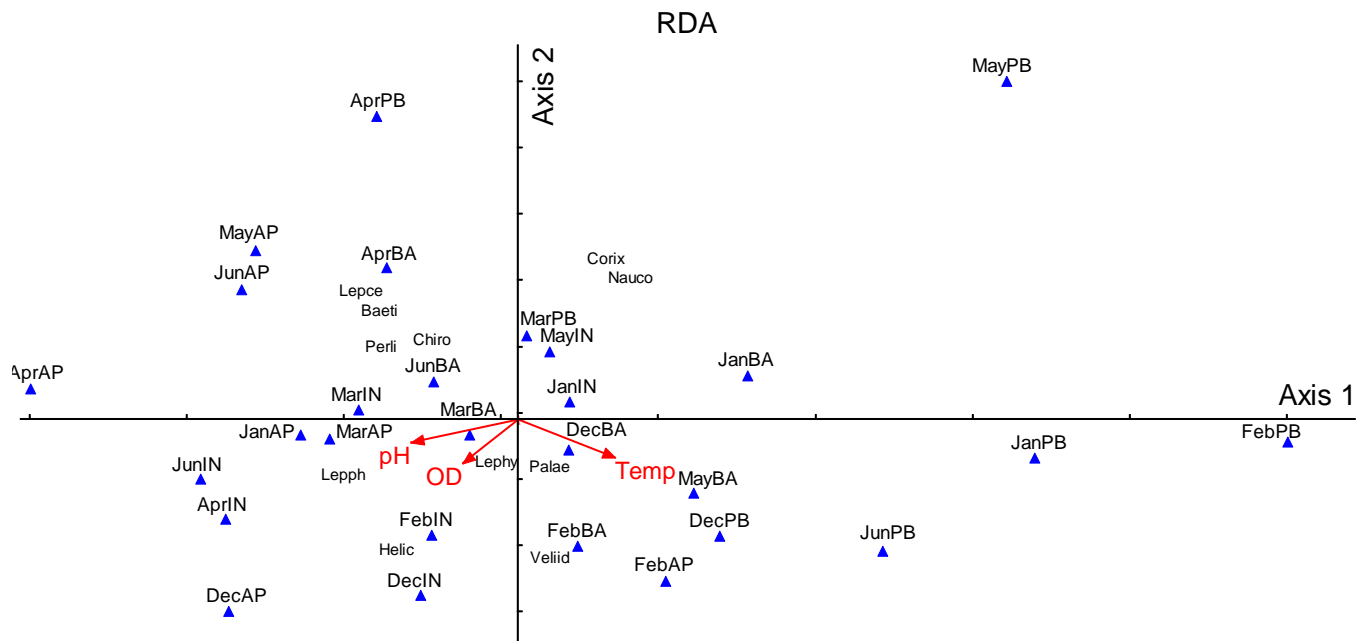


Figura 23. Análise de Redundância (RDA): diagrama da ordenação dos táxons, meses/locais (em azul) e os fatores ambientais (em vermelho).

5.11. Educação ambiental nas escolas

O programa de educação ambiental foi realizado com seis turmas do ensino médio da escola E. E. Plácido de Paula e Silva durante um período de quatro aulas no mês de março de 2014.

Na primeira aula foi realizada uma explanação teórica para todos os alunos (seis turmas) sobre a importância de se efetuar um monitoramento biológico de um rio que pode estar recebendo influência antrópica vinda das culturas em seu entorno.

A explanação foi realizada de maneira dinâmica com a participação dos alunos, instigando-os a levantar os possíveis problemas causados pelos agrotóxicos na água do rio e sua associação com as comunidades de macroinvertebrados. Além de levantar hipóteses dos possíveis problemas causados as pessoas residentes próximos a essas culturas. Na palestra também foi explicado como podemos realizar testes rápidos para avaliar a qualidade da água de um corpo d'água utilizando kits de análise de água e a importância de cada parâmetro analisado.

Ao final dessa palestra os alunos foram incumbidos de levarem para a próxima aula amostras de água de diversos locais para serem analisados com os kits mencionados.

Na segunda aula os alunos trouxeram as amostras de água para serem analisadas. As amostras de água foram provenientes de três canais de drenagem localizados dentro dos bananais e duas amostras do Rio Etá em uma área aparentemente preservada.

Os alunos de cada turma foram divididos em cinco grupos apresentado sete alunos por grupo. Cada grupo realizou as análises dos parâmetros ambientais de acordo com as instruções presentes no Ecolite (Figura 24) e preencheram uma tabela com cada parâmetro analisado: pH, nitrato, nitrito, amônia, oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade elétrica, turbidez e ortofostato (Tabela 28).

Na terceira aula os grupos foram novamente reunidos com o objetivo de efetuar a comparação dos resultados com o dos colegas dos outros grupos, a fim de observar as variações das amostras analisadas nos diferentes corpos de água. Após o término das análises eles compararam seus resultados com os valores estabelecidos para a qualidade de água de acordo com a resolução do CONAMA (2005).

Na quarta aula, os alunos foram reunidos para a discussão final dos dados obtidos, onde foi efetuada uma explanação da importância de cada fator analisado e sua influência no ambiente. Com a discussão final os alunos

perceberam que as amostras de água provenientes dos canais de drenagem dos bananais foram as que apresentaram valores alterados em relação ao rio.

Dessa maneira, o programa de educação ambiental desenvolvido permitiu explorar vários conceitos do cotidiano dos alunos relacionados ao tema do presente projeto proporcionando situações em que eles contextualizassem as ciências da natureza com suas experiências pessoais, e entendendo que é possível desenvolver uma agricultura sustentável sem agredir o meio ambiente e sua biota.

Tabela 28. Média dos parâmetros físicos e químicos (pH, nitrato, nitrito, amônia, oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade elétrica, turbidez e ortofostato) analisado pelos alunos da Escola Estadual Plácido de Paula e Silva.

Parâmetros	Unidades	Amostras do	Amostras do	Concentrações de acordo com o CONAMA 357 (2005)
		Rio Etá	Afluente	
pH	-	7.25	5.25	6 até 9
nitrato	mg L ⁻¹	0.1	0.4	10
nitrito	mg L ⁻¹	0.01	0.07	1
amônia	mg L ⁻¹	0.1	0.3	max 0.5 - acima de 2.5 letal
oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹	8.5	4	> 5
temperatura	mg L ⁻¹	22.5	22.5	-
turbidez	N.T.U	50	50	100
ortofostato	mg L ⁻¹	0	0.88	-



Figura 24. Atividades de educação ambiental com alunos de ensino médio da escola E.E Plácido de Paula e Silva.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos na presente dissertação é possível inferir que a comunidade de macroinvertebrados respondeu de maneira distinta em relação aos impactos antrópicos sofridos nos diferentes locais do Rio Etá. Isto foi evidenciado pela perda na abundância e riqueza de táxons nas áreas de cultivo de banana e após o cultivo, havendo também uma predominância de organismos resistentes das famílias Corixidae e Hydrochidae e uma redução que dos EPT, que são insetos sensíveis às perturbações ambientais. Sendo assim, os organismos destas famílias podem ser considerados os principais bioindicadores da qualidade de água das áreas amostradas no presente estudo.

O ponto efetuado no afluente mostrou-se distinto em diversas características analisadas em relação a maioria das áreas amostradas no Rio Etá, estando relacionado as características fisiográficas e abióticas que permitiram a presença de macroinvertebrados típicos de locais lênticos.

Em relação aos índices bióticos (BMWP e ASPT) foi demonstrado que a qualidade da água do Rio Etá encontra-se de maneira geral em boas condições. Somente na área após o cultivo e no afluente a qualidade da água, apesar de ter sido excelente na maioria dos meses, houve uma redução em suas respectivas pontuações, estando relacionado ao provável impacto antrópico que tais áreas recebem da bananicultura.

Os parâmetros abióticos analisados (pH, OD e temperatura) apresentaram diferenças entre os pontos analisados, estando relacionados as características de cada local. O pH da área após o cultivo e do afluente foi mais ácido que os pontos a montante do rio. Já em relação aos valores de oxigênio dissolvido, estes diminuíram a jusante do rio enquanto a temperatura aumentou. Estas diferenças estiveram correlacionadas com a diminuição da abundância dos macroinvertebrados a jusante do Rio Etá, indicando influência dos fatores ambientais na distribuição espacial da macrofauna bentônica.

A validação do método para a recuperação e quantificação dos agrotóxicos no sedimento apresentou um bom desempenho para todos ingredientes ativos analisados (azoxistrobina, carbaril, carbofurano, diuron, tebuconazol).

Dos agrotóxicos analisados em água, o diuron foi o mais quantificado, tendo uma das amostras com concentração acima do permitido na Portaria MS 2914 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011). Para o sedimento, nenhuma das amostras foi detectado resíduos de agrotóxicos. Pode-se inferir que tal fato esteve relacionado com a mobilidade dos agrotóxicos na água e no sedimento.

A comunidade de macroinvertebrados não demonstrou relação com os agrotóxicos, tal fato pode estar relacionado à baixa concentração dos ingredientes ativos encontradas nas amostras de água durante o período de estudo.

Com base no exposto, pode-se inferir que apesar da região estudada estar sob impactos antrópicos, estes ainda não estão sendo suficientes para alterar drasticamente as condições da macrofauna e a qualidade da água do Rio Etá. Dessa maneira, o presente estudo serve como subsídio para futuros trabalhos de monitoramento químico, físico e biológico na região do Vale do Ribeira.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBA-TERCEDOR, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. In: Simpósio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almeria. v.2, p.203-213, 1996.

ALMADA, C. M. W.; WÜRDIG, N. L., Avaliação da Fauna Bentônica em Ambiente Aquático. In: Centro de Ecologia/UFRGS. **Carvão e Meio Ambiente**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, p.784-791. 2000.

ALMEIDA, D. F.; MARTINS, A. H.; TUNDISI, J. C. Weight-of-evidence on environmental impact assessment of metal contaminated sediments in the São Francisco River (Três Marias – Minas Gerais – Brazil) – a case study. **Brazilian Journal Biology**, São Paulo, v.71, n.4, p.961-973, 2011.

AMORIM, A. C. F.; CASTILLO, A.R. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água do baixo Rio Perequê, Cubatão, São Paulo, Brasil. **Biodiversidade Pampeana**, Uruguiana, v.7, n.1, p.16-22, 2009.

AMORIM, R. M.; HENRIQUES-OLIVEIRA, A. L.; NESSIMIAN, J. L. Distribuição espacial e temporal das larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera) na seção ritral do rio Cascatinha, Nova Friburgo, Rio de Janeiro, Brasil. **Lundiana**, v. 5, n. 2, p. 119-127, 2004.

AZRINA, M. Z. et al. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 64, n. 3, p. 337-347, 2006.

ANASTASSIADES, M., LEHOTAY, S. J., STAJNBAHER, D., SCHENCK, F. J., **Journal of AOAC International**, v.86, p. 412-430, 2003.

ARIAS, A.R.L.; BUS, D.F.; ALBURQUERQUE, C.; INACIO, A.F.; FREIRE, M.M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D.F. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p.61-72, 2007.

ARMITAGE, P. D.; MOSS, D.; WRIGHT, J. F.; FURSE, M. T. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. **Water Research**, v.17, p.333-347. 1983.

BARBOUR, M.T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B.D.; STRIBLING, J.B. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. 2^a ed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water, Washington, 339p. 1999.

BARRILLI, G. H. C.; ROCHA, O.; LUCCA, J. V. Avaliação da qualidade da água nos córregos fazzari e monjolinho no campus da ufscar. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 2, 2012.

BARRIUSO, E. et al. Les pesticides et les polluants organiques des sols: transformations et dissipation. **Étude et Gestion des Sols**, v. 03, n. 04, p. 279-296, 1996.

BATISTA, H. U. et al. Estrutura e composição da fauna de macroinvertebrados como forma de avaliação da qualidade da água do Rio Verde, em Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v. 4, n. 2, p. 241-256, 2010.

BAPTISTA, D F. et al. Multimetric index for assessing ecological condition of running waters in the upper reaches of the Piabanha-Paquequer-Preto Basin, Rio de Janeiro, Brazil. **Zoologia**, Curitiba, v. 28, n. 5, p. 619-628, 2011.

BAUMART, J.; DALOSTO, M.; SANTOS, S. Effects of carbofuran and metsulfuron-methyl on the benthic macroinvertebrate community in flooded ricefields. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 2, p. 138-144, 2011.

BERTINI, G. **Comunidade de Carangueijo (Crustacea: Decapoda: Brachyura) no Litoral Norte do Estado de São Paulo**. 2002. 184f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Área de Zoologia) – Universidade Estadual de Botucatu, Botucatu, 2002

BIEGER, L.; CARVALHO, A. B. P.; STRIEDER, M. N.; MALTCHIK, L.; STENERT, C. Are the streams of the Sinos River basin of good water quality? Aquatic macroinvertebrates may answer the question. **Brazilian Journal Biology**, São Paulo, v.70, n.4, p.1207-1215, 2010.

BISPO, P. C. **Estudo de comunidade de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) em riachos do Parque Estadual Intervales, Serra de Paranapiacaba, Sul do Estado de São Paulo**. 2002. 127f. Tese (Doutorado em Ciências – Área de Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

BONADA, N.; PRAT, N.; RESH V.H, STATZNER, B. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, n.51, p.495-523, 2006.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. L. O Cultivo da Banana. 1ed. Cruz das Almas, **Embrapa**, 2004, 279 p.

BRINKHURST, R. O.; KENNEDY, C. R. Studies on the biology of the Tubificidae (Annelida, Oligochaeta) in a polluted stream. *The Journal of Animal Ecology*, p. 429-443, 1965.

BRITTO, Fábio Brandão et al. Herbicidas no alto Rio Poxim, Sergipe e os riscos de contaminação dos recursos hídricos. **Revista ciência agrônômica**, v. 43, n. 2, p. 390-398, 2012.

BUSS, D. F., BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.19, n.2, p.465-473, 2003.

BUCKUP, L.; BUENO, A. A. P.; BOND-BUCKUP, G.; CASAGRANDE, M.; MAJOLO, F. The benthic macroinvertebrate fauna of highland streams in southern Brazil: composition, diversity and structure. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.24, n. 2, p. 294–301, 2007.

CASTILLO, L. E. et al. Water quality and macroinvertebrate community response following pesticide applications in a banana plantation, Limon, Costa Rica. **Science of the Total Environment**, v. 367, n. 1, p. 418-432, 2006.

CALLISTO, M.; GOULART, M.; MEDEIROS, A. O.; MORENO, P.; ROSA, C. A. Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts, and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. **Brazilian Journal Biology**, São Paulo, v.64, n.4, p.743-755, 2004.

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

CALOR, A. R.. Ordem Trichoptera Kirby 1813 (Arthropoda: Insecta). Guia on-line de identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico> Acesso em: 05 de julho de 2013.

CARVALHO, A. L.; NESSIMIAN, J. L. Odonata do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: habitats e hábitos das larvas. In: NESSIMIAN, J. L.; CARVALHO, A. L. (Ed.). Ecologia de insetos aquáticos. Rio de Janeiro: UFRJ-PPGE, (Séries Oecologia Brasiliensis, 5). p. 03-28. 1998.

CAMARGO, B. V. Macroinvertebrados da lavoura de arroz irrigado tratada com os agrotóxicos carbofuran e penoxsulam. 47f. 2010. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Animal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

COUCEIRO, S. R. M. et al. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. *Hydrobiologia*, v. 575, n. 1, p. 271-284, 2007.

Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (CEPAGRI). Clima dos Municípios Paulistas. Disponível em: <www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_580.html> Acesso em: 13 de Jan. 2012.

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Suas Regiões. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Municipio.aspx?secaold=18&id=113>> Acesso em: 13 de Jan. 2012.

Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. 18 de março de 2005.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 1986. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Diário Oficial da União.

COTA, L.; GOULART, M.; MORENO, P.; CALLISTO, M. Rapid assessment of river water quality using the adapted BMWP index: a practical tool to evaluate ecosystem health. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, Stuttgart, n.28, p.1-4, 2002.

CORBI, J. J. **Influência de práticas de manejo de solo sobre os macroinvertebrados aquáticos de córregos: ênfase para o cultivo de cana-de-açúcar em áreas adjacentes.** 2006. 92f. Dissertação (Tese de Doutorado em Ciências – Área de Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

CORBI, J. J.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Relationship between sugar cane cultivation and stream macroinvertebrate communities. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 51, n. 4, p. 769-779. 2008.

CZERNIAWSKA-KUSZA, I. Comparing modified biological monitoring working party score system and several biological indices based on macroinvertebrates for water-quality assessment. *Limnologica-Ecology and Management of Inland Waters*, v. 35, n. 3, p. 169-176, 2005.

DIAS, A. S. Distribuição e ocorrência de macroinvertebrados bentônicos nas áreas com cultura orizícola no Vale do Itajaí-SC. 2006. 37f. Monografia (Monografia em Ciências em Bacharel) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau-SC. 2006.

DIAS, A. S.; MOLOZZI, J.; PINHEIRO, A. Distribuição e ocorrência de macroinvertebrados bentônicos em rios nas áreas com cultura orizícola no vale do itajaí-sc. **Holos Environment**, v. 9, n. 1, p. 45-64, 2009.

DINGER, E. C. et al. Aquatic invertebrates of Cuatro Ciénegas, Coahuila, México: natives and exotics. *The Southwestern Naturalist*, v. 50, n. 2, p. 237-246, 2005.

DOMÍNGUES, E.; FERNÁNDES, H. R. Macroinvertebrados Bentônicos Sudamericanos: Sistema y Biología. 1ªed. **Fundación Miguel Lillo**, Tucumán, 2009, 656p.

EGLER, M. **Utilizando a Comunidade de Macroinvertebrado Bentônicos na Avaliação da Degradação de Ecossistemas de Rios em Áreas Agrícolas.** 2002. 166f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Área de Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2002.

Environmental Protection Agency (**EPA**). Residue Chemistry Test Guidelines OPTTS 860.1340 Residue Analytical Method, 1996. Disponível em URL: http://permanent.fdlp.gov/fbb/library/epa_860/860-1340.pdf . Acesso em 23 mar. 2014.

EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL. Relatório de Avaliação dos Impactos das Tecnologias Geradas pela Embrapa. Manaus, 2013. 32p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). 2011. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/planilhas/Banana_Brasil_2011.pdf>. Acesso em: 02 set/2013.

Food and Agriculture (FAO). 2013. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 02 de set. de 2013.

FERNÁNDEZ, H.R.; DOMINGEZ, E. Guía para La determinación de los artrópodos bentônicos sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán , 282p, 2001.

FERREIRA, R.C.B.; LEME, T.S.; SOARES, E.P.; RIBEIRO, D.H.B.; LUCHINI, L.C. 2009. **Monitoramento de resíduos de agrotóxicos em águas superficiais no Vale do Ribeira, São Paulo, Brasil**. Trabalho apresentado na 22º RAIB. *Biológico*, v. 71 n. 2, p. 180.

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, n. 4, p. 545-552, 2000.

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

GRAÇA, M. A. S.; COIMBRA, C. N. The elaboration of indices to assess biological water quality: a case study. **Water Research**, v. 32, n. 2, p. 380-392, 1998.

GUIMARÃES, C. P. **Controle biológico de fitonematoides na cultura de bananeira no Morte de Minas Gerais**. 2011. 52f. Dissertação (Mestrado em produção Vegetal no Seminário) – Universidade Estadual de Monte Carlos, Janaúba, 2011.

GUERESCHI, R. M. **Macroinvertebrados bentônicos em córregos da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP: Subsídios para monitoramento ambiental**. 2004. 118f. Doutorado. (Tese em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

GIULIATTI, T. L.; CARVALHO, E. M. Distribuição das assembléias de macroinvertebrados bentônicos em dois trechos do córrego laranja doce, dourados/ms. **Interbio**, v.3, n.1, p.4-14 2009.

HILTY, J.; MERENLENDER, A. Fauna indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. **Biological Conservation**, Barking, v. 92, n. 2, p. 185-197, 2000.

HEPP, L. U.; MILESI, S. V.; BIASI, C.; RESTELLO, R. M. Effects of agriculture and impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). **Zoologia**, Curitiba, v.27, n.1, p.106-113, 2010.

HENRIQUE, R. M. **Avaliação da qualidade ambiental do Rio Ribeira de Iguape (SP, Brasil) através do estudo da macrofauna bentônica**. 1998. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Área de Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

HECKMAN, C. W. Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Odonata – Anisoptera, **Springer**, Olympia Washington-USA, 2008, 725p.

HECKMAN, C. W. Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Odonata – Zygoptera, **Springer**, Olympia Washington-USA, 2006, 687p.

HERING, D.; VERDONSCHOT, P. F. M.; MOOG, O.; SANDIN, L.. Overview and application of the AQEM assessment system. **Hydrobiologia**, Bélgica, v.516, p.1-20, 2004.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2013. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/default.asp?t=5&z=t&o=1&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1&u8=1&u9=1&u10=1&u11=1&u12=3&u13=1&u14=26674&u15=1&u16=1&u17=1>>. Acesso em: 20 de jul. 2013.

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (**INMETRO**). DOQCGCRE-008: Orientação sobre Validação de Métodos de Ensaio Químicos. Rev. 2 - 2007. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivos/CGCRE/DOQ/DOQ-CGCRE-8_02.pdf> Acesso em 22 mar. 2014.

JUNQUEIRA, V. M.; CAMPOS, S. C. M. Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to rio das valhas watershed (Minas Gerais, Brazil) **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v.10, n.2, p.125-135, 1998.

KARR, J. R.; SCHLOSSER, I. J. Water resources and the landwater interface. **Science**, v. 201, p. 229-234, 1978.

KONIG, R.; SUZIN, C. R. H.; RESTELLO, R. M.; HEPP, L. U. Qualidade das águas de riachos da região norte do Rio Grande do Sul (Brasil) através de variáveis físicas, químicas e biológicas. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, Rio Grande do Sul, v.3, n.1, p.84-93, 2008.

Kovack Computing Systems. Multivariate Statistical Package (MVSP) 1998.. Isle of Anglesey Wales. Disponível em: <<http://www.kovcomp.com/>> Acesso em: 16 de set de 2013

KLEINE, P.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; CORBI, J. J. Relationship between banana plant cultivation and stream macroinvertebrate communities. **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v. 23, n. 4, p. 344-352, 2011.

KLEMM, D. J.; Lewis, P. A.; Fulk, F.; Lazorchak, J. M., 1990. Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. EPA 600/4-90/030, Washington, DC.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L.. **Numerical Ecology**. 2ed. English edition. Developments in Environmental Modelling, 20. New York, Elsevier. 853p. 1998.

MCCUNE B.; MEFFORD M. J. PC-ORD: Multivariate analysis of ecological data. Version 6.0. MjM Software: Gleneden Beach, OR. 2011.

MANLY, B. F. G. 1994. **A Primer of Multivariate Statistics**. London, Chapman & Hall. 79p.

MALTCHIK, L.; TEIXEIRA, R. R.; STENERT, C. Post-drainage changes in the structure of the benthic macroinvertebrate community in a floodplain palustrine wetland in the South of Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 18, n. 2, p. 181-188, 2006.

MANDAVILLE, S.M. Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols. **EPA**, Washington, 2002, 48p.

MAGURRAN, A. E. *Ecological diversity and its measurement*. **Princeton University Press**, 178p, 1988.

MARCHANT, R. 1999. How important are rare species in aquatic community ecology and bioassessment? A comment on the conclusions of Cao et al. **Limnology and Oceanography**, v. 44, n. 7, p. 1840-1842, 1999.

MARQUES, M. N. **Avaliação do impacto de agrotóxicos em áreas de proteção ambiental, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo – uma contribuição à análise crítica da legislação sobre o padrão de potabilidade**. 218f. Tese (doutorado). IPEN/USP. São Paulo, 2005.

MARQUES, M.N.; COTRIM, B.M.; PIRES, M.A.F.P. Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental, pertencentes à bacia hidrográfica do Vale do Ribeira de Iguape, São Paulo. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.5, p.1171-1178, 2007.

MATALLO, M. B. et al. Lixiviação dos herbicidas tebuthiuron e diuron em colunas de solo. **Pesticidas**, UFPR, v. 13, p. 83-90, 2003.

MELO, A. S.; HEPP, L. U. Ferramentas estatísticas para análise de dados provenientes de biomonitoramento. **Oecol. Bras.**, Brasília, n. 12, v. 3, p. 463-486, 2008.

Ministério da Saúde, **Portaria nº 2914**, de 12/12/2011. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/404.html>. Acesso em 22 mar/2014.

MOCCELLIN, J. **A microbacia do Rio Jacupiranguinha como unidade de estudo para a sustentabilidade dos recursos hídricos no Baixo Ribeira de Iguape – SP**. 2006. 151f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MONTEIRO, T. R.; OLIVEIRA, L. G.; GODOY, B. S. Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biológico BMWP' à bacia do rio meia ponte. **Oecologia Brasiliensis**, Berlin, v.12, n.3, p.553-563, 2008.

MYERS, N. Biodiversity and the precautionary principle. **Revista AMBIO**, v. 22, p. 74 – 79, 1993.

NIESER, N.; MELO, A. L. Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais: guia introdutório com chave de identificação para as espécies de Nepomorpha e Gerromorpha. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 1997, 180p.

NIYOGI, D. K.; KOREN, M.; ARBUCKLE, C. J.; TOWNSEND, C. R. Stream communities along a catchment land-use gradient: subsidy-stress responses to pastoral development. **Environmental Management**. v. 39, p. 213-225, 2007.

OLIVEIRA, M. F. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: OLIVEIRA JR., R.S.; CONSTANTIN, J. (Ed.). **Plantas daninhas e seu manejo**, Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 315-362.

PINTO, R.R. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de poluição em rios urbanos: um estudo do rio Grande – JPA – RJ.** 2009. 16f. Dissertação (Mestrado em engenharia ambiental) - Graduado em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

PIEDRAS, S. R. N., et al. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil. **Ciênc. rural**, v. 36, n. 2, p. 494-500, 2006.

PIELOU, E. C. The measurement of diversity in benthic megafauna on the continental shelf offshore of Ubatuba, Southeastern Brazil. **Marine Ecology Progress Series**, Germany, v.86, p.63-79, 1966.

PLAFKIN, J. L.; BARBOUR, M. T.; PORTER, K. D.; GROSS, S. K.; HUGHES, R. W. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish. USA/EPA, Washington, DC., 1989.

PRATA, F. et al. Degradação e adsorção de diuron em solos tratados com vinhaça. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 217-223, 2000.

RAVEN, P. J. et al. River Habitat Quality: the physical character of rivers and streams in the UK and Isle of Man. Bristol: Environment Agency, 86 p. 1998.

RAVEN, P. J.; GEORGE, J. J. Recovery by riffle macroinvertebrates in a river after a major accidental spillage of chlorpyrifos. *Environmental pollution*, v. 59, n. 1, p. 55-70, 1989.

REIS, E. L.T.; COTRIM, M. E. B.; RODRIGUES, C.; PIRES, M. A. F.; FILHO, O. B.; ROCHA, S. M.; CUTOLO, S. A. Identificação da influencia do descarte de lodo de estação de tratamento de água. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.4, p.865-872, 2007.

RESH, V. H.; JACKSON, J. K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In-*Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, ed. D.M. Rosenberg e V.H. Resh. **Chapman & Hall**, New York, p. 195-233, 1993.

RICHARDS, C. and HOST, GE. Identification of predominant environmental factors structuring stream macroinvertebrate communities within a large agricultural catchment. **Freshwater Biology**, vol. 29, p. 285-294, 1993.

RODRIGUES, R. C.; TEIXEIRA, R A; CAMPOS, L. A. Comunidade de insetos bentônicos em rio impactado por mineração de carvão em Treviso, Santa Catarina. **Tecnologia e Ambiente**, Santa Catarina v. 13, 2013.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V.H. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D.M. and Resh, V.H. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman and Hall, 504p. 1993.

SÁENZ, S. E. et al. Presencia de residuos de plaguicidas y calidad biológica del agua del Río Jiménez, como representante de los ríos del Caribe de Costa Rica. Universidad Nacional: Heredia. Disponível em:

http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=17&catid=43&Itemid=37> Acesso em: 20 de jun. 2014.

SANCHEZ-ARGUEELLO, R. et al. Spatial and temporal variation of stream communities in a human-affected tropical watershed. In: *Annales de Limnologie*. 2010. p. 149-156.

SANTANA, I., M . H. Efeito residual de herbicidas aplicados em pré-emergência em diferentes solos. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2011.

Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). 2012. Disponível em: <http://www.sebraesp.com.br/index.php/24-noticias/agronegocio/2063-feira-reune-cadeia-produtiva-da-banana-no-vale-ribeira>> Acesso em: 26 de set. 2013.

SERAFIM, F. G. **Contaminação ambiental por agrotóxicos em áreas de cultivo de banana, no vale do ribeira (sp)**. 2009. 121f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, 2009.

SHIMANO, Yulie et al. Composição e distribuição da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*, v. 100, n. 4, p. 301-308, 2010.

SILVA, L. F. **Estrutura da comunidade de insetos aquáticos em aguapés na Amazônia Central, com diferentes graus de preservação da cobertura vegetal e apresentação de chaves de identificação para gêneros de larvas da orem Odonata**. 2006. 86f. Dissertação (mestrado em Ciências Biológicas – área de Entomologia) – Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, 2006.

SILVA, R. C.; MACÊDO, S.; CAETANO, D.L.F; GATZKE, E.G; VIEIRA, F.E.G; SILVA. Aplicação do índice BMWP em uma microbacia hidrográfica tributária do reservatório de chavantes, município de Ribeirão Claro – Paraná. p.148–157, 2011. In: Congresso de Educação do Norte Pioneiro, 11., 2011, Jacarezinho.

SILVEIRA, M. P. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. **Embrapa Meio Ambiente**. 2004, 68p.

SILVEIRA, M. P; QUEIROZ, J. F. Uso de Coletores com Substrato Artificial para Monitoramento Biológico de Qualidade de Água. Comunicado Técnico n. 39, **EMBRAPA**, 2006, 5p.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry**. W.H. Freeman & Company, New York. 887 p. 1995.

SUMIDA, P. Y. G.; PIRES-VANN. Benthic associations of the shelfbreak and upper slope off Ubatuba-SP, Est. **Coast. Shelf Sci.**, South-eastern Brazil, n. 44, p. 779 – 784, 1997.

STENERT, C.; MALTCHIK, L.; ROCHA, O. Diversidade de invertebrados aquáticos em arrozais no Sul do Brasil. **Neotropical Biology & Conservation**, v. 7, n. 1, 2012.

TANIWAKI, R. H.; SMITH, W. S. Utilização de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento de atividades antrópicas na bacia de drenagem do reservatório de

Itupararanga, Votorantim – SP, Brasil. **Journal of the Health sciences Institute**, São Paulo, v.29, n.1, p.7-10, 2011.

TAYLOR, S. J. **Habitat preferences, species assemblages, and resource partitioning by Gerromorpha (Insecta: Heteroptera) in southern Illinois, with a faunal list and keys to species of the state.** 1996. 422f. Tese (Doutorado), Southern Illinois University at Carbondale.

TER BRAAK, C. J. F.; SMILAUER, P. CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputados Power, Ithaca, 500 p., 2002.

THORNE, R.; WILLIAMS, P. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. **Freshwater Biology**, v. 37, n. 3, p. 671-686, 1997.

TITEUX, N., et al. Multivariate analysis of a fine-scale breeding bird atlas using a geographical information system and partial canonical correspondence analysis: environmental and spatial effects. **Journal of Biogeography**, v. 31, n. 11, p. 1841-1856, 2004.

TOMLIN, C. D. S. (ed). The e-Pesticide Manual – A World Compendium. British Crop Protection Council. Surrey, 2000.

TOMMASI, L. R. A degradação do meio ambiente. 4ªed. São Paulo, Nobel, 169p., 1979.

TUNDISI, J. G. Água no século XXI. RiMa, São Carlos. 2003, 248p.

TURNER, L. Diuron analysis of risks to endangered and threatened salmon and steelhead. Environmental Field Branch. Office of Pesticide Programs, 2003.

VIEIRA, E. Impacto Ambiental em área com aplicação de agrotóxicos no município de Brotas-SP. Botucatu. 2012. 114f. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

WATANABE, M. H. **Bases para a aplicação de índices biológicos no biomonitoramento de ambientes lóticos – comunidade bentônica.** 2007. 165f. Tese (Doutorado em Ciências - Área de Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

WENNER, E. L.; READ, T. H. Seasonal composition and abundance of decapod crustacean assemblages from the south Atlantic Bight, USA. **Bull. Mar. Sci.**, v. 1, n. 32, p. 181 - 206, 1982.

WILHM, J. & DORRIS, T. Biological parameters for water quality criteria. **Biological Science** v.18, p. 477-381. 1968.

ZAR, J. H. Biostatistical analysis. **Pretice-Hall**, Upper Saddle River, 1996, 662p.