



**DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREA DE
PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM BROTAS (SP) POR MEIO DE
PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS**

CAROLINE ALVES DOS SANTOS

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: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Luchini

INSTITUTO BIOLÓGICO

PÓS-GRADUAÇÃO

DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM BROTAS (SP) POR MEIO DE PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS

CAROLINE ALVES DOS SANTOS

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: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Luchini

**São Paulo
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo
Núcleo de Informação e Documentação – IB

Santos, Caroline Alves dos.

Diagnóstico participativo da qualidade da água em área de produção de cana-de-açúcar em Brotas (SP) por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos. / Caroline Alves dos Santos. – São Paulo, 2015.

120 p.

Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico (São Paulo). Programa de Pós-Graduação.

Área de concentração: **Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.**

Linha de pesquisa: Agrotóxicos e resíduos agrícolas: ecologia e qualidade dos alimentos.

Orientador: Luís Carlos Luchini.

Versão do título para o inglês: Participatory diagnosis of water quality in the production area of sugar cane in Brotas (SP) through physical, chemical and biological parameters.

1. Agrotóxicos 2. Biomonitoramento 3. Macroinvertebrados 4. Índices bióticos
5. Educação ambiental I. Santos, Caroline Alves dos II. Luchini, Luiz Carlos III.
Instituto Biológico (São Paulo). IV. Título

IB/Bibl./2015/014



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO BIOLÓGICO

Pós-Graduação
Av. Cons. Rodrigues Alves 1252
CEP 04014-002 - São Paulo - SP
secretariapg@biologico.sp.gov.br



FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome do candidato: Caroline Alves dos Santos

Título: Diagnóstico participativo da qualidade da água em área de produção de cana-de-açúcar em Brotas (SP) por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Luchini

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: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema

Aprovada em:

Banca Examinadora

Assinatura:

Profª. Dra.: Maria Beatriz Bohrer-Morel

Instituição: Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP / Campus de Limeira

Assinatura:

Profª. Dra: Mara Mercedes De Andréa

Instituição: Instituto Biológico de São Paulo

Assinatura:

Prof. Dr.: Luiz Carlos Luchini

Instituição: Instituto Biológico de São Paulo

*“Ao meu companheiro Marcos, com amor,
admiração e gratidão por seu carinho e
companheirismo ao longo deste trabalho”.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço muito ao meu orientador, o Prof. Dr. Luiz Carlos Luchini pela confiança e conhecimentos comigo divididos, muito obrigada pela oportunidade.

Agradeço em especial à Dra. Eliane Vieira por seus ensinamentos e por sua presença em todas as etapas da realização deste estudo, muito obrigada.

À Regina Cristina Batista Ferreira, Técnica de Apoio à Pesquisa do Instituto Biológico e a Gisele dos Santos Souza, Oficial de Apoio à Pesquisa do Instituto Biológico pela paciência, ajuda nas coletas e ensinamentos, muito obrigada.

Ao Carlos Burjato Filho, Oficial de Apoio do Instituto Biológico por nos acompanhar em todas as coletas.

À Alline Cassucio, estudante de Iniciação Científica do Instituto Biológico pela realização das análises dos nutrientes e pelo mapeamento da área estudada.

À Francieli Carneiro, estudante de Iniciação Científica do Instituto Biológico que em alguns momentos me ajudou com a triagem dos macroinvertebrados, muito obrigada.

Ao Lázaro Roberto Buzarinho, policial do Batalhão de Polícia Ambiental da Secretaria do Meio Ambiente de Brotas por nos auxiliar nas coletas e principalmente por ter sido um grande educador ambiental participando das coletas junto com as crianças.

À Ana Costa Carneiro, Engenheira Agrônoma da Secretaria do Meio Ambiente de Brotas por nos auxiliar na parte logística do Projeto além de ter participado ativamente no Projeto de Educação Ambiental.

Ao Secretário Municipal do Meio Ambiente de Brotas, Douglas Freitas por ter liberado funcionários e carro para realização do projeto.

À Rosângela Alves de Brito, Coordenadora Pedagógica da Escola Álvaro Callado por ter desde o início nos ajudado e acompanhado as crianças em todas as coletas.

Aos professores da Escola Álvaro Callado por terem “abraçado” o Projeto.

À Secretária Municipal de Educação de Brotas, Adriana Maria Pires de Oliveira por ter disponibilizado os ônibus, motoristas e infraestrutura para coleta com as crianças.

À Estação de Tratamento de Água e Esgoto SAAB de Brotas por permitir o armazenamento das amostras e a realização das análises de nutrientes.

Ao Prof. Pablo Macchi da Universidade Nacional de Río Negro de General Roca na Argentina que gentilmente me auxiliou com os macroinvertebrados, obrigada por seus ensinamentos.

Ao Instituto Biológico de São Paulo pelo espaço concedido para a realização deste estudo e ao Programa de Pós-Graduação pela oportunidade.

Ao CNPq pela aprovação do projeto “Qualidade da água: uma proposta de educação ambiental para crianças e adolescentes” (Pc406304/2013-0) e pela confiança e concessão da minha bolsa de estudos, muito obrigada.

A Agência Internacional de Energia Atômica pelo financiamento do projeto “Developing Indicators to determine the effect of pesticides, heavy metals and emerging contaminants on continental aquatic ecosystems important to agriculture and agroindustry”.

A Secretária do meio Ambiente de Brotas pelo apoio que foi fundamental durante todo o processo, sobretudo na parte de educação ambiental junto a Escola Álvaro Callado.

Às Doutoras Mara Mercedes De Andréa do Instituto Biológico de São Paulo, Maria Beatriz Bohrer-Morel da UNICAMP de Limeira, Mariana Silveira Guerra Moura e Silva da Embrapa Meio Ambiente de Jaguariúna e Solange Papini da Prefeitura Municipal de São Paulo da Coordenação de Vigilância em Saúde (COVISA) pelas correções e sugestões que com certeza contribuíram para a qualidade desta dissertação, muito obrigada.

Aos meus colegas de classe e a todos os professores do Programa de Pós-Graduação do Instituto Biológico que contribuíram de alguma forma com o meu crescimento acadêmico que consequentemente facilitou o desenvolvimento deste trabalho.

Muito obrigada a todos!

“Todo aquele que se dedica ao estudo da ciência chega a convencer-se de que nas leis do Universo se manifesta um Espírito sumamente superior ao do homem, e perante o qual nós, com os nossos poderes limitados, devemos humilhar-nos”.

Albert Einstein

SANTOS, C.A. DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR EM BROTTAS (SP) POR MEIO DE PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS. 2015. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental do Agronegócio) – Instituto Biológico.

RESUMO

Estudos de avaliação da qualidade da água são fundamentais para atenuar a degradação dos ecossistemas aquáticos, além de permitir o conhecimento da fauna que habita estes recursos. A introdução da educação ambiental no ambiente escolar pode servir de apoio para estes estudos, uma vez que contribui com a formação de crianças e/ou jovens mais conscientes, para que no futuro tenhamos cidadãos preparados para enfrentar os problemas ambientais. O uso de agroquímicos no cultivo de cana-de-açúcar pode degradar o meio ambiente e comprometer a qualidade de águas superficiais e subterrâneas porque a presença destes compostos na água pode ser letal para os organismos, como os macroinvertebrados aquáticos, que desempenham um importante papel ecológico. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de águas superficiais e subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira Mirim, em Brotas (SP), em áreas próximas ao cultivo de cana-de-açúcar, por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos, e implantar um programa de educação ambiental junto aos alunos da Escola Municipal Álvaro Callado. Foram selecionados sete pontos de coleta de águas superficiais e três pontos de coleta de águas subterrâneas na cidade de Brotas, São Paulo. A presença dos agrotóxicos carbofurano, diurom, cipermetrina, deltametrina, fipronil, lambda-cialotrina, permetrina, trifluralina e tebuconazol, que são compostos comumente usados na área, foram analisados em amostras de água e sedimento. Para a quantificação de resíduos na água foram usados dois métodos, a extração em fase sólida e a extração líquido-líquido. No sedimento foi usado o método de QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged e Safe). Todas as amostras foram analisadas por cromatografia a gás e líquida. O Oxigênio dissolvido, pH, temperatura, assim como a presença de amônia, nitrato e nitrito também foram medidos nas amostras de águas superficiais e subterrâneas. O biomonitoramento da comunidade

macrobentônica foi realizado em três pontos de amostragem, que foram selecionados devido à proximidade com o cultivo de cana-de-açúcar. Nenhum dos agrotóxicos foi detectado nas amostras de águas subterrâneas e de sedimento, já nas amostras de águas superficiais foram quantificados os agrotóxicos cipermetrina, deltametrina e permetrina. As concentrações de permetrina estavam dentro do limite de $20 \mu\text{g.L}^{-1}$, estabelecido pela Portaria 2.914 de 2011 sendo a única legislação brasileira que menciona o agrotóxico detectado. Ainda não existem valores estabelecidos na legislação para o cipermetrina e o deltametrina. Os outros parâmetros analisados estavam de acordo com as legislações que estabelecem diretrizes de qualidade de águas. O índice biótico "*Biological Monitoring Working Party System*" (BMWP) mostrou que a qualidade das águas dos três pontos biomonitorados estava em excelentes condições. As atividades de Educação Ambiental resultaram em resultados satisfatórios, visto que a maioria dos estudantes se mostraram interessados na avaliação da qualidade da água efetuada por meio da análise dos parâmetros temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, amônia, nitrato, nitrito e fosfato pelo kit da Alfakit, além da visualização da comunidade de macroinvertebrados aquáticos.

Palavras-chave: agrotóxicos, biomonitoramento, macroinvertebrados, índices bióticos, educação ambiental.

SANTOS, C.A. PARTICIPATORY DIAGNOSIS OF WATER QUALITY IN THE PRODUCTION AREA OF SUGAR CANE IN BROTAS (SP) THROUGH PHYSICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL PARAMETERS. 2015. Dissertation (Master Science in Health, Food and Environmental Agribusiness Safety) – Biological Institute.

ABSTRACT

Evaluation studies of water quality are fundamental to mitigate the degradation of aquatic ecosystems and also allow the knowledge of the fauna living in these resources. The introduction of environmental education in the school environment may serve as support for these studies, since it contributes to make children and/or young people more conscious, so that in the future we have prepared citizens to tackle environmental problems. The use of agrochemicals in sugar cane crops may degrade the environment and compromise the quality of surface and groundwater, because the presence of these compounds in water can be lethal to organisms such as aquatic macroinvertebrates, which play an important role in the environment. The objective of this study was to evaluate the quality of surface and groundwater in the watershed of Jacaré Pepira Mirim River in Brotas, a city in the state of São Paulo, in areas near sugar cane crops through physical, chemical and biological parameters, and also implement an environmental education program for the students at Álvaro Callado Local School. Seven points for collecting surface water and three collection points for groundwater were selected in Brotas, São Paulo. The pesticides carbofuran, diuron, cypermethrin, deltamethrin, fipronil, lambda-cyhalothrin, permethrin, trifluralin and tebuconazole, which are common compounds used in the area, were analyzed in water and sediment samples. Two methods were used for the quantification of waste in the water, solid phase extraction and liquid-liquid extraction. In the sediment, the QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe) method was used. All samples were analyzed by gas and liquid chromatography. The dissolved oxygen, pH, temperature, ammonia, nitrate and nitrite were also measured in the surface and groundwater samples. The biomonitoring of the macrobenthic community was conducted in three sampling points, which were chosen to be close to the sugar cane crops. Any of the pesticides was quantified in groundwater and

sediment samples. However, the pesticides cypermethrin, deltamethrin and permethrin were quantified in the surface water. The permethrin concentrations were within the limits ($20 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) established by the Brazilian legislation (2.914 from 2011), which is the only one in the country that mentions the detected pesticide. There have not been set out values yet for cypermethrin and deltamethrin in the Brazilian legislation. The other parameters analyzed were according to the legislation that establishes guidelines for the water quality. The biotic index "*Biological Monitoring Working Party System*" (BMWP) showed that the water quality of the three biomonitoring points was in excellent condition. The results obtained with the environmental education activities were satisfactory, since most students were interested in the water quality evaluation through the parameters analysis of temperature, pH, turbidity, dissolved oxygen, ammonia, nitrate, nitrite and phosphate using the Alfacit, besides being able to see the aquatic community of macroinvertebrates.

Keywords: pesticides, biomonitoring, macroinvertebrates, biotic indices, environmental education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Bacia do Rio Jacaré Pepira Mirim (MAIER; TAKINO; TOLENTINO; 1986) com a foto do mapa dos cursos d'água do município de Brotas (SP)	13
Figura 2 – Rio Ribeirão do Pinherinho, Brotas (SP) e seu entorno.....	14
Figura 3 – Rio Ribeirão Cassorova, Brotas (SP) e seu entorno	14
Figura 4 – Rio Ribeirão Tamanduá, Brotas (SP) e seu entorno	15
Figura 5 – Rio Ribeirão São Bento tomado pela vegetação, Brotas (SP).....	15
Figura 6 – Rio da Roseira, Brotas (SP) e seu entorno	16
Figura 7 – Córrego das Águas Claras, Brotas (SP) e seu entorno	16
Figura 8 – Córrego da Minhoca, Brotas (SP) e vista de seu entorno.....	17
Figura 9 – Poço da Estação de Tratamento de Águas (ETA), do município de Brotas (SP)	17
Figura 10 – Poço da Pousada, Brotas (SP) e seu entorno	18
Figura 11 – Poço do Patrimônio, Brotas (SP)	18
Figura 12 – (A: Coleta nas pedras; B: Coleta na vegetação; C: Coleta no sedimento).	24
Figura 13 – Material de exposição para alunos da Escola Municipal Álvaro Callado, Brotas (SP)	30
Figura 14 – Diferentes ângulos da aula teórica sobre a qualidade da água	31
Figura 15 – (A: Exemplo de uma cartela do kit; B, C e D: Diferentes ângulos da aula em campo).....	31

Figura 16 – Variação do pH nas águas superficiais de área agrícola do município de Brotas (SP), de agosto de 2013 a julho de 2014.....	34
Figura 17 – Variação do pH nas águas subterrâneas de área agrícola do município de Brotas (SP), de dezembro de 2013 a julho de 2014.....	34
Figura 18 – Variação da temperatura nas águas superficiais de área agrícola do município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014.....	35
Figura 19 – Concentrações de oxigênio dissolvido (OD) nas águas superficiais de área agrícola do município de Brotas (SP), de novembro de 2013 a julho de 2014	36
Figura 20 – Concentrações de nitrogênio amoniacal nas águas superficiais de área agrícola do município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014	38
Figura 21 – Concentrações de nitrogênio amoniacal nas águas subterrâneas de área agrícola do município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014	38
Figura 22 – Concentrações de nitrato nas águas superficiais de área agrícola do município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014.....	39
Figura 23 – Concentrações de nitrato nas águas subterrâneas de área agrícola do município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014.....	40
Figura 24 – Concentrações de nitrito nas águas superficiais de área agrícola do município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014.....	40
Figura 25 – Concentrações de nitrito nas águas subterrâneas de área agrícola do município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014.....	41
Figura 26 – Cromatograma dos padrões analíticos dos agrotóxicos analisados por cromatografia a gás	42
Figura 27 – Cromatograma dos padrões analíticos dos agrotóxicos analisados por cromatografia líquida	42
Figura 28 – Abundância (%) dos macroinvertebrados coletados nos Pontos 1, 2 e 3 em cursos d'água em Brotas (SP)	50
Figura 29 – Abundância (%) de organismos coletados nos Pontos 1, 2 e 3 em Brotas (SP)	53

Figura 30 – Frequência de cada táxon encontrado no Ponto 1 (Rio Ribeirão do Pinheirinho) ordenado por abundância decrescente	54
Figura 31 – Frequência de cada táxon encontrado no Ponto 2 (Rio Ribeirão Cassorova) ordenado por abundância decrescente	55
Figura 32 – Frequência de cada táxon encontrado no Ponto 3 (Rio Ribeirão Tamanduá) ordenado por abundância decrescente	56
Figura 33 – Abundância (%) de cada táxon encontrado nos Pontos 1, 2 e 3 em Brotas (SP)	57
Figura 34 – Dendrograma de similaridade (Brotas, SP) referente à análise de agrupamento entre os pontos de coleta e os ambientes. (Números: pontos de coleta; Letras: p = pedras, v = vegetação e s = sedimento).....	58
Figura 35 – Dendrograma de similaridade (Brotas, SP) referente à análise de agrupamento entre os pontos de coleta e as datas de coleta. Os pontos P1, P2 e P3 se referem aos pontos de coleta e o T seguido do mero se refere À data com 1 iniciando em setembro de 2013 até 10, em julho de 2014 (Em dezembro não houve coleta).....	59
Figura 36 – Número total de indivíduos coletados em cada estação do ano, Brotas (SP)	60
Figura 37 – Correlação das variáveis bióticas e abióticas nos Pontos 1, 2 e 3, Brotas (SP)	66
Figura 38 – Alguns dos parâmetros analisados em campo (A: Medição de amônia; B: Medição de fosfato)	70
Figura 39 – Alguns macroinvertebrados visualizados em campo (A: Coleoptera; B: Hemiptera; C: Odonata; D: Trichoptera; E e F: Crustácea)	71
Figura 40 – Chave de identificação elaborada para os alunos da Escola Municipal Álvaro Callado de Brotas (SP).....	73
Figura 41 – Texto produzido por Lucimara Wernek, aluna da 7 ^o série C da Escola Municipal Álvaro Callado (Brotas, SP) do ano de 2014, orientada pela professora de Português Rita de Cássia Nicolella Servidor	78
Figura 42 – Exposição realizada no Museu do Instituto Biológico de São Paulo (A e B: Material exposto no museu; C e D: Explicação da exposição)	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ingredientes ativos analisados no estudo.....	19
Tabela 2 – Valores estabelecidos pelas legislações vigentes para os parâmetros estudados em água	20
Tabela 3 – Condições cromatográficas do Cromatógrafo Líquido (CLAE) usado na quantificação dos agrotóxicos.....	22
Tabela 4 – Condições cromatográficas do Cromatógrafo à Gás usado na quantificação dos agrotóxicos.....	23
Tabela 5 – Pontos atribuídos a cada taxa por Alba-Tercedor (1996); Junqueira e Campos (1998); Monteiro, Oliveira e Godoy, 2008)	26
Tabela 6 – Qualidade da água de acordo com Junqueira e Campos (1998).....	27
Tabela 7 – Equação da reta, coeficiente de correlação, nível de fortificação, recuperação (%), desvio padrão e coeficiente de variação para cada ingrediente ativo monitorado na água.....	43
Tabela 8 – Datas e quantidades de agrotóxicos detectados na água, Brotas (SP)	44
Tabela 9 – Valores estabelecidos por diferentes legislações para os agrotóxicos avaliados.	46
Tabela 10 – Caracterização dos sedimentos dos pontos amostrados coletados no início do estudo, Brotas (SP).....	47
Tabela 11 – Matéria orgânica quantificada mensalmente nos sedimentos dos Pontos de coleta de águas superficiais 1, 2 e 3, Brotas (SP).....	48
Tabela 12 – Equação da reta, coeficiente de correlação, nível de fortificação, recuperação (%), desvio padrão e coeficiente de variação para cada ingrediente ativo monitorado no sedimento	49
Tabela 13 – Diversidade e abundância dos organismos coletados nos Pontos 1, 2 e 3 em Brotas (SP).	51

Tabela 14 – Riqueza (S), diversidade (N_2 de Hill e H' de Shannon-Wiener) e equitatividade ($E_{1/d}$) para os macroinvertebrados coletados nos Pontos 1, 2 e 3, Brotas, SP	58
Tabela 15 – Quantidades mensais relativas (%) de Chironomidae (Chir), Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) e Razão de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera sobre Chironomidae (EPT/Chir) nos Pontos 1, 2 e 3, Brotas (SP)	61
Tabela 16 – Relação da presença média (%) de Chironomidae (Chir), Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, e Razão de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera sobre Chironomidae nos Pontos 1, 2 e 3, Brotas (SP)	62
Tabela 17 – Índice BMWP e ocorrência dos macroinvertebrados nos pontos de estudo, de ago/13 a jul/14, Brotas, SP	67
Tabela 18 – Macroinvertebrados coletados pelos alunos dispostos por série de ensino e coletas	72

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Aspectos socioeconômicos e ambientais do setor canavieiro	4
3.2. Recursos hídricos	6
3.2.1. Contaminação	6
3.2.2. Monitoramento físico e químico	7
3.2.3. Biomonitoramento	8
3.2.4. Educação Ambiental	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1. Caracterização da área de estudo	12
4.1.1. Caracterização dos pontos em águas superficiais	12
4.1.2. Caracterização dos pontos em águas subterrâneas	17
4.2. Análises físicas e químicas	18
4.2.1. Seleção e caracterização dos agrotóxicos	18
4.2.2. Coleta das amostras de água e sedimento	19
4.2.3. Quantificação dos parâmetros físicos e químicos da água	19
4.2.4. Extração e quantificação dos agrotóxicos da água	20
4.2.5. Caracterização do sedimento e quantificação de matéria orgânica	21
4.2.6. Extração e quantificação dos agrotóxicos do sedimento	21
4.2.7. Estabelecimento das condições analíticas cromatográficas	22
4.3. Biomonitoramento	23
4.3.1. Coleta e identificação	23
4.3.2. Índices bióticos	24
4.3.2.1. Chironomidae (%Chir)	24
4.3.2.2. Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (%EPT)	25
4.3.2.3. Razão de EPT e Chironomidae (EPT/Chir)	25
4.3.2.4. “ <i>Biological Monitoring Working Party System</i> ” (BMWP)	26

4.3.2.5. “ <i>SPEAR_{pesticide}</i> ”	27
4.3.2.6. Análise estatística	28
4.4. Educação Ambiental	29
4.4.1. Educação Ambiental na Escola Municipal Álvaro Callado	29
4.4.2. Educação Ambiental no Museu do Instituto Biológico de São Paulo	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1. Análises físicas e químicas	33
5.1.1. Quantificação dos parâmetros físicos e químicos da água	33
5.1.2. Quantificação dos agrotóxicos nas amostras de água	41
5.1.3. Caracterização, quantificação de agrotóxicos e matéria orgânica no sedimento	47
5.2. Biomonitoramento	50
5.2.1. Abundância e diversidade	50
5.2.2. Índices bióticos	60
5.2.2.1. Presença de Chironomidae, Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (%) e razão entre eles	60
5.2.2.2. “ <i>Biological Monitoring Working Party System</i> ” (BMWP)	63
5.3. Educação Ambiental	70
5.3.1. Escola Municipal Álvaro Callado	70
5.3.2. Museu do Instituto Biológico de São Paulo	79
6. CONCLUSÕES	82
7. REFERÊNCIAS	83
8. ANEXOS	93
8.1. Anexo 1: Manual de instruções para o uso do ALFAKIT	93
9. APÊNDICES	100
9.1. Apêndice 1: Foto do banner exposto no Museu do Instituto Biológico de São Paulo	100

1. INTRODUÇÃO

A degradação dos ecossistemas aquáticos e a redução de água de boa qualidade são umas das preocupações nos dias atuais. Embora o Brasil seja privilegiado em termos de quantidade de água, já que cerca de 13% de todos os recursos hídricos do mundo se encontram no país, estes não estão distribuídos uniformemente e cidades que antes não tinham problemas de disponibilidade de água agora estão passando por um período de seca, o que leva à falta e ao racionamento deste recurso. Desta forma, preservar os recursos hídricos não é apenas um desafio, mas uma obrigação de todos.

A agricultura é uma das atividades mais impactantes para a qualidade da água. O uso de agroquímicos nas lavouras está dentre os principais métodos usados na produção e por isso vem causando grandes preocupações, especialmente devido aos danos que estes compostos causam à qualidade dos ecossistemas aquáticos e conseqüentemente aos seres vivos que habitam nestes recursos (MARQUES et al., 2007).

Quando os agrotóxicos são aplicados no ambiente podem alcançar diretamente os corpos d' águas superficiais por meio da água da chuva ou da água que é usada na irrigação, e podem também de maneira indireta por meio da lixiviação no solo, chegar ao lençol freático contaminando águas subterrâneas localizadas em regiões próximas aos locais de aplicação (ARIAS et al., 2006).

Nos últimos anos têm-se buscado organismos que sejam capazes de indicar a presença de xenobióticos no ambiente. Os macroinvertebrados são muito citados na literatura (QUEIROZ; TREVINHO-STRIXINO; NASCIMENTO, 2000; SILVEIRA, 2004; SILVEIRA; QUEIROZ, 2006; SPRINGER, 2010) por estarem amplamente distribuídos em todos os corpos de água. São organismos fáceis de coletar, são visíveis sem a necessidade de um microscópio, apresentam famílias com diferentes sensibilidades frente às mudanças em seu habitat, têm um ciclo de vida longo o suficiente para medição de alterações, e muitos organismos são relativamente sedentários o que facilita a avaliação.

Muitos fatores influenciam a presença de macroinvertebrados no ambiente aquático, e por isso a avaliação de possíveis efeitos sobre a comunidade depende também do emprego de métodos físicos e químicos, como a análise de oxigênio dissolvido, pH, matéria orgânica, contaminantes, entre outros (ESTEVES, 1998; HANSON; SPRINGER; RAMIREZ, 2010; FONSECA, 2011; LOPES ET AL., 2011). Somente a partir da análise de todos estes métodos em conjunto é possível fazer um diagnóstico da condição que se encontra um dado recurso hídrico.

O monitoramento de parâmetros físicos e químicos nos ecossistemas aquáticos permite a identificação e quantificação de muitas substâncias que se encontram na água, além de permitir a associação dos efeitos destes compostos no ambiente (PARRON;

MUNIZ; PEREIRA, 2011). No entanto, apesar das vantagens, são técnicas caras, o que dificulta a sua aplicação, fazendo das análises biológicas uma alternativa e/ou complemento as análises físicas e químicas.

Um dos objetivos deste estudo foi avaliar a qualidade de águas superficiais e subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira Mirim em Brotas (SP) em áreas próximas ao cultivo de cana-de-açúcar por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos. O trabalho aliou avaliação de qualidade de águas por meio de parâmetros físicos e químicos, e os impactos causados nos organismos vivos.

Além disso, embora a ciência devesse ser acessível desde os primeiros anos escolares, isto não vem ocorrendo, sobretudo porque no Brasil existem muitas carências na educação de forma geral, incluindo a científica. Por isso, este trabalho também buscou levar esses aspectos da ciência às crianças e adolescentes da Escola Municipal Álvaro Callado que pertence à Prefeitura do Município de Brotas, e aos visitantes do museu do Instituto Biológico de São Paulo. Outro objetivo deste trabalho foi criar um programa de Educação Ambiental que englobasse alguns dos parâmetros usados neste estudo. Buscou-se incluir socialmente por meio de atividades práticas crianças e adolescentes dando acesso a uma educação científica de qualidade.

Procurou-se incentivar o surgimento de mais propostas e ações relacionadas à preservação dos ecossistemas aquáticos, além de reforçar os conhecimentos já existentes sobre o uso de bioindicadores na avaliação da qualidade dos recursos hídricos; da importância ecológica destes animais para a biodiversidade do planeta, e ainda, estimular o uso de métodos biológicos como ferramentas de avaliação de impactos ambientais.

2. OBJETIVOS

2.1. . Objetivo geral

Avaliar a qualidade de águas superficiais e subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira Mirim em Brotas (SP) em áreas próximas ao cultivo de cana-de-açúcar por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos e implantar um programa de Educação Ambiental junto aos alunos do Ensino Fundamental II por meio do diagnóstico da qualidade da água realizada pelos próprios estudantes.

2.2. Objetivos específicos

- Monitorar a presença de agrotóxicos em água e sedimento e correlacionar com as legislações pertinentes;
- Monitorar os parâmetros pH, temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, nitrato e nitrito na água;
- Avaliar a qualidade da água por meio de índices biológicos, e a abundância e composição da comunidade macrobentônica;
- Implantar um programa de Educação Ambiental por meio de aulas práticas e montar uma exposição de insetos aquáticos para exibição no Museu do Instituto Biológico de São Paulo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos socioeconômicos e ambientais do setor canavieiro

A cana-de-açúcar é uma gramínea semi-perene da ordem Cyperales, família Poaceae, gênero *Saccharum* que abrange cerca de 30 espécies. A sua produtividade depende muito do manejo agrícola e das condições físicas e químicas do solo. Um dos fatores que mais interferem no desenvolvimento da cultura é a disponibilidade de água, uma vez que na sua falta o crescimento radicular diminui, podendo levar a uma redução significativa de produção (MANZATTO, 2009).

A planta foi introduzida no Brasil no período colonial e se tornou uma das mais importantes culturas da economia brasileira e o principal produto da agropecuária paulista. O país é o primeiro produtor mundial de açúcar e etanol obtidos a partir da cana-de-açúcar. Mundialmente, é responsável por mais da metade do açúcar comercializado, além de atrair cada dia mais o mercado externo por causa do uso de biocombustível como meio alternativo de energia, que deve aumentar nos próximos anos, especialmente devido ao consumo interno (MAPA, 2014a).

Em 2012, a cana-de-açúcar correspondeu a 45,9% do valor total da produção agropecuária e florestal do Estado de São Paulo, estimada em R\$ 58,7 bilhões com base em dados preliminares do ano agrícola 2011/12. No mesmo ano, o Brasil obteve uma produção de mais de 675 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, e São Paulo produziu 355,3 milhões de toneladas dessa safra, correspondendo a 53% da produção nacional, o que fez com que o estado ocupasse a primeira posição entre os demais estados produtores (TSUNECHIRO et al., 2012; IBGE, 2013).

A cana-de-açúcar está entre as dezoito principais culturas de 2013 que apresentaram variação percentual positiva na estimativa de produção em relação ao ano anterior. Isso porque a avaliação para 2014 foi de 0,3% a mais do que a obtida em 2013, o correspondente a 741,2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. Em 2014, São Paulo continuou como o maior produtor brasileiro, responsável por 54,6% da produção nacional, embora o rendimento da cultura tenha sido afetado devido ao clima seco e quente que predominou em janeiro e fevereiro de 2014 (IBGE, 2014).

A cidade de Brotas é uma das que contribuem com a produção de cana-de-açúcar no Estado. Está localizada a 208 quilômetros da região central do Estado de São Paulo e historicamente sempre esteve ligada à produção rural, com um auge na economia agrícola no início do século XX devido à cultura de café. Atualmente, Brotas ainda possui uma economia predominantemente agrícola, principalmente devido à agroindústria da cana-de-

açúcar que é responsável pela maior parte da mão-de-obra da cidade (PREFEITURA MUNICIPAL DE BROTAS, 2014).

O interesse mundial por combustíveis renováveis é um dos principais incentivadores do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil. O etanol é usado no país há mais de 30 anos, com auge no início da década de 1970. Neste período o mundo passava por uma crise no fornecimento de petróleo e o governo brasileiro apostou no Programa Nacional do Álcool (Proálcool) como uma alternativa de acabar com a dependência de importações de combustível fóssil (MEIRELLES, 2007).

A grande importância econômica do setor canavieiro leva a questões preocupantes ligadas à sua produção. As culturas estão sujeitas a doenças e pragas que levam a uma redução considerável de produtividade e conseqüentemente a prejuízos econômicos. Das 216 doenças causadas por fungos, bactérias e nematoides, que atingem os canaviais, cerca de 58 são encontradas no Brasil. As principais são escaldadura-das-folhas, estria vermelha, raquitismo-da-soqueira, mosaico, amarelinho, ferrugem da cana, carvão da cana, mancha parda, podridão abacaxi, podridão de fusarium e podridão vermelha (ROSSETTO; SANTIAGO, 2014a).

Rossetto e Santiago (2014a) também apontam a existência de mais de 80 insetos-praga que podem atacar as culturas. A cigarrinha-da-folha e cigarrinha-da-raiz, por exemplo, têm causado perdas de até, respectivamente, 17,5% e 11% na produtividade agrícola, e o cupim *Heterotermes tenuis* chega a comprometer dez toneladas por hectare anualmente. O mal uso de agrotóxicos também pode contribuir com o aumento destas perdas, uma vez que promovem o surgimento de espécies resistentes por meio de uma evolução forçada (ROSSETTO; SANTIAGO, 2014a).

A propagação de plantas daninhas é outro fator preocupante que pode acometer as culturas de cana-de-açúcar, uma vez que essas plantas são altamente resistentes às adversidades do meio externo. No mundo inteiro existem cerca de mil espécies de plantas daninhas, e as principais são a corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), o capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) e o capim-colchão (*Digitaria horizontalis*) que são conhecidas pela ocorrência e severidade que causam as plantações (ROSSETTO; SANTIAGO, 2014b).

No Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT) do Ministério da Agricultura é possível verificar 21 pragas e 12 doenças causadas por fungos e nematoides que são responsáveis por prejuízos às lavouras de cana-de-açúcar. Atualmente, para o controle químico existem 85 ingredientes ativos registrados, distribuídos em 16 classes. Deste total 54% são herbicidas, seguidos de fungicidas e inseticidas, cada um com 9%. Os 28% restantes correspondem a acaricidas, nematicidas, reguladores de crescimento, dentre outras substâncias (MAPA, 2014b).

3.2. Recursos hídricos

3.2.1. Contaminação

A água doce é um dos elementos mais importantes para a sobrevivência dos seres vivos, no entanto, representa somente 0,6% do total de água existente no planeta. Deste valor apenas 2% está disponível em rios e lagos, enquanto os outros 98% estão contidos nos aquíferos e, portanto correspondem a águas subterrâneas. Neste cenário, a água está se tornando mais insuficiente a cada dia (CETESB, 2014a; SABESP, 2014).

O setor agrícola é um dos que mais contribuem para a contaminação dos recursos hídricos, considerando-se as características geológicas da região, uso e ocupação do solo e, essencialmente, o tipo de atividade humana desenvolvida. Isso porque no atual modelo agrícola brasileiro, o controle químico por meio do uso de agrotóxicos está entre os principais métodos usados. A preocupação com o uso desses produtos cresce paralelamente ao aumento de suas vendas, uma vez que eles causam sérios danos à saúde ambiental, afetando todos os seres vivos (MARQUES et al., 2007).

A aplicação de vinhaça, que é o resíduo do processo de destilação do álcool usado como adubo na cultura de cana-de-açúcar, é outro produto impactante, uma vez que ela polui o solo, os lençóis freáticos e pode causar eutrofização em águas superficiais. Os fertilizantes e agrotóxicos usados constantemente na adubação e no controle químico entram em contato com o solo, a água e os seres vivos, oferecendo riscos aos organismos que habitam estes compartimentos ambientais. O restante do produto que não é assimilado pelos animais e vegetais fica adsorvido às partículas do solo, dissolvido na água ou é degradado por processos físicos, químicos e biológicos (RAMOS; LUCHIARI, 2014; PAPINI, 2012).

O comportamento e o destino dos agrotóxicos no ambiente são determinados por processos físicos, químicos e biológicos, e o seu destino depende de fatores como retenção, transformação e transporte. No transporte de agrotóxicos destacam-se a lixiviação, responsável pela contaminação de águas subterrâneas, e o carreamento superficial que ocorre pela água da chuva, por exemplo, resultando na contaminação das águas superficiais (SPADOTTO; GOMES, 2014).

No meio aquático, o destino dos agrotóxicos também dependerá de suas propriedades químicas e físicas como, por exemplo, sua solubilidade em água e resistência à degradação. A temperatura e o pH do meio são fatores que podem determinar a velocidade das reações químicas, afetar a solubilidade, a adsorção, a volatilização, entre outros processos (STEPHENSON; SOLOMON, 2013).

Os agrotóxicos podem ser hidrolisados, podem passar por fotólise ou serem degradados por microrganismos. A dinâmica bioquímica natural pode ser alterada por meio da pressão de seleção sobre os organismos, mudando a função do ecossistema, já que alguns organismos podem morrer devido à presença destes compostos tóxicos no ambiente. Os efeitos de cada substância dependerão da ecotoxicidade de cada composto aos organismos expostos, e da sua concentração em um dado compartimento (SPADOTTO; GOMES, 2014).

A natureza química do agrotóxico influencia, portanto o seu modo de distribuição no ambiente aquático, podendo reagir com água ou ser adsorvido pelas partículas ali presentes no meio aquático. Neste contexto, os sedimentos são considerados reservatórios de agrotóxicos, já que aqueles que possuem baixa solubilidade serão adsorvidos pelas partículas presentes nestes compartimentos. Uma vez adsorvido ou como resíduo ligado eles não estão facilmente suscetíveis aos processos de degradação. Entretanto, continuam potencialmente tóxicos para a biota (STEPHENSON; SOLOMON, 2013).

Os organismos que habitam os sedimentos de rios, córregos e lagos próximos aos locais de aplicação de agrotóxicos podem representar um interesse particular, uma vez que muitos dos compostos que são considerados pouco solúveis em água podem ser depositados nos sedimentos, o que pode resultar em maior grau de contaminação neste compartimento do que na coluna d'água (SPADOTTO et al., 2004).

3.2.2. Monitoramento físico e químico

Nos ecossistemas aquáticos encontram-se uma variedade de elementos e substâncias químicas dissolvidas na água. A finalidade do monitoramento de parâmetros físicos e químicos é identificá-los e quantificá-los para associar seus efeitos no ambiente. Este tipo de análise feita em monitoramentos permite compreender as mudanças e os processos naturais que ocorrem constantemente no ambiente aquático (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

O pH e o oxigênio dissolvido (OD) são considerados parâmetros importantes. O pH por influenciar nos efeitos fisiológicos de muitas espécies e o OD por ser um gás essencial para a respiração dos seres vivos. Existem também outras substâncias importantes para o crescimento dos organismos como o nitrito, mas que em excesso podem alterar as condições de qualidade da água. (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). Outros contaminantes orgânicos como os agrotóxicos também atuam na qualidade do ambiente aquático, e por isso também devem ser analisados.

3.2.3. Biomonitoramento

Em conjunto com o monitoramento de parâmetros físicos e químicos, a condição dos ambientes aquáticos pode ser avaliada por indicadores biológicos por meio da presença de organismos e/ou comunidades (RESOLUÇÃO CONAMA 357, 2005). O biomonitoramento tem o objetivo de avaliar a qualidade dos recursos hídricos indicando os impactos ambientais derivados, por exemplo, da prática agrícola com o uso de compostos químicos (QUEIROZ; SILVA; TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

O monitoramento biológico dos recursos hídricos é uma maneira de determinar a qualidade da água medida pelas alterações que incidem sobre a estrutura e funcionamento das comunidades nos sistemas ecológicos. Com esta finalidade muitos organismos são usados como indicadores da qualidade ambiental dos recursos hídricos, os chamados indicadores biológicos. E os macroinvertebrados bentônicos são atualmente os mais usados (SILVEIRA, 2004). No Brasil, o biomonitoramento se firma como uma ferramenta útil e de baixo custo, uma vez que se usam os organismos do próprio meio para se determinar a condição ambiental (QUEIROZ; SILVA; TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

O uso de macroinvertebrados como indicadores da qualidade da água teve início na Europa há cerca de 100 anos. Hoje é considerado um método útil e barato, e por isso é usado em todo o mundo. Diferentemente das análises físicas e químicas que representam a condição da água no momento de amostragem, os indicadores biológicos mostram tendências de alterações, permitindo a comparação das condições da água ao longo do tempo (SPRINGER, 2010).

Os macroinvertebrados possuem diferentes níveis de tolerância à poluição, muitos possuem baixa mobilidade o que permite a observação por um período de tempo maior, são visíveis sem a necessidade de um microscópio, o método de coleta é simples, além de a análise ser mais barata em relação à análise química. Estas e outras características permitem o uso destes animais como bioindicadores da qualidade de águas doces (SILVEIRA; QUEIROZ, 2006).

Os macroinvertebrados compreendem grupos como o dos insetos, crustáceos, oligoquetas, entre outros. São considerados importantes membros da estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos. Isso porque a distribuição destes animais é influenciada por muitos fatores, como por exemplo, características do sedimento, morfologia das margens, profundidade, natureza química do substrato, vegetação, competição entre as diversas espécies e ainda, pela disponibilidade de fontes de alimento (QUEIROZ; TRIVINHO-STRIXINO; NASCIMENTO, 2000).

A comunidade macrobentônica é usada como ferramenta de índices bióticos para avaliar a qualidade das águas. Os índices baseiam-se na taxa que pode ser representado pela família, gênero ou espécie, que é diferenciada por um valor numérico como nível de

tolerância. Um exemplo é o índice BMWP (“Biological Monitoring Working Party”), desenvolvido inicialmente para a Inglaterra e atualmente usado em vários países da América Latina. O índice atribui a cada *taxa* um valor de tolerância que vai de 1 a 10, sendo que quanto mais próximo de 1 mais tolerante é, e quanto mais próximo de 10 mais sensível é o organismo. O BMWP é de fácil aplicação, pois se baseia apenas nas famílias e nos seus valores de tolerância (SPRINGER, 2010). No entanto, o índice não é específico para a presença de agroquímicos.

É importante ressaltar que os agrotóxicos são compostos que foram elaborados para afetar determinadas reações bioquímicas de seres vivos que se quer controlar ou eliminar. No entanto, organismos não-alvo podem ser afetados já que determinadas ações do metabolismo são semelhantes em todos os seres vivos. Além disso, o efeito de agrotóxicos no ambiente sobre uma população pode afetar todo o funcionamento do ecossistema, porque as comunidades interagem umas com as outras, seja por dependência ou cooperação (SPADOTTO; GOMES, 2014).

O monitoramento de agrotóxicos é visto como um desafio, sobretudo devido a quantidade de diferentes moléculas e a sua ocorrência muitas vezes em baixas concentrações, que dificultam a sua detecção. Para entender a ação dos agrotóxicos nos ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente sobre a biota, é necessário relacionar a degradação biológica com a presença destes compostos. Por isso, é muito importante o uso de um indicador biológico que seja capaz de expressar as respostas quanto a esta exposição (BEKETOV et al., 2008).

Para relacionar o uso de agrotóxicos com a comunidade macrobentônica foi criado o sistema SPEARpesticides (Species At Risk), descrito inicialmente por Liess e Ohe em 2005. Este sistema faz a relação entre um fator específico de estresse ambiental, no caso os agrotóxicos, com a composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. O método permite avaliar quantitativamente a dimensão dos efeitos ecológicos dos agrotóxicos sobre a comunidade. O SPEARpesticides é calculado com a abundância relativa do *taxa* que está vulnerável, ou seja "em risco", em relação aos efeitos dos agrotóxicos (SPEAR, 2014).

O biomonitoramento como qualquer outro método também possui limitações, sobretudo com respeito à potabilidade da água, já que não se detectam doenças e condições químicas perigosas ao homem. Outro ponto é que alterações nas populações desses organismos podem ser causadas por diversos contaminantes e fatores ambientais como temperatura e pH, por isso em programas de monitoramento da qualidade da água é essencial o emprego de métodos físicos, químicos e biológicos (SPRINGER, 2010; SPADOTTO et al., 2004).

3.2.4. Educação Ambiental

Nos dias atuais ainda é muito comum nos depararmos com situações em que as pessoas não compreendam os verdadeiros riscos do mau uso dos recursos naturais. O consumismo excessivo, a industrialização e o crescimento populacional são alguns dos fatores que contribuem com a degradação do meio ambiente. A exploração dos recursos naturais por parte da população está cada vez mais intensa e abusiva e, esta atitude vem desencadeando uma série de acontecimentos que colocam em risco a existência do planeta e de todos os seres vivos (PORTAL EDUCAÇÃO, 2013).

Para Sarturi et al. (2007), mesmo no século XXI ainda há a necessidade de mudanças urgentes que visam resgatar o respeito pela vida. Os autores destacam que a Educação Ambiental é uma ferramenta que nos dá chance de repensarmos e, ao mesmo tempo, redefinirmos o presente e o futuro das pessoas no planeta. Esta ferramenta também nos permite a formação de uma moral ecológica, e ainda a construção de conceitos relacionados a comportamentos sustentáveis.

Uma das principais finalidades da Educação Ambiental é permitir que o ser humano entenda o grau de complexidade do meio ambiente, assim induzindo-o em tomadas de decisões que sejam conscientes e prudentes, mas que ao mesmo tempo satisfaçam as necessidades de toda a humanidade no que se refere a exploração dos recursos naturais (HAMMES, 2015).

Para Jacobi (2003), a Educação Ambiental é uma nova maneira de entendimento da relação do homem com a natureza e, por isso, deve ser vista como um processo de aprendizagem constante. Atualmente o fortalecimento da educação ambiental é visto como prioridade para que se estabeleça uma prática educativa que seja capaz de encarar a degradação do meio ambiente e os problemas sociais de tal forma que se construa um futuro melhor.

A construção do futuro exige a adoção de novas atitudes por parte de toda a população. Tais atitudes são determinadas por ensinamentos ecológicos e de desenvolvimento sustentável que têm melhores resultados se aplicados em crianças e adolescentes, considerados importantes componentes na construção do amanhã, para que assim tenhamos melhorias na qualidade de vida (ROCHA et al., 2012).

No entanto, o modo como a Educação Ambiental é exercida nem sempre é o mais adequado. Isso porque ela é colocada muitas vezes sob esfera puramente preservacionista, ou seja, como se a natureza fosse intocável. Esta ação dificulta o trabalho com o conceito de sustentabilidade que envolve justamente ao contrário, que é fazer o uso da natureza e dos recursos naturais que a compõem, no entanto de forma racional, para que as futuras gerações possam também utilizá-los para o seu desenvolvimento e sobrevivência (GOMES, 2007).

A prática pedagógica deve ser composta de problemáticas e desafios que possibilitem às crianças e adolescentes a construção de um conhecimento ambiental capaz de relacionar a preservação, o desenvolvimento sustentável e o ambientalismo, mas também a importância e a beleza da fauna, da flora e dos recursos naturais, assim garantindo o futuro das próximas gerações (GOMES, 2007).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo situa-se na cidade de Brotas, localizada na região central do Estado de São Paulo a 208 quilômetros, em linha reta, a noroeste da capital do Estado e a 60 quilômetros a sudoeste de São Carlos. Brotas pertence à região de Rio Claro, que, por sua vez, pertence à região administrativa de Campinas, sendo um dos maiores municípios do Estado de São Paulo, com cerca de 112.000 hectares (PREFEITURA MUNICIPAL DE BROTAS, 2014).

As coordenadas geográficas de Brotas são 22°17'12'' de latitude Sul e 48°07'35'' de longitude Oeste do meridiano de Greenwich, e o núcleo urbano a uma altitude de 636,30 metros acima do nível do mar. O clima é considerado tropical, com temperatura média anual entre 21,8 e 23°C, sendo fevereiro o mês mais quente (médias de 25,1°C) e junho o mais frio (média de 18,7°C). A precipitação média anual varia entre 1100 a 1400 mm chovendo mais em dezembro e menos em julho (PREFEITURA MUNICIPAL DE BROTAS, 2014).

Os pontos de coleta de água pertencem a Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré Pepira Mirim que faz parte da Bacia do Rio Paraná que ocupa uma área de 2.612 km² (CÂMARA MUNICIPAL DE BROTAS, 2014). A área da bacia escolhida para a aplicação deste estudo encontra-se no município de Brotas e compreende o trecho inferior do Alto Jacaré Pepira, com uma área de 47,8 km² (MAIER; TOLENTINO, 1986). Na Figura 1 é possível observar a localização do município de Brotas no Estado de São Paulo e o mapeamento de todos os pontos amostrados.

4.1.1. Caracterização dos pontos em águas superficiais

Foram selecionados 07 pontos de amostragem de águas superficiais (Figuras de 2 a 8). O Ponto 1 (Figura 2) é conhecido como Cachoeira Escorregador devido a ocorrência de uma queda d' água e faz parte do Rio Ribeirão do Pinheirinho. O cultivo de cana-de-açúcar está acerca de 30 metros de distância do rio, sendo possível verificar o comprometimento da vegetação ripária e um predomínio de vegetação rasteira no ambiente. O rio tem aproximadamente 3 metros de largura no ponto de coleta.

MAIER, M. H.; TAKINO, M.; TOLENTINO, M. 1986 Ecologia da bacia do Rio Jacaré Pepira: Influência do uso do solo, da água e da descarga de efluentes sobre a qualidade da água (SP-Brasil). *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 13(1):153-178, jun.

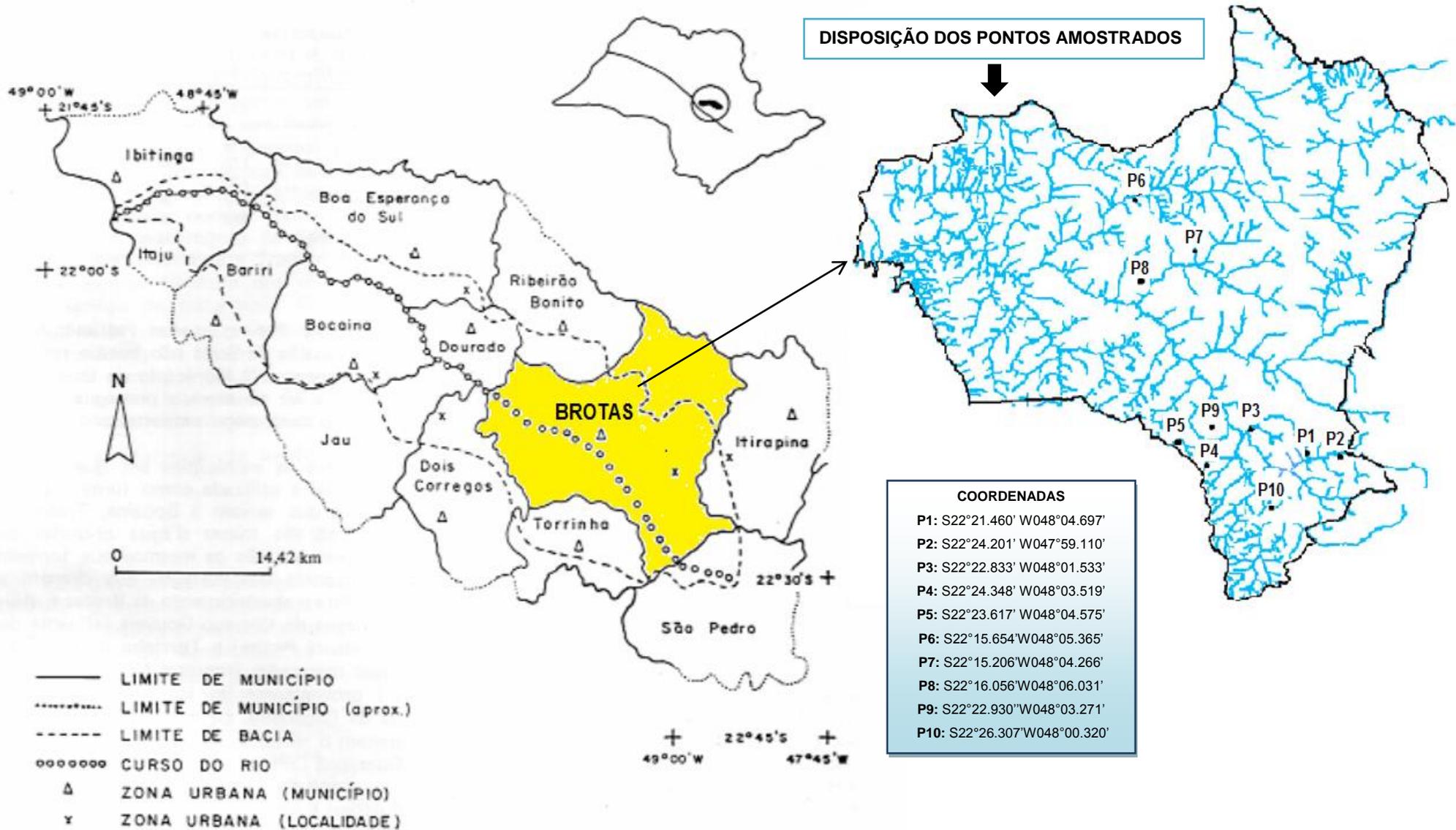


Figura 1 - Localização da Bacia do Rio Jacaré Pepira Mirim (MAIER; TAKINO; TOLENTINO, 1986) com a foto do mapa dos cursos d'água do município de Brotas (SP)



Figura 2 - Rio Ribeirão do Pinheirinho, Brotas (SP) e seu entorno

O Ponto 2 (Figura 3) é chamado de Cachoeira Cassarova, faz parte do Rio Ribeirão Cassorova e possui interesse turístico devido à ocorrência de uma queda d'água de aproximadamente 60 metros. A paisagem do ponto também apresenta falta de vegetação ripária e o plantio de cana-de-açúcar está acerca de 300 metros distante do rio. Este ponto é utilizado para a prática de esportes. A largura do rio no ponto de coleta é de aproximadamente 3 metros.



Figura 3 - Rio Ribeirão Cassorova, Brotas (SP) e seu entorno

O Ponto 3 (Figura 4) compreende o Rio Ribeirão Tamanduá e é o ponto mais degradado. O cultivo de cana-de-açúcar está muito próximo da água, cerca de 20 metros. No local é possível notar no entorno a ausência de vegetação ripária. O rio está bordado por pasto, e os bois o utilizam para tomar água. É possível visualizar as fezes dos animais dentro e fora do canal, que tem aproximadamente um metro de largura e muitas plantas aquáticas.



Figura 4 - Rio Ribeirão Tamanduá, Brotas (SP) e seu entorno

O Ponto 4 (Figura 5), parte do Rio Ribeirão São Bento, é um curso d'água raso e estreito, com cerca de um metro de largura e caracterizado por uma grande quantidade de vegetação no seu entorno. O curso d'água está a aproximadamente 100 metros de distância do cultivo de cana-de-açúcar, sendo possível verificar falta de proteção no entorno em relação ao cultivo.



Figura 5 - Rio Ribeirão São Bento, Brotas (SP)

O Ponto 5 (Figura 6), parte do Rio da Roseira, é caracterizado por uma grande quantidade de vegetação aquática que invadiu o rio, dificultando a visualização e o acesso. Está a aproximadamente 40 metros do cultivo e está visivelmente desprotegido de vegetação ripária. É o único ponto que possui uma pendente elevada aproximadamente 45° , é um rio estreito com aproximadamente um metro de largura, que se encontra bastante assoreado.



Figura 6 - Rio da Roseira, Brotas (SP) e seu entorno

O Ponto 6 (Figura 7) corresponde ao Córrego das Águas Claras, de grande importância para a cidade de Brotas, pois é responsável por 30% do abastecimento público da região. Está a 150 metros do cultivo e no local ainda é possível verificar a presença de mata preservada.



Figura 7 – Córrego das Águas Claras, Brotas (SP) e seu entorno

O Ponto 7 (Figura 8) é conhecido como Córrego da Minhoca, está acerca de 50 metros do cultivo que possui ainda área de pastagem de gado, fato preocupante uma vez que também serve para abastecer 70% da população da cidade. Apesar da proximidade do ponto de coleta com o cultivo é possível verificar a presença de vegetação ripária.



Figura 8 - Córrego da Minhoca, Brotas (SP) e vista de seu entorno

4.1.2. Caracterização dos pontos em águas subterrâneas

As águas subterrâneas compreenderam a 03 pontos (poços profundos) de amostragem (Figuras de 9 a 11). O Ponto 8 (Figura 9) é um poço situado na Estação de Tratamento de Água (ETA) da cidade de Brotas, localizado na Rua Augusto Inocêncio S/N no bairro Chácara das Mansões. O poço auxilia a ETA quando ocorrem picos de consumo na cidade.



Figura 9 - Poço da Estação de Tratamento de Águas (ETA) do município de Brotas (SP)

O Ponto 9 (Figura 10) corresponde ao poço de uma Pousada da região, localizada a aproximadamente 40 metros do cultivo de cana-de-açúcar. O poço é usado para abastecimento próprio do local.



Figura 10 - Poço da Pousada, Brotas (SP) e seu entorno

O Ponto 10 (Figura 11) é um poço localizado no Bairro do Patrimônio que é um dos responsáveis por abastecer o Distrito do Patrimônio situado no Município de Brotas.



Figura 11 - Poço do Patrimônio, Brotas (SP)

4.2. Análises físicas e químicas

4.2.1. Seleção e caracterização dos agrotóxicos

A escolha dos agrotóxicos para análise (Tabela 1) ocorreu com base em uma consulta no AGROFIT (2014) dos ingredientes ativos indicados para a cultura de cana-de-açúcar. Embora os agrotóxicos cipermetrina, deltametrina, lambda-cialotrina, permetrina e tebuconazol não sejam indicados para cana, levou-se em consideração a

ocorrência de outras culturas no Município como o citros e o café, que têm estes compostos indicados para o seu uso.

Tabela 1 - Ingredientes ativos analisados no estudo

Ingrediente ativo	Grupo químico	Classe
Carbofurano	Metilcarbamato de benzofuranila	Acaricida/Cupinicida/Inseticida/Nematicida
Cipermetrina	Piretróide	Formicida/Inseticida
Deltametrina	Piretróide	Formicida/Inseticida
Diuron	Uréia	Herbicida
Fipronil	Pirazol	Cupinicida/Formicida/Inseticida
Lambda-cialotrina	Piretróide	Inseticida
Permetrina	Piretróide	Formicida/Inseticida
Tebuconazol	Triazol	Fungicida
Trifluralina	Dinitroanilina	Herbicida

4.2.2. Coleta das amostras de água e sedimento

As amostras foram coletadas mensalmente de agosto de 2013 a julho de 2014. No total foram coletadas 120 amostras de água, todas acondicionadas em frascos tipo âmbar. Paralelamente, foram coletadas também 84 amostras de sedimento por meio de um coletor tipo draga Van Veen com capacidade para 5 quilos, e que foram armazenadas em sacos plásticos. Todas as amostras foram mantidas em isopor com gelo durante o transporte ao Laboratório de Ecologia de Agroquímicos do Instituto Biológico de São Paulo. As amostras de água foram refrigeradas até a execução das análises. As amostras de sedimento foram secas em temperatura ambiente, peneiradas em malha de diâmetro de 2 mm e então congeladas até a realização das análises.

4.2.3. Quantificação dos parâmetros físicos e químicos da água

O pH foi medido mensalmente no laboratório com peagômetro da marca ANALION, modelo PM608. A temperatura e o oxigênio dissolvido (OD) foram medidos em campo por meio de Oxímetro Microprocessado da marca ALFAKIT, modelo AT-160. A medição dos parâmetros ocorreu de agosto de 2013 a julho de 2014. A amônia, o nitrato e o nitrito foram quantificados durante 10 meses (setembro/2013 a julho/2014) pela Estação de Tratamento de Água de Brotas (SP).

Os resultados foram comparados com a Resolução Conama 357 (2005) que 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; com a Portaria 2.914 (2011) que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade; e com a Resolução Conama 396 (2008) que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores estabelecidos pelas legislações vigentes para os parâmetros estudados em água

Parâmetros	CONAMA 357/2005	CONAMA 396/2008	Portaria 2.914/2011
pH	6,0 - 9,0	VNE	6,0 a 9,5
Nitrogênio amoniacal	3,7 mg.L ⁻¹ para pH ≤ 7,5	VNE	1,5 mg.L ⁻¹
	2,0 mg.L ⁻¹ para 7,5 < pH ≤ 8,0		
	1,0 mg.L ⁻¹ para 8,0 < pH ≤ 8,5		
	0,5 mg.L ⁻¹ para pH > 8,5		
Nitrato	10,0 mg.L ⁻¹	10,0 mg.L ⁻¹	10 mg.L ⁻¹
Nitrito	1,0 mg.L ⁻¹	1,0 mg.L ⁻¹	1,0 mg.L ⁻¹
OD	Não inferior a 5 mg.L ⁻¹	VNE	VNE

VNE: Valor não estabelecido.

4.2.4. Extração e quantificação dos agrotóxicos da água

Para a quantificação de agrotóxicos em água foram usados dois métodos de análise, a Extração líquido-líquido (LLE) e a Extração em fase sólida (SPE). Para a Extração líquido-líquido foi colocado um litro das amostras de água coletadas em funil de separação. Adicionaram-se 100g de cloreto de sódio e o funil foi agitado manualmente para a diluição do sal. Adicionou-se 30 mL de diclorometano e o funil foi agitado por mais três minutos, com aberturas da torneira, para liberação da pressão. Este procedimento foi repetido por três vezes e o diclorometano de cada extração foi filtrado sobre sulfato de sódio anidro e coletado em balão de fundo redondo. Quando ocorreu a formação de emulsão durante a extração, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 2000 rpm para separação das fases. Ao término da extração, o sulfato de sódio anidro foi lavado com 10 mL de diclorometano. Os três extratos de cada amostra foram misturados e concentrados em rotaevaporador a 40 °C até cerca de 2 mL e, em seguida, concentrados sob fluxo suave de nitrogênio até à secura, ressuspendidos com 1,0 mL de tolueno, colocados sob ultrassom e analisados por cromatografia à gás.

Na extração em fase sólida, as mesmas amostras de água foram primeiramente filtradas em papel filtro em funil de Büchner. Um litro de cada amostra foi eluído em

cartucho C18 previamente condicionado com três repetições de 1,0 mL de acetonitrila:metanol (1:1, v/v) e de 1,0 mL de água destilada, em fluxo de aproximadamente 2 mL por minuto. Após a passagem das amostras os cartuchos ficaram sob vácuo por aproximadamente 15 minutos para a remoção total da água. Os resíduos retidos nos cartuchos C18 foram eluídos com três repetições de 1,0 mL de acetonitrila:metanol (1:1, v/v). O eluato foi concentrado sob fluxo de nitrogênio a 40 °C até à secagem, ressuspensos em 1,0 mL de acetonitrila:metanol (1:1, v/v) e submetidos ao ultrassom, filtrados em membrana de 0,45 µm e analisados por cromatografia líquida.

4.2.5. Caracterização do sedimento e quantificação de matéria orgânica

As análises de pH, porcentagem de areia, argila, silte e matéria orgânica foram realizadas pelo Departamento de Ciências do Solo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Inicialmente foi feita em uma amostragem a avaliação das características do sedimento de todos os pontos de águas superficiais. A quantificação de matéria orgânica foi realizada mensalmente nos pontos 1, 2 e 3.

4.2.6. Extração e quantificação dos agrotóxicos do sedimento

As amostras de sedimento foram analisadas nos meses de setembro, outubro e novembro de 2013 e em janeiro, março, maio e julho de 2014. As análises foram realizadas pelo método de QuEChERS (“Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged e Safe”), que apresenta altos percentuais de recuperação e necessita de pequena quantidade de solvente (PRESTES et al., 2009).

Dez gramas de cada amostra foi acondicionada em tubo Falcon de 50 mL e adicionou-se 1,0 mL de água destilada sobre cada amostra. Os tubos foram agitados manualmente até a incorporação da água. Em seguida, foram adicionadas 2,0 g de cloreto de sódio, 2,0 g de acetato de sódio, 8,0 g de sulfato de magnésio e 20 mL de mistura de 1% de ácido acético em acetonitrila. As amostras foram agitadas manualmente por um minuto e centrifugadas a 3000 rpm por 15 minutos. Após a centrifugação foi coletado 10 mL da solução sobrenadante que, em seguida, foi depositada sobre 0,3 g de PSA (Amina Primária Secundária) contido em tubo Falcon de 25 mL. Adicionou-se 0,9 g de sulfato de magnésio e o tubo foi agitado por 1 minuto e

centrifugado por 10 minutos a 2000 rpm. Duas alíquotas de 3,0 mL foram retiradas e posteriormente concentradas sob o fluxo suave de nitrogênio a 40 °C até à secura. Uma das amostras foi resuspendingida em 1,0 mL de acetonitrila:metanol (1:1,v/v) e analisada por cromatografia líquida. A outra amostra foi resuspendingida em 1,0 mL de tolueno e analisadas por cromatografia a gás.

4.2.7. Estabelecimento das condições analíticas cromatográficas

Antes da análise das amostras de água e de sedimento quanto à contaminação, construiu-se uma curva de calibração para cada agrotóxico, com análise de regressão linear e coeficiente de correlação (r). As soluções dos agrotóxicos para as curvas foram preparadas no extrato da matriz e resuspendingidas em acetonitrila+metanol (1:1) para os ingredientes ativos analisados por cromatografia líquida e em tolueno para os ingredientes ativos analisados por cromatografia a gás. A precisão e a exatidão do método foram obtidas por meio de estudos da porcentagem de recuperação por extração, que foram calculados em três níveis de fortificação com sete repetições para cada nível. As condições cromatográficas dos equipamentos usados na quantificação dos agrotóxicos estão descritas na Tabela 3 e 4.

Tabela 3 - Condições cromatográficas do Cromatógrafo Líquido (CLAE) usado na quantificação dos agrotóxicos

Condições	Cromatógrafo Líquido (CLAE)
Marca	Shimadzu
Detector	Ultravioleta (UV) SPD 10 AV
Bomba	DAD 10
Forno	CTO 10 ^a
Temperatura do forno	40°C
Coluna	Phenomenex Luna C18
Fluxo da fase móvel	1mL.min ⁻¹
Fase móvel	Acetonitrila + Água (60 + 40)
Comprimento de onda	220nm
Tempo de corrida	25 minutos

Tabela 4 - Condições cromatográficas do Cromatógrafo à Gás usado na quantificação dos agrotóxicos

Condições	Cromatógrafo à Gás
Marca	Agilent 7890
Detector	Captura de elétrons (μ ECD)
Temperatura do detector	320°C
Temperatura do forno	90°C (2 minutos) 20°C (por minuto até 210°C / manter por 5 minutos); 5°C por minuto até 280°C / manter por 5 minutos
Coluna	HP-5 30 metros (comprimento) Diâmetro interno: 0,32 mm, 0,25 μ m (espessura de filme)
Fluxo do gás de arraste	1 mL.min ⁻¹ (Hélio)
Temperatura do Injetor	230°C (modo splitless)
Tempo de corrida	37, 33 minutos

4.3. Biomonitoramento

4.3.1. Coleta e identificação

A coleta de amostras da comunidade macrobentônica ocorreu nos Pontos 1, 2 e 3 de agosto de 2013 a julho de 2014, exceto em dezembro. O critério de seleção dos pontos foi baseado na proximidade com o cultivo de cana-de-açúcar. Os organismos foram coletados por uma hora em três ambientes de cada ponto amostrado (pedras, vegetação e sedimento). Nas pedras a coleta se deu manualmente (Figura 12: A), na vegetação, utilizou-se rede do tipo D de malha de 250 μ m (Figura 12: B) e no sedimento uma peneira de malha de 1 mm (Figura 12: C).

Os macroinvertebrados foram coletados com o auxílio de pinças e depositados em tubos falcon com álcool 70% para o transporte ao Laboratório de Ecologia de Agroquímicos do Instituto Biológico de São Paulo. No laboratório os organismos foram triados e identificados em nível de família com o auxílio de lupa, bibliografias e chaves de classificação (MCCAFFERTY, 1998; DOMÍNGUEZ; FERNÁNDEZ, 2009; SPRINGER, 2010; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011; HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2014). Após a identificação foram preservados em álcool 100%. Alguns indivíduos foram identificados somente até Classe ou Ordem, uma vez que estes níveis de classificação já eram suficientes para os índices biológicos aplicados neste estudo.



Figura 12 - (A: Coleta nas pedras; B: Coleta na vegetação; C: Coleta no sedimento)

4.3.2. Índices bióticos

Os índices bióticos aplicados neste trabalho foram Porcentagem de Chironomidae, EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) e razão de EPT e Chironomidae, uma vez que as ordens e a família de organismos escolhidas são as que são consideradas sensíveis e tolerantes ao manejo do ambiente natural (PLAFKIN et al., 1989). Além disso, foi aplicado o “*Biological Monitoring Working Party System*” (BMWP), índice que leva em consideração a presença de toda a comunidade de macroinvertebrados aquáticos, sendo muito usado em programas de biomonitoramento.

4.3.2.1. Chironomidae (%Chir)

A porcentagem da família Chironomidae foi obtida por meio da abundância relativa do total de indivíduos da família e a abundância relativa do total de indivíduos na amostra, conforme Klemm et al. (1990).

$$A \%Chir = \frac{P_{Chir}}{P} \times 100$$

P_{Chir} = abundância relativa de Chironomidae (Total de indivíduos de Chironomidae na amostra);

P = abundância relativa do total de indivíduos da amostra (Total de indivíduos da amostra).

4.3.2.2. Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (%EPT)

A percentagem de EPT foi calculada por meio da abundância relativa do total de indivíduos das respectivas ordens e a abundância relativa do total de indivíduos na amostra (KLEMM et al., 1990).

$$A \%EPT = \frac{P_E + P_P + P_T \times 100}{P}$$

P_E = abundância relativa do total de indivíduos de Ephemeroptera (Total de indivíduos da ordem Ephemeroptera na amostra);

P_P = abundância relativa do total de indivíduos de Plecoptera (Total de indivíduos da ordem Plecoptera na amostra);

P_T = abundância relativa do número total de indivíduos de Trichoptera (Total de indivíduos da ordem Trichoptera na amostra);

P = abundância relativa do total de indivíduos da amostra (Total de indivíduos na amostra).

4.3.2.3. Razão de EPT e Chironomidae (EPT/Chir)

A razão foi calculada por meio do total de indivíduos de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, ordens consideradas sensíveis, dividido pelo total de indivíduos de Chironomidae, família considerada tolerante (PLAFKIN et al., 1989).

$$\text{Razão de EPT/Chir} = \frac{n_E + n_P + n_T}{n_{Chir}}$$

n_E = número total de Ephemeroptera.

n_P = número total de Plecoptera;

n_T = número total de Trichoptera;

n_{Chir} = número total de Chironomidae.

4.3.2.4. “Biological Monitoring Working Party Sistem” (BMWP)

A qualidade da água foi determinada por meio do índice biótico “BMWP” adaptado por Junqueira e Campos em 1998 para Belo Horizonte (MG-Brasil). Os autores atribuíram um valor de 1 a 10 para cada *taxa* (Tabela 5). A pontuação foi feita de acordo com a sensibilidade de cada *taxa*, sendo que quanto mais próximo de 1 mais tolerante, e quanto mais próximo de 10 mais sensível é o organismo. Os pontos são atribuídos a cada grupo encontrado, de modo que somente um organismo é pontuado. Após a atribuição dos pontos a cada *taxa* foi feita a somatória destes e o total foi comparado com a Tabela 6 que mostra a faixa de pontuação para classificar os corpos d’água segundo Junqueira e Campos (1998).

Tabela 5 - Pontos atribuídos a cada *taxa* por Alba-Tercedor (1996); Junqueira e Campos (1998); Monteiro, Oliveira e Godoy (2008)

TÁXONS	PONTOS
Gryopterygidae, Odontoceridae e Pyralidae	10
Aeshnidae, Blaberidae, Calamoceratidae, Calopterygidae, Corduliidae, Dixidae, Hebridae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Noctuidae, Perlidae, Philopotamidae e Psephenidae	8
Colembolla, Ecnomidae, Leptoceridae, Leptohyphidae, Limnephilidae, Lutrochidae, Polycentropodidae, Staphylinidae e Veliidae	7
Acari, Coenagrionidae, Glossosomatidae, Gyrimidae e Hydroptilidae	6
Belostomatidae, Corixidae, Corydalidae, Dryopidae, Dytiscidae, Gerridae, Gomphidae, Hydraenidae, Hydrochidae, Hydropsychidae, Libellulidae, Mesoveliidae, Naucoridae, Nepidae, Noteridae e Simuliidae	5
Baetidae, Curculionidae, Elmidae, Empididae, Gelastocoridae, Haliplidae, Hydrophilidae, Isopoda, Scirtidae e Sialidae	4
Caenidae, Culicidae, Glossiphonidae, Lymnaeidae, Notonectidae, Planorbidae, Pleidae, Physidae, Sphaeriidae e Tipulidae	3
Chironomidae e Tabanidae	2
Oligochaeta	1
Crambidae, Heteroceridae, Lampyridae e Sphaeriusidae	#

Pontuação não encontrada na literatura.

Tabela 6 - Qualidade da água de acordo com Junqueira e Campos (1998)

Faixa de Pontuação	Qualidade da água
> 81	Excelente
61 - 80	Boa
41 - 60	Regular
26 - 40	Ruim
< 25	Péssima

4.3.2.5. “SPEAR_{pesticide}”

No “SPEAR_{pesticide}” os táxons identificados são classificados em "species at risk" com valor 1 e "species not at risk" com valor 0. A definição de uma espécie em risco se baseia em quatro critérios que foram definidos por Liess e Ohe (2005). Os quatro critérios que definem se uma espécie está em risco são sensibilidade à tóxicos orgânicos acima de -0,36, tempo de geração igual ou superior a metade de um ano (0,5), fases aquáticas durante maio e junho, meses de maior aplicação de pesticidas e período que os lagos estão descongelados, e por último baixa capacidade de migração.

No Brasil, o período das fases aquáticas é indiferente, já que elas ocorrem o ano todo, bem como a aplicação de agrotóxicos. A definição de uma espécie em risco é realizada automaticamente pelo programa do índice SPEAR_{pesticides}. Após a definição das espécies em risco é realizado o cálculo da abundância relativa destes táxons para cada local pela seguinte fórmula:

$$\text{SPEAR}_{\text{pesticides}} = \frac{\sum_{i=1}^n \log(x_i + 1) \cdot y}{\sum_{i=1}^n \log(x_i + 1)} \cdot 100$$

n = número de táxons;

x_i = abundância do táxon;

y = 1 se o táxon é classificado como SPEAR, caso contrário é 0.

Baseando-se em Liess e Ohe (2005) a toxicidade é associada com as concentrações de pesticidas detectados nas águas dos pontos de amostragem, calculando as unidades tóxicas (TU) a partir das concentrações máximas encontradas em cada local. Caso nenhum agrotóxico seja detectado o valor atribuído é de -5,0 para TU, que corresponde ao valor encontrado em córregos não poluídos.

Segundo os autores este valor indica o nível de toxicidade que é de cinco ordens de grandeza abaixo da LC₅₀ de 48 horas para *Daphnia magna*.

- As TU são calculadas pela seguinte fórmula: $TU_{(D. magna)} = \max_{i=1}^n (\log (C_i / LC_{50i}))$

TU_(D. magna) = número máximo de unidades tóxicas de n pesticidas detectados no local considerado;

C_i = concentração (µg.L⁻¹) do agrotóxico i;

LC_{50i} = concentração (µg.L⁻¹) concentração letal do agrotóxico i capaz de matar 50% da população de *D. magna* em 48 horas (TOMLIN, 2001 apud BEKETOV et al., 2008, p. 8).

4.3.2.6. Análise estatística

A comunidade macrobentônica foi analisada por meio da equitatividade e da diversidade de cada ponto e de medidas de similaridade entre os pontos. A diversidade foi descrita por meio dos índices N₂ de Hill (recíproco do índice de Simpson) e de Shannon-Wiener. O índice de diversidade e o de equidade foi efetuado por meio do programa MVSP (Multivariate Statistical Package) (KOVAK COMPUTING SYSTEMS, 1998).

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

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

S = número de táxons

$P_i = \frac{n_i}{N}$ n_i = nº de indivíduos do táxon i na amostra;

N N = nº total de indivíduos.

A equitatividade foi calculada com base nos valores do índice de diversidade de Simpson (KREBS, 1989), e a similaridade foi feita por meio do índice de Renkonen (KREBS, 1989).

A equidade (Simpson) foi estimada pela equação:

$$\text{Equidade: } E' = \frac{N_2}{\log_2 S'}$$

S = Número de táxons na amostra;

N_2 = Índice de Simpson.

Após a similaridade, os pontos foram agrupados por meio de uma Análise de Agrupamento constituindo um dendograma por meio do método UPGMA (unweighted group averaging) que faz a ligação por média não ponderada. A estrutura da comunidade e sua relação com as variáveis abióticas (pH, temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, nitrato, nitrito e matéria orgânica) foram medidas por meio de uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) (BRAAK, 1986). Para esta análise foram excluídos os resultados biológicos de agosto, pois não foram coletados dados abióticos neste mês. Os dados de amônia, nitrato e nitrito do mês de maio também não foram coletados, neste caso foram substituídos pelo valor médio dos dois meses vizinhos.

4.4. Educação Ambiental

O projeto de Educação Ambiental envolveu dois grupos distintos: alunos da rede pública de ensino e visitantes do Museu do Instituto Biológico. Os alunos eram da Escola Municipal Álvaro Callado, escola pública municipal da cidade de Brotas. A escola tem aproximadamente 380 estudantes no Ensino Fundamental II e engloba alunos do sexto ao nono ano, com idades que variam de 10 a 15 anos. O segundo grupo correspondeu a 178 estudantes de escolas particulares da cidade de São Paulo com idades entre 3 a 8 anos e ainda 47 professores do Estado que visitaram o Museu do Instituto Biológico de São Paulo.

4.4.1. Educação Ambiental na Escola Municipal Álvaro Callado

O programa de Educação Ambiental empregado na escola foi dividido em duas fases. Na primeira foi realizado um piloto do projeto. Montou-se uma exposição com aproximadamente 20 macroinvertebrados bentônicos com material preparado no Laboratório de Ecologia dos Agroquímicos do Instituto Biológico de São Paulo e levado até Brotas para observação dos alunos. Os macroinvertebrados preservados em álcool 100% em frascos de vidro foram identificados individualmente (Figura 13).

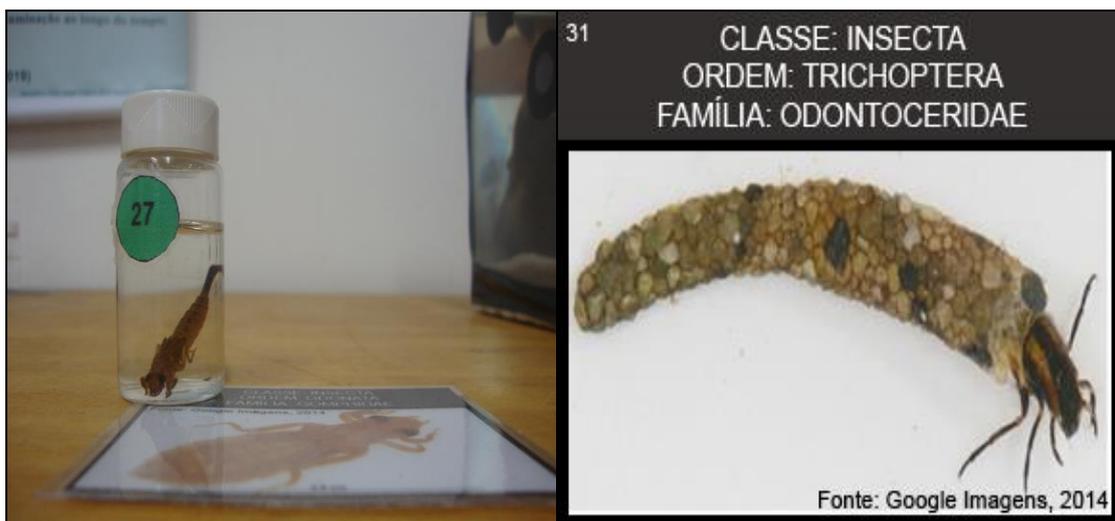


Figura 13 - Material de exposição para alunos da Escola Municipal Álvaro Callado, Brotas (SP)

Em Brotas, os alunos tiveram primeiramente uma aula teórica ilustrada com slides sobre a importância da preservação dos recursos hídricos, com foco em alguns parâmetros como temperatura, pH, oxigênio dissolvido, turbidez e nutrientes (Figura 14). Após a explicação teórica, um macroinvertebrado foi retirado do álcool, colocado em Placa de Petri e visualizado pelos alunos por meio de uma Lupa digital (Dino) acoplada ao computador que possibilitou que todos visualizassem o organismo ao mesmo tempo (Figura 14) e explicou-se a importância destes animais como ferramenta de avaliação da qualidade da água. Como mecanismo de motivação os estudantes foram convidados a se tornarem pesquisadores fazendo a avaliação da qualidade da água de um rio ou córrego da cidade.

Logo após a aula teórica, os estudantes foram conduzidos ao Rio Jacaré Pepira Mirim com o objetivo de aplicar em campo as informações teóricas. No rio os alunos mediram os parâmetros físicos e químicos por meio de um kit (Alfakit) de avaliação da qualidade da água, que é específico para Educação Ambiental. Os parâmetros analisados foram temperatura, pH, turbidez, oxigênio dissolvido, nitrito, nitrato, amônia e fosfato. A medição é feita por faixas de concentração (Figura 15 A e B). O anexo 1 apresenta a metodologia do kit bem como as cartelas de resultados. Após a medição dos parâmetros os alunos também coletaram alguns macroinvertebrados (Figura 15: C e D) que foram devolvidos ao rio após a visualização.

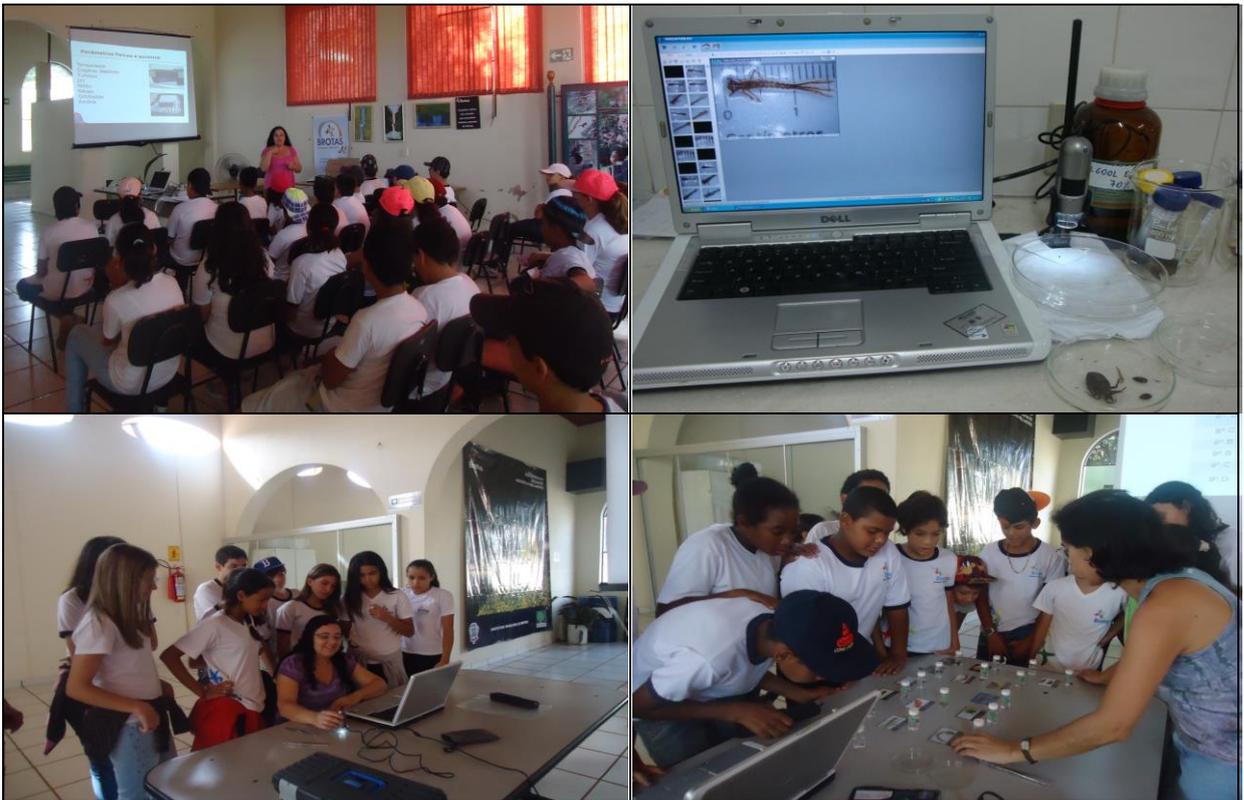


Figura 14 - Diferentes ângulos da aula teórica sobre a qualidade da água

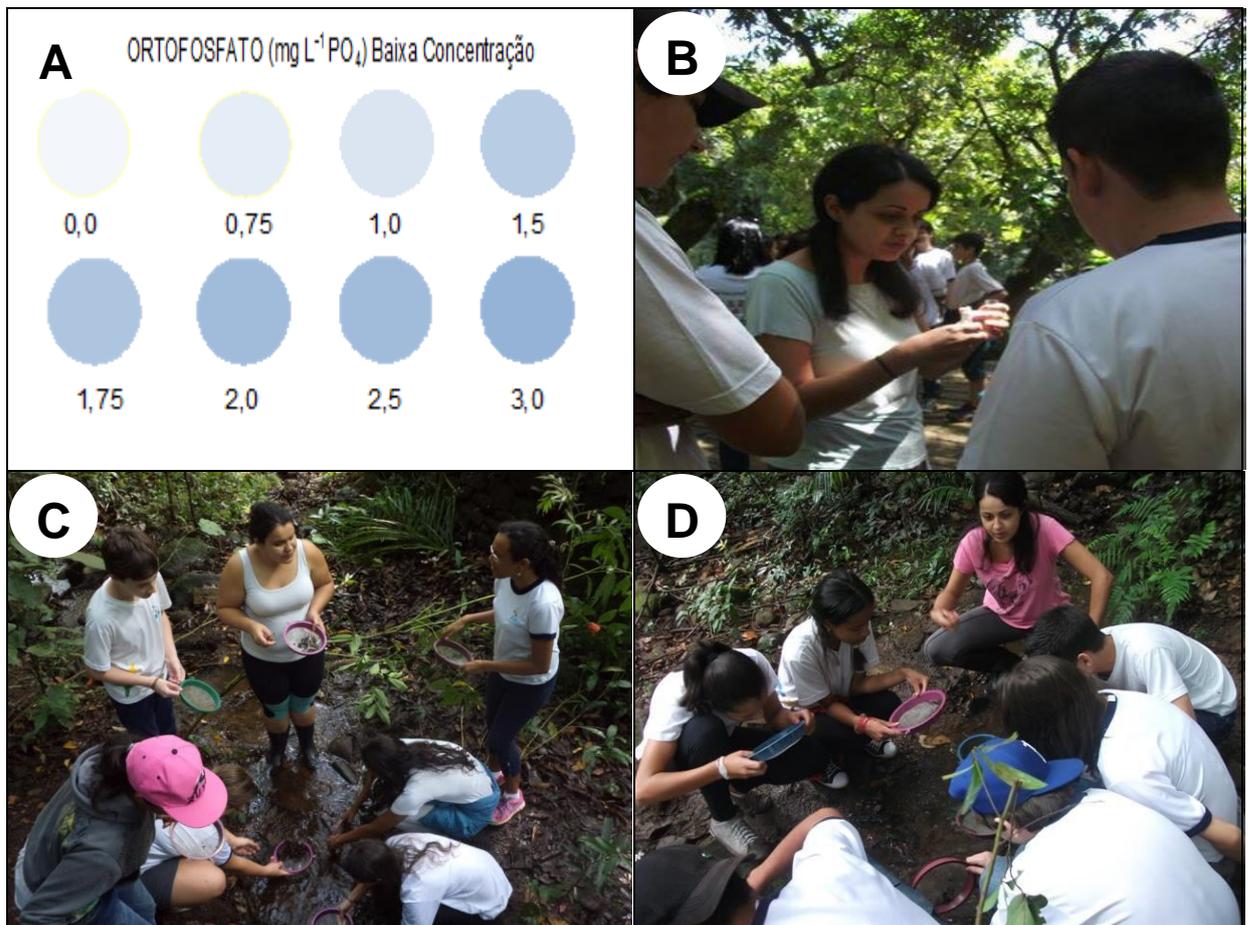


Figura 15 - (A: Exemplo de uma cartela do kit; B, C e D: Diferentes ângulos da aula em campo)

Na segunda fase do projeto cada duas turmas ficaram responsáveis por um rio ou córrego da cidade. Uma turma ia de manhã ao rio e outra turma à tarde para fazerem análises físicas e químicas por meio do kit (Alfakit) e anotarem os resultados em uma Ficha de Campo. Além disso, os alunos coletaram macroinvertebrados aquáticos, acondicionaram em frascos com álcool e levaram para sala de aula para identificação. Para identificação dos macroinvertebrados foi desenvolvida uma chave de identificação ilustrada adaptada de chaves de classificação da literatura (MCCAFFERTY, 1998; TRIPLEHON; JONNISON, 2011; HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2014) de modo que os próprios alunos pudessem identificar os organismos com mais facilidade. Na sala os organismos foram visualizados por de uma lupa e identificados até o nível de ordem.

4.4.2. Educação Ambiental no Museu do Instituto Biológico de São Paulo

Organizou-se uma exposição no Museu do Instituto Biológico realizada na Semana da Água que ocorreu do dia 22 ao dia 28 de março de 2014. Como o museu se dedica somente à exibição de insetos, a exposição foi preparada somente com organismos deste grupo. Cerca de 40 insetos foram triados e identificados no Laboratório de Ecologia dos Agroquímicos. O material exposto foi de forma semelhante ao levado a Escola Municipal Álvaro Callado, juntamente com um pôster (Apêndice 1) com ilustrações de alguns dos indivíduos expostos. No pôster os insetos foram distribuídos em organismos de água de qualidade excelente, boa, regular e ruim.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análises físicas e químicas

5.1.1. Quantificação dos parâmetros físicos e químicos da água

A figura 16 apresenta os resultados dos valores de pH nos Pontos de 1 a 7 ao longo do tempo. Nos pontos de águas superficiais o valor mais baixo de pH foi de 4,35 medido em setembro no Ponto 4. Apenas em setembro e outubro de 2013 alguns pontos apresentaram valores de pH fora do estabelecido pelas legislações, que é de 6,0 a 9,5. Tais resultados podem estar relacionados com o caráter ácido dos sedimentos dos pontos amostrados que apresentaram pH de 5,6 a 6,5.

Segundo a Cetesb (2014b) a redução do pH nos ecossistemas aquáticos acarreta em um aumento da frequência respiratória dos peixes. Em pH abaixo de 5,0 por exemplo, estes animais podem morrer rapidamente. O mesmo pode ocorrer quando o pH está elevado, entre 9,0 e 10,0 por exemplo, que podem ser prejudiciais e acima de 10,0 são letais para a maioria dos peixes.

O pH ideal varia de espécie para espécie, no caso de peixes de água doce, eles geralmente vivem bem em pH entre 7,0 e 8,0. A influência deste parâmetro sobre os ecossistemas aquáticos se dá não somente aos seus efeitos diretos sobre a fisiologia das espécies, mas também aos seus efeitos indiretos, uma vez que o pH em determinadas condições pode contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos e ainda exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes (RESOLUÇÃO CONAMA 357, 2005; BRASIL, 2011; CETESB, 2014b).

Nos pontos de águas subterrâneas os valores de pH variaram de 6,55 a 7,82 (Figura 17). O intervalo de variação só foi menor no poço da ETA. A Resolução Conama 396 de 2008 não estabelece valores de pH para águas subterrâneas o que impossibilitou uma qualificação dos valores que foram detectados, no entanto levando em consideração as legislações para águas superficiais os resultados encontram-se dentro dos limites estabelecidos.

Esteves (1998) considera o pH como uma das variáveis ambientais mais importantes e, ao mesmo tempo, mais complexas, pois o pH é influenciado por um grande número de fatores, o que dificulta a interpretação de seus resultados. O autor chama a atenção para a interdependência que ocorre no ambiente aquático entre o pH e as comunidades vegetais e animais. Isso porque à medida que as comunidades aquáticas interferem no pH ele também interfere no metabolismo destas comunidades,

agindo diretamente nos processos de permeabilidade da membrana celular, interferindo, assim, no transporte iônico que ocorre entre os organismos e o meio.

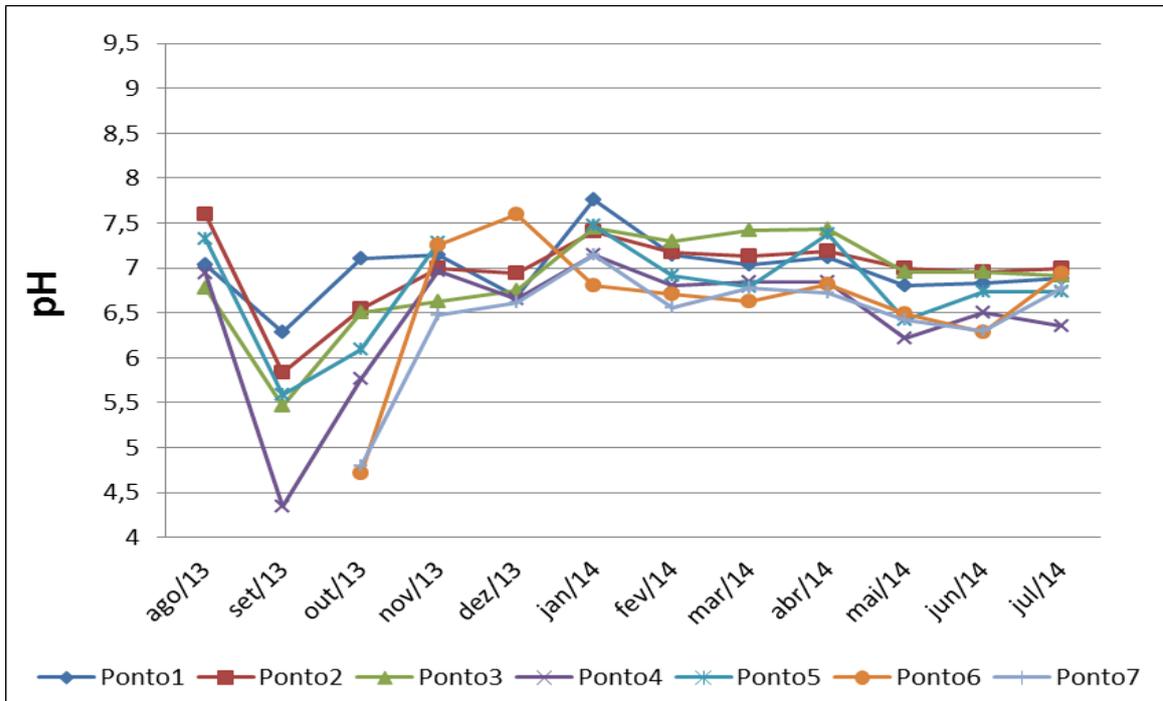


Figura 16 - Variação do pH nas águas superficiais de área agrícola do município de Brotas (SP), de agosto de 2013 a julho de 2014

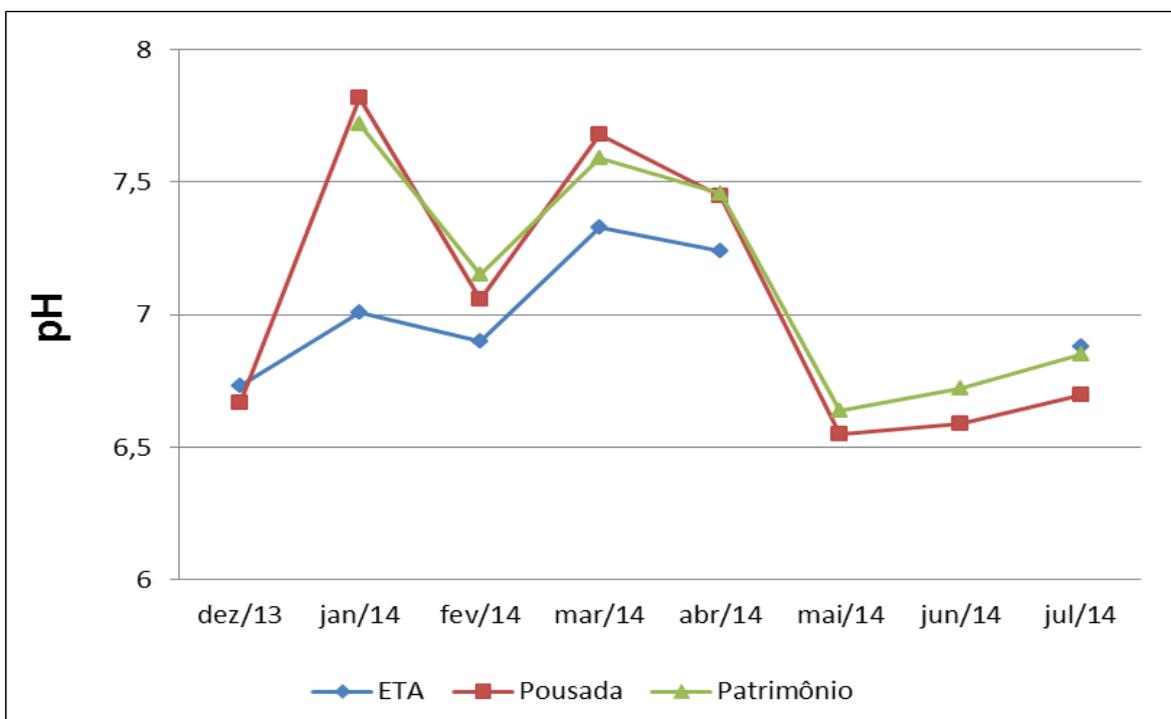


Figura 17 - Variação do pH nas águas subterrâneas de área agrícola do município de Brotas (SP), de dezembro de 2013 a julho de 2014

Segundo a CETESB (2014c) o pH em águas naturais varia de acordo com as características do solo. Tal variação também pode decorrer de uma elevada atividade fotossintética, o que favorece o aumento deste parâmetro. Um pH elevado pode fazer com que a toxicidade de algumas substâncias presentes em produtos químicos possam ter seus efeitos diminuídos ou aumentados. A amônia, por exemplo, quando presente em pH acima de 9,0 e em altas temperaturas tende a ser altamente tóxica. Já alguns metais apresentam maior toxicidade em pH menor que 4,0.

A temperatura também exerce uma importante influência em uma série de variáveis físicas, químicas e biológicas que ocorrem nos recursos hídricos. Além disso, os organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica, dependendo, por exemplo, de temperaturas ótimas para seu crescimento, migração e reprodução. O valor mais baixo detectado em águas superficiais durante o período de estudo correspondeu a 17,3 °C no Ponto 4 em outubro (primavera), e o mais alto a 32,1 °C no Ponto 3 em fevereiro, durante o verão (Figura 18).

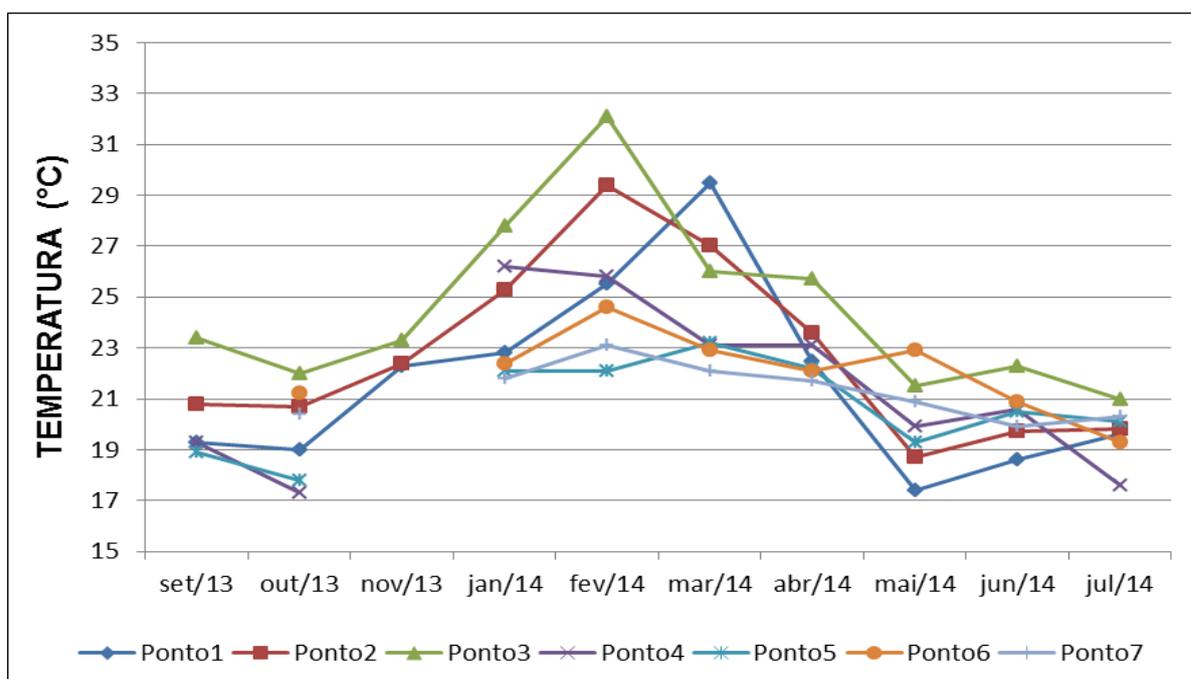


Figura 18 - Variação da temperatura nas águas superficiais de área agrícola do município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014

A Cetesb (2014b) aponta que diferenças na temperatura são consideradas um fator normal, uma vez que este parâmetro é influenciado por outras variáveis sazonais e geográficas, como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, profundidade, dentre outros. No entanto, o aumento da temperatura em um determinado corpo d'água, na maioria das vezes pode ser provocado por despejos industriais.

O OD é essencial para a manutenção de processos de autodepuração dos sistemas aquáticos, sobretudo porque seus níveis são indicadores da capacidade de um

corpo d'água natural manter a vida aquática (CETESB, 2014b). Os organismos aquáticos, incluindo os macroinvertebrados bentônicos, apresentam variedade de adaptações para obtenção do oxigênio disponível nos ambientes aquáticos. Isso porque o processo de disseminação do oxigênio pela água ocorre muito mais lentamente do que pelo ar, o que faz com que os ecossistemas aquáticos possuam menor quantidade deste gás do que os ecossistemas terrestres (HANSON; SPRINGER; RAMIREZ, 2010).

O OD nos Pontos 2, 4, 6 e 7 estava de acordo com a Resolução Conama 357 de 2005 que estabelece valor não inferior a 5 mg.L^{-1} . Por outro lado, os pontos 1, 3 e 5 apresentaram valores de OD abaixo do estabelecido em pelo menos uma amostragem. O Ponto 5 em maio de 2014 foi o que apresentou a menor concentração de OD ($1,23 \text{ mg.L}^{-1}$) (Figura 19). É importante destacar que os Pontos 3 e 5 estão aparentemente degradados, no Ponto 3 por exemplo, foi possível visualizar a presença de fezes de animais que pastam no local, dentro e fora d'água, além de mau odor.

O Ponto 5 também apresentou vazão muito reduzida, sobretudo nos meses de maio e junho, época de inverno, onde há baixas precipitações e diminuição da vazão. A baixa vazão de um corpo d'água faz com que ele fique mais vulnerável, pois pouca água representa menor capacidade para diluir os possíveis poluentes que o alcancem (INSTITUTO DE PESCA, 2014), o que faz com que fiquem mais disponíveis no meio aquático e conseqüentemente aos animais.

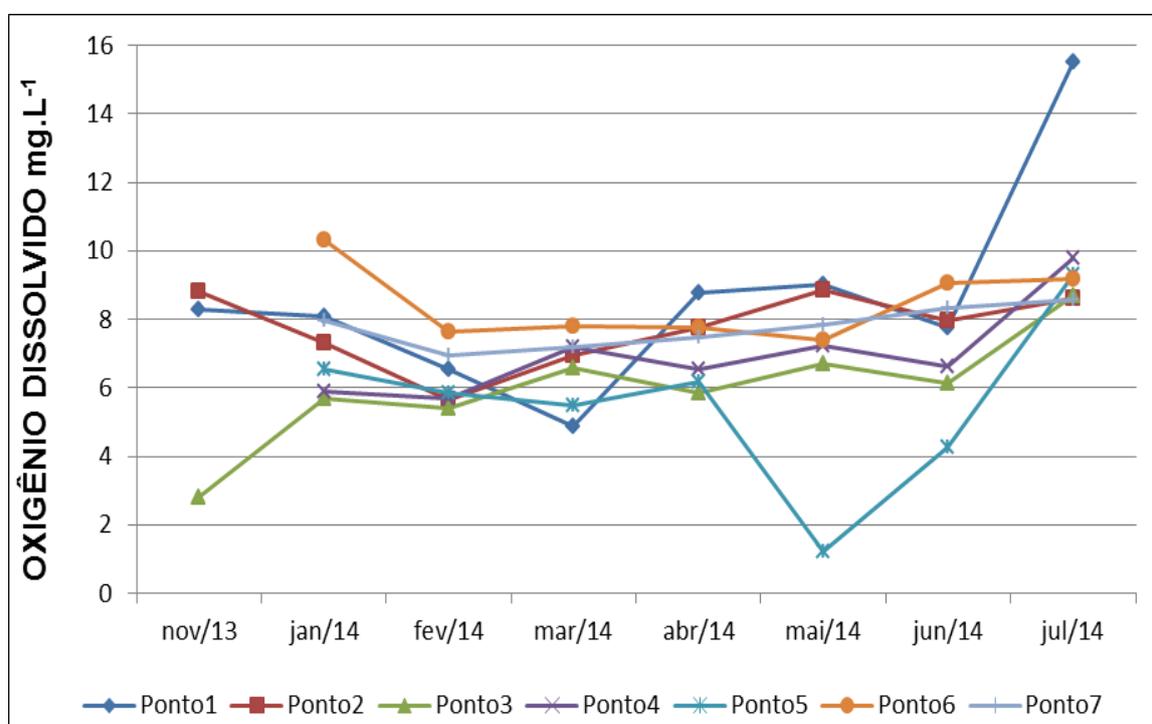


Figura 19 - Concentrações de oxigênio dissolvido (OD) nas águas superficiais de área agrícola no município de Brotas (SP), de novembro de 2013 a julho de 2014

O OD é um dos indicadores mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos, sobretudo pelos efeitos sobre a respiração dos organismos. Este gás está entre as variáveis limnológicas que apresentam as maiores variações diárias nas concentrações, uma vez que participa de muitos processos biológicos importantes, como o de fotossíntese e respiração e/ou decomposição de substâncias e organismos mortos (ESTEVES, 1998).

O nitrogênio é outro elemento importante no metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Os resultados de nitrogênio amoniacal obtidos por este estudo variaram em praticamente todos os pontos de águas superficiais. No entanto, todas as concentrações estavam dentro das exigências estabelecidas pela Resolução Conama 357 (RESOLUÇÃO CONAMA 357, 2005) que leva em consideração o valor do pH para a qualificação deste parâmetro, e também com a Portaria 2.914 (PORTARIA 2.914, 2011) que estipula a concentração de $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$ como valor máximo permitido. A maior concentração foi quantificada no Ponto 5 em junho de 2014, correspondendo a $1,05 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 20) com pH de 6,74.

As variações nas concentrações de nitrogênio amoniacal podem ser explicadas, sobretudo devido a pouca permanência desta substância no ambiente. As baixas concentrações detectadas não significam necessariamente a ausência de amônia no meio, porque uma das características deste composto é sua pronta absorção pelos animais, além de servir de nutriente para as plantas e bactérias, e assim não se acumulando na cadeia alimentar (CETESB, 2014d). Já nos pontos de águas subterrâneas não houve grandes variações nas concentrações de nitrogênio amoniacal. A maior concentração foi de $0,17 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 21), no entanto não foi possível uma qualificação já que a Resolução Conama 396 (RESOLUÇÃO CONAMA 396, 2008) não estabelece valores de referência para nitrogênio amoniacal em águas subterrâneas.

A amônia é considerada um composto tóxico, principalmente para os peixes, já que muitas espécies não toleram concentrações acima de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$. Ao ser oxidada pelos microrganismos a amônia provoca o consumo de oxigênio dissolvido nas águas, influenciando a dinâmica deste composto no meio aquático. Além disso, se estiver em concentrações elevadas pode causar graves efeitos, como interferir no transporte de oxigênio que é realizado pela hemoglobina afetando diretamente as células. Por isso a determinação da concentração de nitrogênio amoniacal é um importante parâmetro usado em índices de qualidade das águas (CETESB, 2014e).

É importante destacar que é natural a presença de nutrientes na água, já que fazem parte dos ciclos da natureza, sendo necessários para as atividades metabólicas dos organismos. No entanto, alguns nutrientes em excesso como a amônia e o nitrato são nocivos do ponto de vista ecológico. Tanto a amônia originada no solo, quanto a

proveniente de fertilizantes tende a ser rapidamente convertida em amônio que é convertido em nitrato por alguns microrganismos, e este é o principal responsável pela contaminação das águas por atividades agrícolas (REZENDE, 2002).

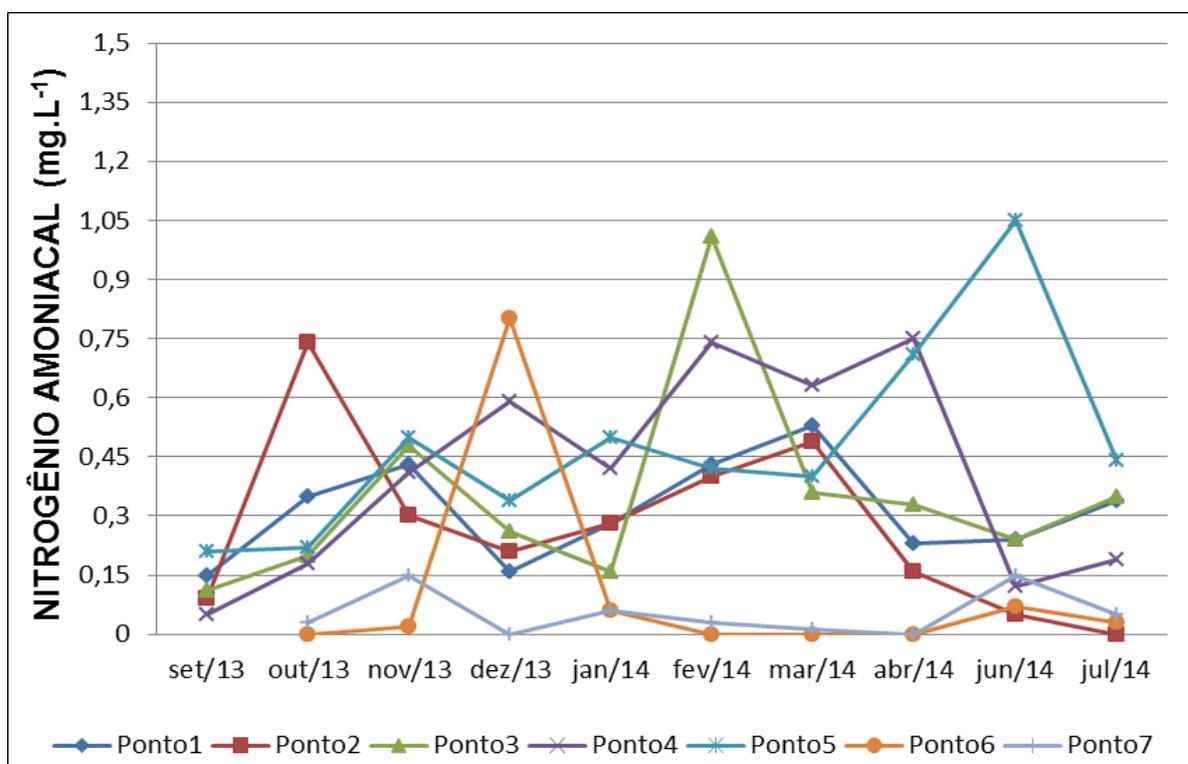


Figura 20 - Concentrações de nitrogênio amoniacal nas águas superficiais de área agrícola no município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014

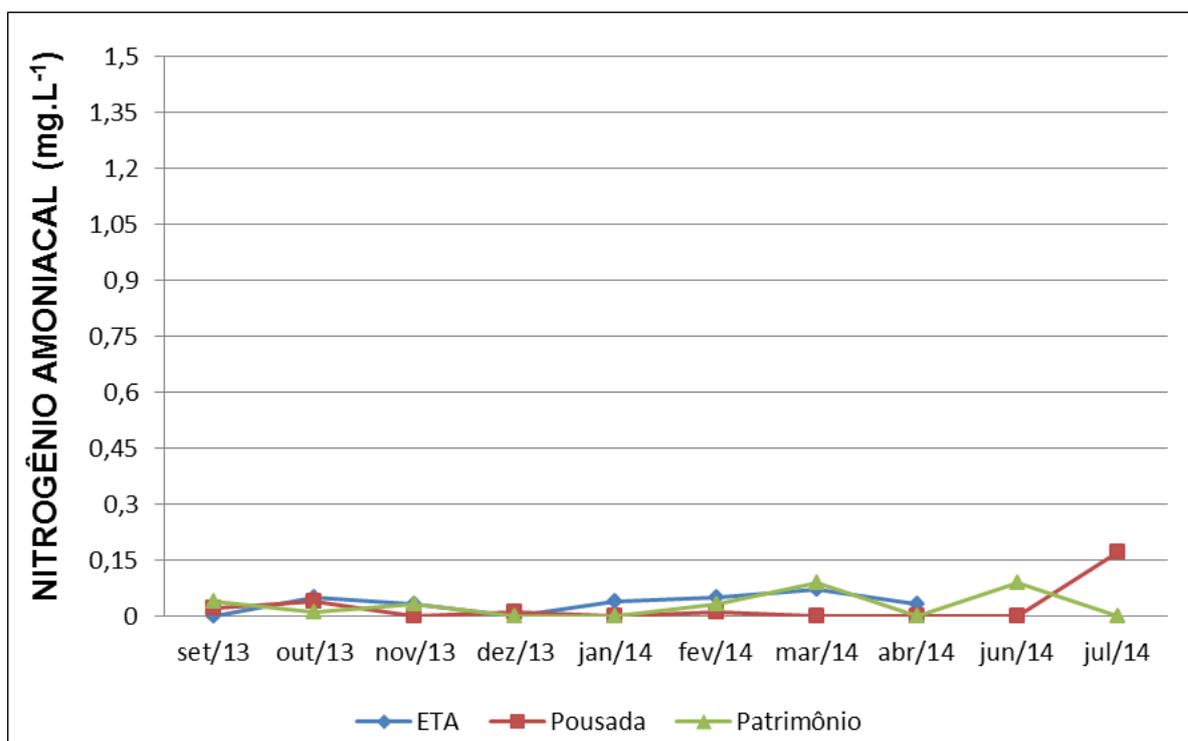


Figura 21 - Concentrações de nitrogênio amoniacal nas águas subterrâneas de área agrícola no município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014

As concentrações de nitrato e nitrito também estavam dentro dos limites estabelecidos pelas legislações em todos os pontos e meses amostrados. Ambos possuem valores estabelecidos pela Resolução Conama 357 (2005), pela Portaria 2.914 (2011), e ainda pela Resolução Conama 396 (2008). Os valores são de 10 mg.L^{-1} para o nitrato e de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para o nitrito. Nos pontos de coleta de águas superficiais as concentrações de nitrato variaram de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ a $2,96 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 22). Nos pontos de coleta de águas subterrâneas as concentrações de nitrato variaram de $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ a $3,5 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 23).

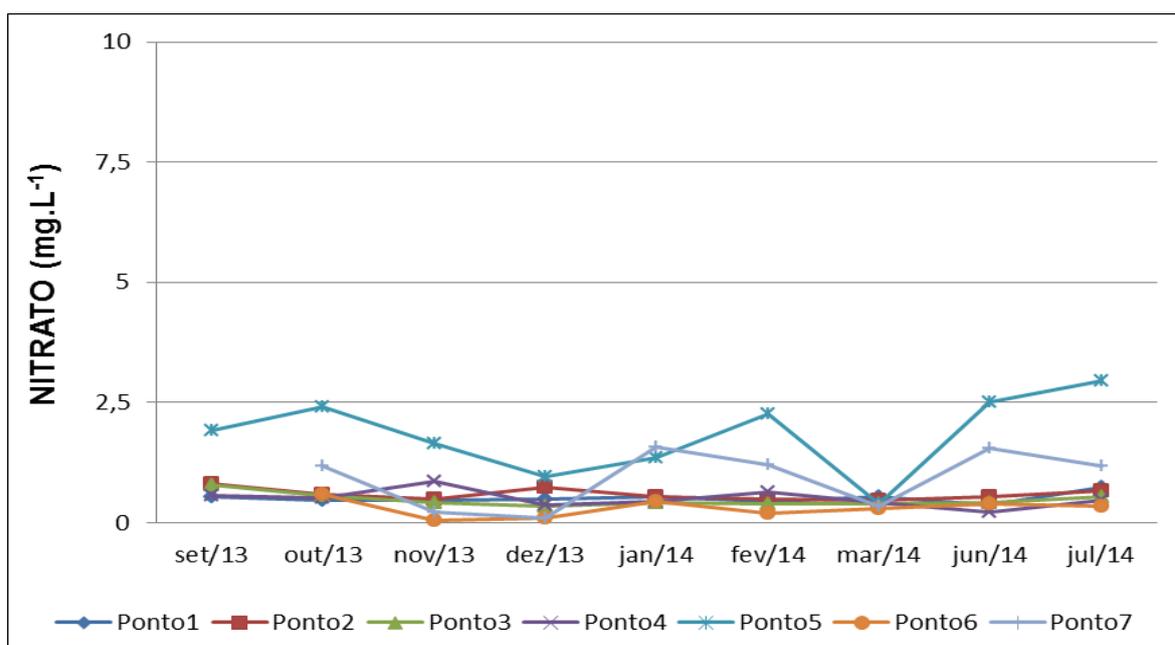


Figura 22 - Concentrações de nitrato nas águas superficiais de área agrícola no município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014

A importância do nitrato se deve à sua toxicidade já que pode causar doenças como a metahemoglobinemia infantil. Nesta doença, o nitrato é reduzido a nitrito na corrente sanguínea e compete com o oxigênio livre acarretando em alteração da hemoglobina do sangue, podendo levar crianças à morte. Já o nitrito é a fase intermediária entre a amônia, forma mais reduzida, e o nitrato que é a forma mais oxidada. É encontrado em baixas concentrações especialmente em ambientes oxigenados, e em elevadas concentrações em águas poluídas, sendo extremamente tóxico à maior parte dos organismos aquáticos (CETESB 2014e; ESTEVES, 1998).

As concentrações de nitrito foram sempre baixas. Em águas superficiais variaram de $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ a $0,143 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 24). Em águas subterrâneas as concentrações variaram de $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ a $0,016 \text{ mg.L}^{-1}$ (Figura 25). Para Rezende (2002) o uso de fertilizantes está dentre as principais atividades relacionadas com a perda da qualidade da água, pois os fertilizantes são compostos por nutrientes que em excesso

contaminam águas superficiais. Isso porque ao serem aplicados podem escoar pela superfície do solo, adentrando os recursos hídricos próximos aos locais desta aplicação. Por isso, o escoamento de água proveniente de solos fertilizados em áreas agrícolas é um importante contribuinte para a presença das formas de nitrogênio.

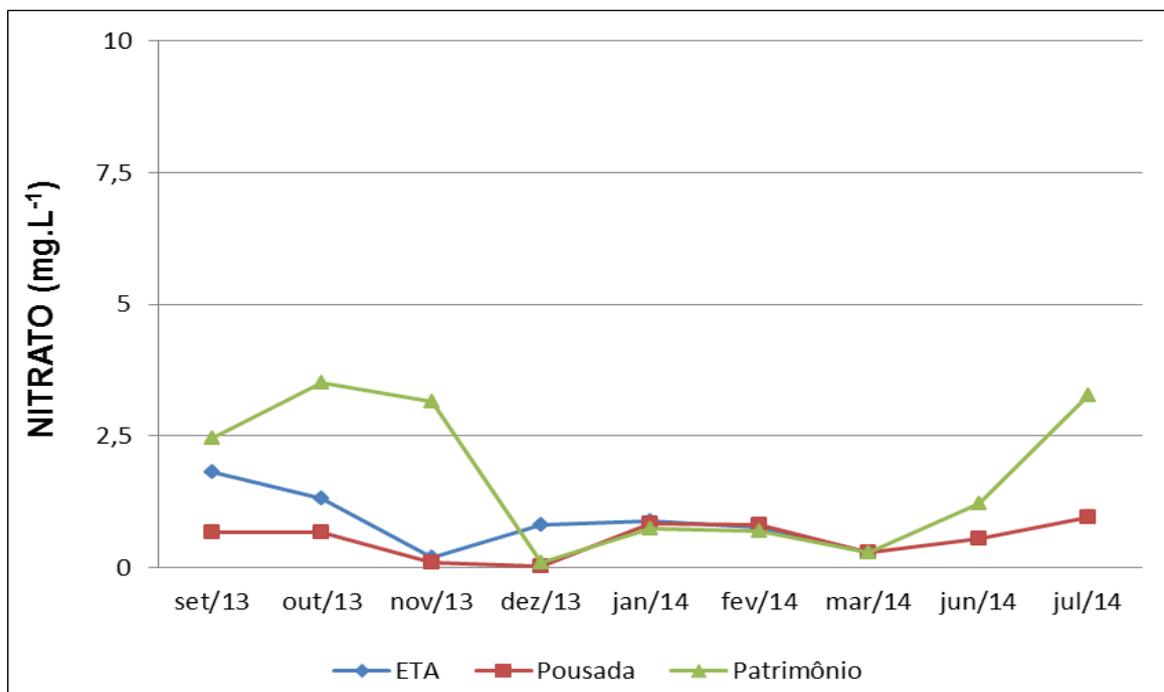


Figura 23 - Concentrações de nitrato nas águas subterrâneas de área agrícola no município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014

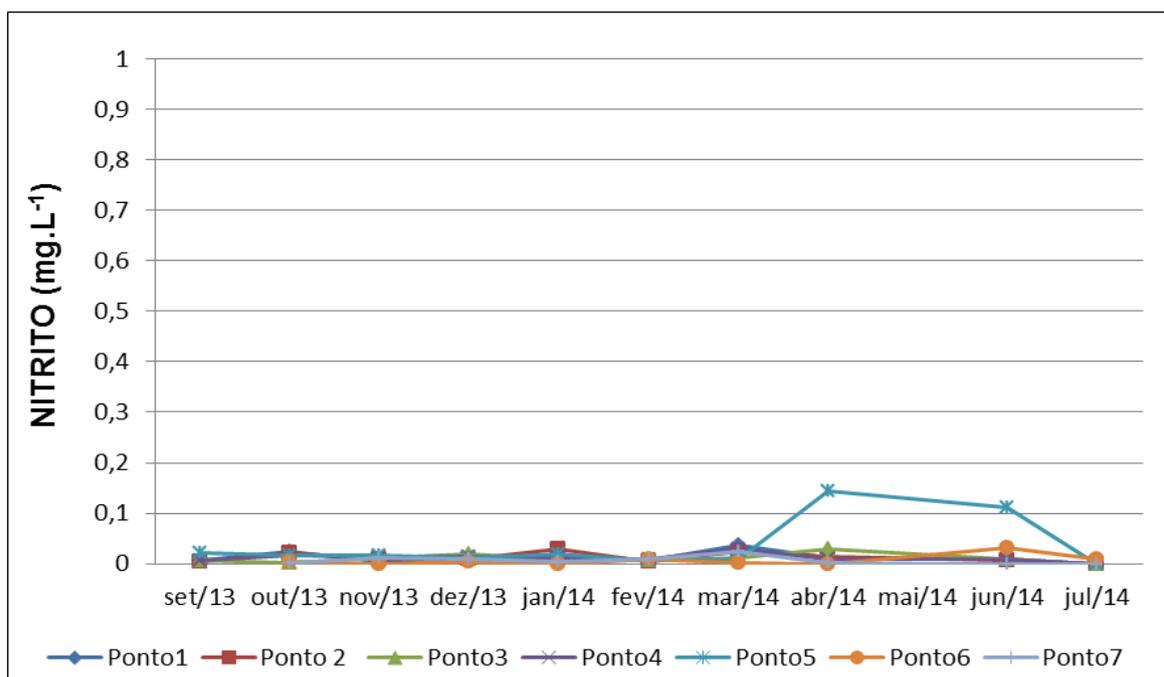


Figura 24 - Concentrações de nitrito nas águas superficiais de área agrícola no município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014

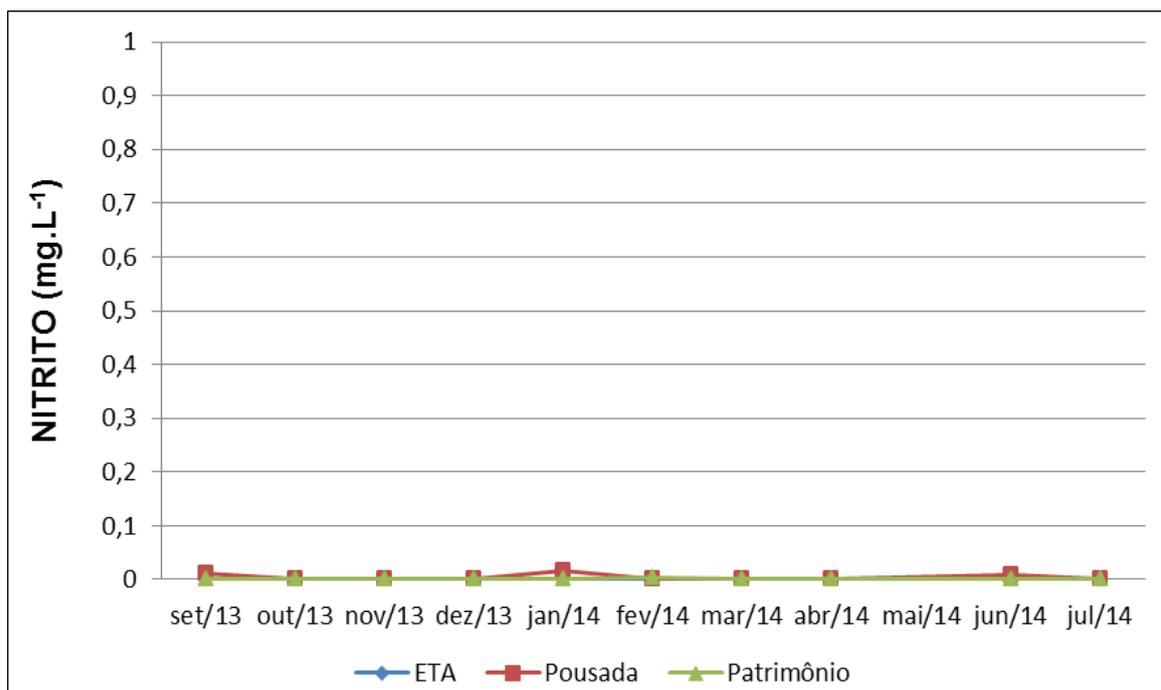


Figura 25 - Concentrações de nitrito nas águas subterrâneas de área agrícola no município de Brotas (SP), de setembro de 2013 a julho de 2014

Embora os aquíferos estejam mais protegidos, as águas subterrâneas podem ser contaminadas pelo processo de lixiviação que leva estes nutrientes pelo perfil do solo até o lençol freático (REZENDE, 2002). Embora pouco discutido na literatura brasileira, as águas subterrâneas também são importantes compartimentos para a ocorrência de vida. No Brasil, os estudos sobre temas relacionados aos impactos derivados da atividade agrícola e que incidem sobre as águas subterrâneas são pouco conhecidos. No entanto, sabe-se que o uso de adubos, por exemplo, foi um dos responsáveis pelas altas concentrações de nitrato que foram encontradas nas águas subterrâneas do sistema aquífero Bauru-Caiuá (ANA, 2005).

É importante destacar que a fauna bentônica é muito importante no processo de liberação de nutrientes para a coluna d'água, principalmente por meio da atividade mecânica que é realizada por estes organismos no sedimento. Além disso, a concentração de oxigênio influencia diretamente no ciclo de outros nutrientes (ESTEVES, 1998).

5.1.2. Quantificação dos agrotóxicos nas amostras de água

Os resultados das curvas de calibração e dos estudos da porcentagem de recuperação (Tabela 7) estavam de acordo com os limites estabelecidos pelo INMETRO

(2007). Nas figuras 26 e 27 apresentam-se os cromatogramas de padrões dos ingredientes ativos analisados nas amostras de água e de sedimento.

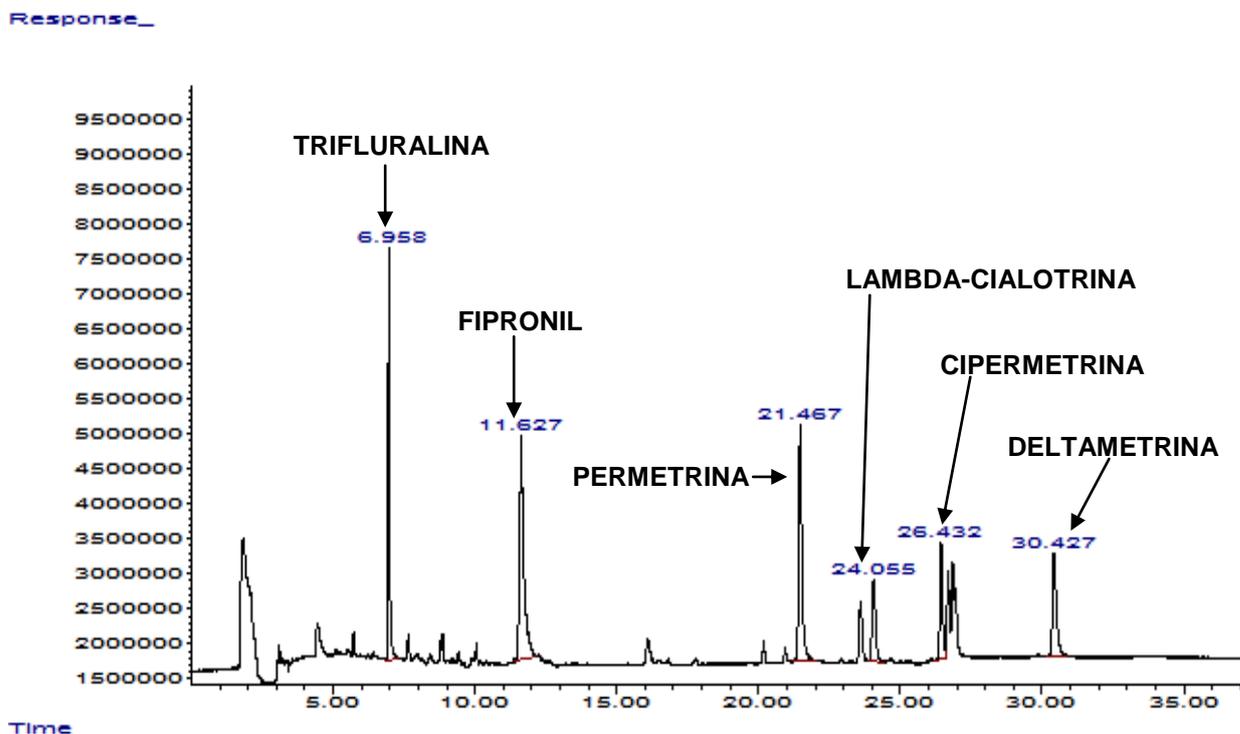


Figura 26 - Cromatograma de padrões analíticos dos agrotóxicos analisados por cromatografia a gás

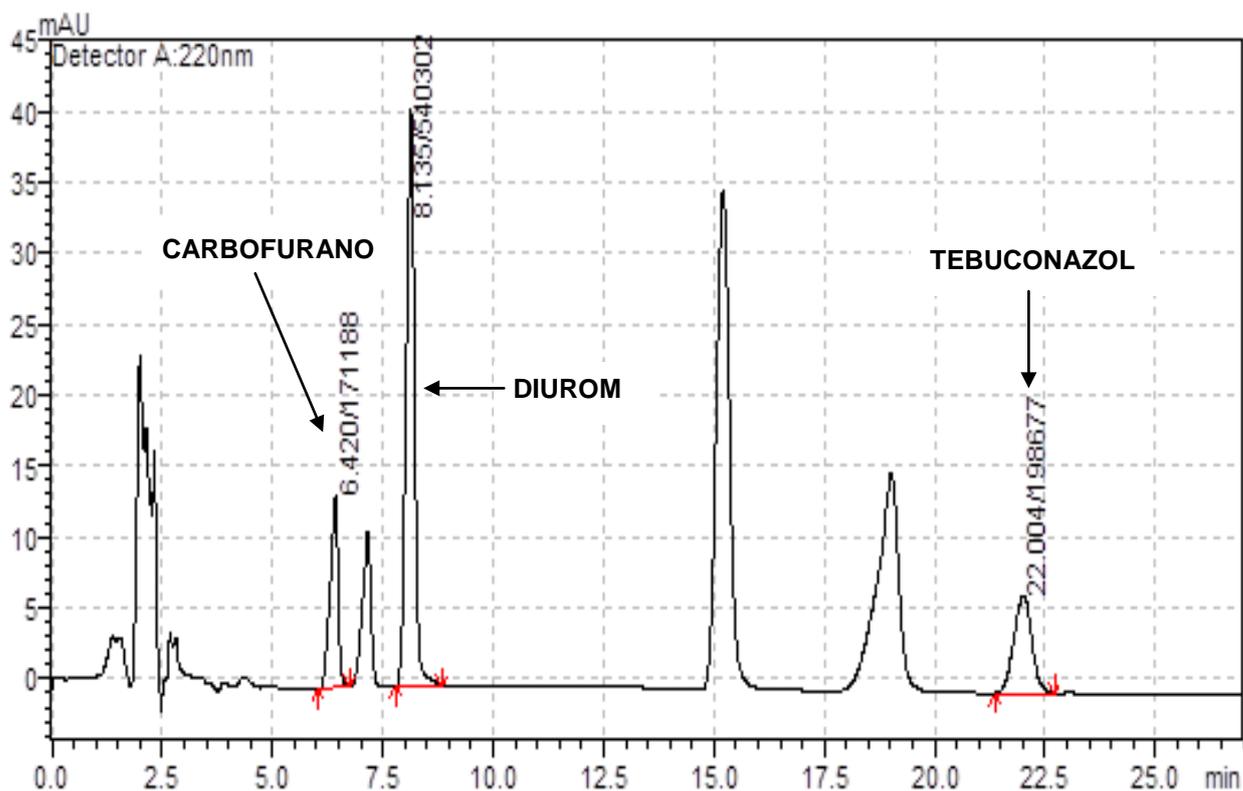


Figura 27 - Cromatograma de padrões analíticos dos agrotóxicos analisados por cromatografia líquida

Tabela 7 - Equação da reta, coeficiente de correlação, nível de fortificação, recuperação (%), desvio padrão e coeficiente de variação de cada ingrediente ativo monitorado na água

Ingredientes ativos	Equação da reta	r^2	Níveis de fortificação ($\mu\text{g. L}^{-1}$)	Recuperação Média (%)	Desvio padrão	Coeficiente de Variação
Carbofurano	$y = 33.568,24310x - 1.439,5838$	0,99	5,0	89	12	13
			0,1	83	9	11
Cipermetrina	$y = 234.342.185x - 51.830.939$	0,99	0,5	97	5	6
			1	75	3	5
			0,1	86	15	18
Deltametrina	$y = 146.295.607x - 11.785.535$	0,99	0,5	105	3	3
			1	81	6	7
Diurom	$y = 113.891,2069x - 9.387,6307$	0,99	5,0	90	11	12
			0,1	101	11	10
Fipronil	$y = 203.521.653x - 47.520.289$	0,94	0,5	86	3	4
			1	75	2	2
			0,1	92	11	13
Lambda-cialotrina	$y = 161.417.988x - 46.275.756$	0,96	0,5	105	6	6
			1	76	2	4
			0,1	83	7	9
Permetrina	$y = 125.651.765x - 18.107.592$	0,99	0,5	95	6	6
			1	75	2	3
Tebuconazol	$y = 57.923,9930x - 14.692,8020$	0,99	5,0	112	13	11
			0,1	81	10	13
Trifluralina	$y = 141.360.497x - 27.187.812$	0,99	0,5	78	5	6
			1	72	0,8	1

Os agrotóxicos carbofurano, diurom, lambda-cialotrina, tebuconazol e trifluralina não foram detectados em nenhuma das amostras analisadas. Os agrotóxicos cipermetrina, deltametrina e permetrina foram detectados em três dos 12 meses amostrados. Os pontos em águas subterrâneas não apresentaram contaminação em nenhuma amostragem. Por outro lado, nos pontos de águas superficiais, o Pontos 4 estava contaminado por Cipermetrina e Permetrina e o 5 por Cipermetrina, Deltametrina e Permetrina (Tabela 8).

Maier, Takino e Tolentino (1986) apontam que o caráter dendrítico de muitos afluentes do Rio Jacaré Pepira Mirim, facilita a diversificação das substâncias que chegam ao rio derivadas de ações humanas, como as práticas agrícolas que fazem o uso de fertilizantes e agrotóxicos. Para os autores, as características geológicas da bacia minimizam os possíveis impactos que incidem sobre a qualidade da água, e a aeração e a mistura da composição química da água que são promovidas nos trechos de corredeiras e cachoeiras podem justificar a conservação de tal condição da bacia. Além disso, neste mesmo ano os autores verificaram que o cultivo de cana-de-açúcar não interferia significativamente na qualidade da água (MAIER; TAKINO; TOLENTINO, 1986).

Os três agrotóxicos detectados possuem ação inseticida. A maior concentração quantificada foi de $0,55 \mu\text{g.L}^{-1}$ do deltametrina no ponto 5 em novembro de 2013. O cipermetrina, o deltametrina e o permetrina não são indicados para a cultura de cana-de-açúcar e sim para outras culturas, dentre elas o café e o citros, o qual inclui o cultivo de laranja que também é exercido pelos produtores locais.

Tabela 8 - Datas e quantidades de agrotóxicos detectados na água, Brotas (SP)

Meses	Pontos	Cipermetrina	Deltametrina	Permetrina
		$\mu\text{g.L}^{-1}$		
Outubro/2013	4	0,13	ND	0,14
Novembro/2013	5	0,14	0,55	0,08
Maio/2014	5	0,13	ND	ND

ND: Não detectado.

Vieira (2012) também avaliou a qualidade da água do ponto 6, e ao contrário dos resultados deste estudo, a autora observou amostras contaminadas com concentrações de cipermetrina de $0,13 \mu\text{g.L}^{-1}$ e $2,45 \mu\text{g.L}^{-1}$. É importante lembrar que este ponto corresponde ao Córrego Águas Claras que é responsável por 30% do abastecimento público da região, o que faz dela um importante recurso para a cidade e que, portanto merece atenção redobrada.

Serafim (2009) monitorou a qualidade da água quanto à presença de alguns agrotóxicos em área agrícola, dentre eles o carbofurano, o diurom e o tebuconazol, e verificou que os ingredientes ativos mais detectados durante o seu período de monitoramento foram o carbofurano e o tebuconazol. As maiores concentrações foram de $18,9 \mu\text{g.L}^{-1}$ de carbofurano, bem superior ao estabelecido pela legislação e de $4,2 \mu\text{g.L}^{-1}$ de tebuconazol, quantidade que está dentro do estabelecido pela legislação.

Santana (2014) avaliou os impactos ambientais em áreas de produção de banana em Registro (SP) e também detectou resíduos dos agrotóxicos carbofurano, diurom e

tebuconazol em suas amostras de água. No entanto, apenas o diurom apresentou concentrações acima do estabelecido pela legislação. Quanto ao carbofurano e o tebuconazol, ambos estavam dentro das exigências normativas brasileiras. Ao contrário de Rodrigues et al. (2014) de Viçosa (MG) que não detectaram agrotóxicos em nenhuma das amostras de água.

É importante ressaltar que todos os agrotóxicos foram quantificados fora do período de chuvas, oposto aos resultados obtidos por Vieira (2012) que quantificou resíduos de agrotóxico no final da primavera e o início do verão. Segundo a autora, neste período a quantidade de chuva é maior, o que conseqüentemente faz com que o número de aplicações de agrotóxicos também aumente, facilitando a contaminação do meio ambiente (VIEIRA, 2012).

Belluta et al. (2010) fizeram uma avaliação temporal e espacial quanto à presença de defensivos agrícolas no córrego do Cintra em Botucatu (SP) e detectaram concentrações dos piretróides cipermetrina e deltametrina acima do estabelecido pela legislação, variando de 0,003 a 0,11mg.L⁻¹. Para os autores, a elevada aplicação dos piretróides na agricultura se deve à sua eficiência como defensivo agrícola repelente de insetos e fácil degradabilidade (BELLUTA et al., 2010).

A legislação brasileira estabelece valores máximos permitidos para a presença de agrotóxicos em águas superficiais e subterrâneas, no entanto não menciona todos os agrotóxicos que são usados nas lavouras espalhadas pelo país. Dos ingredientes ativos quantificados neste estudo apenas o permetrina possui valor de 20 µg.L⁻¹ estabelecido pela Resolução Conama 396 (2008) e pela Portaria 2.914 (2011). Os resultados deste estudo estão, portanto, dentro dos limites estabelecidos pelas legislações.

O cipermetrina e o deltametrina que também foram detectados neste estudo, não são citados pelas legislações brasileiras. Para Vieira (2012) a ausência de todos os princípios ativos registrados no país nas legislações atrapalha os estudos de segurança ambiental, uma vez que impossibilita a classificação de aceitabilidade dos resultados. Devido a esta ausência de valores limites, usaram-se outros comparativos de qualidade para os agrotóxicos detectados, a CE₅₀/48 e a NOEC para *Daphnia magna*. A CE₅₀/48 se refere à concentração de uma dada substância capaz de afetar 50% dos organismos em um período de 48 horas de exposição (CETESB, 2015e), enquanto a NOEC (Non-Observed Effect Concentration) se refere a uma dada concentração que não tenha apresentado efeitos observáveis nos organismos a ela expostos (SILVA, 2005).

O *D. magna* é um organismo de água doce, considerado importante representante da biota aquática, sendo muito usado em ensaios laboratoriais que visam avaliar a condição dos recursos hídricos. É um microcrustáceo planctônico que mede de 5 a 6 milímetros de comprimento e que está amplamente distribuído no hemisfério norte,

atuando como consumidor primário na cadeia alimentar aquática (RUPPERT; BARNES, 1996; ABNT, 2004).

Embora o *D. magna* não seja uma espécie nativa do Brasil, é muito usada no país em testes ecotoxicológicos de qualidade dos ecossistemas aquáticos. Isso porque estes cladóceros tem um ciclo de vida curto, que facilita a obtenção de respostas toxicológicas em pequeno intervalo de tempo. O uso de organismos vivos na determinação da toxicidade de poluentes é muito útil, uma vez que os efeitos observados são realmente aqueles provocados pelas substâncias que estão biodisponíveis para estes animais (CETESB, 2002f; LAITANO; MATIAS, 2006).

Santos et al. (2012) avaliaram a contaminação por agrotóxicos de corpos d'água próximos a áreas agrícolas na Ilha de São Luís (MA), e verificaram a presença de compostos como o cipermetrina na concentração de $0,3 \mu\text{g.L}^{-1}$. É importante relembrar que o cipermetrina não é citado pelas legislações brasileiras, no entanto levando em consideração a $CE_{50/48}$ de cipermetrina para *Daphnia magna* a concentração detectada pelos autores já causaria algum efeito neste organismo.

As concentrações dos ingredientes ativos quantificadas nas amostras de água deste estudo não ultrapassaram a $CE_{50/48}$ para *Daphnia magna*. Isto não significa que as concentrações quantificadas não sejam capazes de causar algum efeito sobre estes organismos, isso porque como citado anteriormente, a $CE_{50/48}$ (Tabela 9) se refere às concentrações que podem causar efeitos em 50% dos organismos quando exposto por 48 horas, ou seja, efeitos agudos. Por outro lado, comparando as concentrações detectadas com a NOEC, observou-se que o cipermetrina e deltametrina ultrapassaram os valores das concentrações que foram observados em um estudo de toxicidade crônica (21 dias). Isto significa que as concentrações de cipermetrina e deltametrina detectadas neste estudo, poderiam causar efeitos caso estes animais ficassem expostos por um período de tempo maior.

Tabela 9 - Valores estabelecidos por diferentes legislações para os agrotóxicos avaliados

Agrotóxicos	CONAMA	CONAMA	PORTARIA	$CE_{50/48}$	NOEC*
	357/2005	396/2008	2.914/2011	<i>Daphnia magna</i>	
$\mu\text{g.L}^{-1}$					
Carbofurano	NE	7	7	9,4	8,0
Cipermetrina	NE	NE	NE	0,3	0,04
Deltametrina	NE	NE	NE	0,56	0,0041
Diurom	NE	NE	90	5700	96
Fipronil	NE	NE	NE	190	68
Lambda-cialotrina	NE	NE	NE	0,36	300
Permetrina	NE	20	20	0,6	#
Tebuconazol	NE	NE	180	2790	10
Trifluralina	0,2	20	20	245	51

NE: Não estabelecido; **International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC, 2015); #Concentração não mencionada

A contaminação ambiental pelo uso indiscriminado de agrotóxicos só vem crescendo, levando à preocupações quanto ao lançamento destas substâncias no meio ambiente. Por isso, devem ser adotados alguns cuidados quanto à toxicidade dos agrotóxicos aos organismos aquáticos. Tais cuidados se referem a sua aplicação, formação de resíduos e uma disposição final que seja adequada, de tal forma que não comprometa a qualidade do meio ambiente, sobretudo dos recursos hídricos (PAPINI, ANDREA, LUCHINI, 2014).

Neste contexto, os programas de monitoramento de agrotóxicos nos ecossistemas aquáticos são importantes, uma vez que descrevem a real condição da qualidade de águas tanto superficiais quanto subterrâneas. Tais programas permitem compreender se estas condições poderão ou não ser alteradas ao longo do tempo, reforçando assim as informações sobre o uso de agrotóxicos bem como os fatores ambientais que interferem na qualidade dos recursos hídricos (LUCHINI, 2005).

5.1.3. Caracterização, quantificação de agrotóxicos e matéria orgânica no sedimento

O Departamento de Ciências do Solo da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo, classificou o sedimento de todos os pontos como arenoso. O valores de pH variaram de 5,6 a 6,5, evidenciando o caráter ácido dos sedimentos da região. Quanto à matéria orgânica a maioria dos valores ficou abaixo do limite de quantificação que é 4 g.kg^{-1} (Tabela 10).

Tabela 10 - Caracterização dos sedimentos dos pontos amostrados coletados no início do estudo, Brotas (SP)

Pontos	pH (Água)	Matéria Orgânica	Areia Total	Silte	Argilas	Classe Textura
1	6,4	<4	971	17	12	Arenoso
2	6,5	<4	962	25	13	Arenoso
3	6	6	925	24	50	Arenoso
4	5,7	<4	896	29	75	Arenoso
5	6,1	<4	974	26	#	Arenoso
6	5,6	<4	944	31	25	Arenoso
7	5,8	<4	959	16	25	Arenoso

#: Não quantificado.

Na tabela 11 apresentam-se os resultados da quantificação de matéria orgânica que foi realizada mensalmente nos pontos 1, 2 e 3. Dos onze meses amostrados

apenas em um mês a quantidade de matéria orgânica foi menor no ponto 1 em relação ao ponto 2 e em quatro meses em relação ao ponto 3. Quanto ao ponto 2 a quantidade de matéria orgânica foi menor em relação ao ponto 3 em quatro amostragens.

A matéria orgânica presente no solo e/ou sedimento é um elemento que influencia a movimentação dos agrotóxicos. Isso porque os colóides orgânicos presentes nestes compartimentos tendem a comportar-se como um solvente para os agrotóxicos que se adsorvem tanto no solo quanto no sedimento. Neste contexto, quanto maior a adsorção do agrotóxico no solo menor a probabilidade de lixiviação ou de escoamento. No entanto quanto maior a solubilidade do agrotóxico maior é a tendência dele lixiviar (BRADY; WEIL, 2008).

Tabela 11 - Matéria orgânica quantificada mensalmente nos sedimentos dos pontos de coleta de águas superficiais 1, 2 e 3, Brotas (SP)

AMOSTRAGENS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
	g.kg ⁻¹		
Agosto / 2013	8	3	3
Setembro / 2013	10	5	4
Outubro / 2013	5	4	8
Novembro / 2013	13	5	6
Janeiro / 2014	5	4	9
Fevereiro / 2014	8	3	3
Março / 2014	5	5	5
Abril / 2014	2	2	4
Mai / 2014	5	5	4
Junho / 2014	5	5	1
Julho / 2014	2	7	4

Assim como nas amostras de água, os resultados das curvas de calibração e dos estudos da porcentagem de recuperação estavam de acordo com os limites estabelecidos pelo INMETRO (2007). Os resultados de cada parâmetro analisado estão dispostos na Tabela 12.

As amostras de sedimento não estavam contaminadas com nenhum dos agrotóxicos analisados. Tais resultados podem ser considerados promissores do ponto de vista ecológico. Isso porque estas substâncias no meio, sobretudo quando associadas a outras partículas, podem sofrer transformações se tornando mais ou menos tóxicas para a biota, incluindo os macroinvertebrados. Além disso, algumas substâncias podem migrar do sedimento para a coluna d'água, atingindo outros organismos (ARAÚJO et al., 2006).

Santos et al. (2012) também avaliaram a contaminação por agrotóxicos em amostras de sedimento de corpos d'água próximos a áreas agrícolas na Ilha de São Luís (MA), e assim como os resultados obtidos neste estudo, os autores não detectaram resíduos de agrotóxicos nas amostras. Tais resultados podem estar relacionados à degradação física, química e microbiológica que ocorrem nesse compartimento ambiental (SANTOS et al.; 2012).

Tabela 12 - Equação da reta, coeficiente de correlação, nível de fortificação, recuperação (%), desvio padrão e coeficiente de variação de cada ingrediente ativo monitorado no sedimento

Ingredientes ativos	Equação da reta	r ²	Níveis de fortificação (µg. L ⁻¹)	Recuperação Média de (%)	Desvio padrão	Coeficiente de variação
Carbofurano	y = 29.549x - 307,5312	0,99	0,5	115	4	4
			0,7	112	8	7
			6	81	11	13
Cipermetrina	y = 115.288.861x - 13.643.184	0,99	0,1	82	9	10
			0,3	83	5	6
			0,5	81	2	2
Deltametrina	y = 133.190.398x - 292.550	0,99	0,1	79	4	5
			0,3	77	5	6
			0,5	93	3	3
Diurom	y = 113.592x - 15.570	0,99	0,5	111	2	2
			0,7	103	8	8
			6	75	7	9
Fipronil	y = 300.103.791x - 64.091.521	0,98	0,1	86	10	12
			0,3	87	14	16
			0,5	98	3	3
Lambda-cialotrina	y = 231.736.195x - 62.200.567	0,99	0,1	97	9	9
			0,3	93	4	5
			0,5	85	3	3
Permetrina	y = 84.642.318x - 18.348.022	0,99	0,1	92	4	5
			0,3	77	1	2
			0,5	72	2	3
Tebuconazol	y = 67.736x - 34.429	0,99	0,5	112	10	9
			0,7	112	7	7
			6	76	6	8
Trifluralina	y = 186.356.909x - 45.594.002		0,3	73	3	4
			0,5	73	2	3

As legislações brasileiras ainda não estabelecem valores máximos permitidos para agrotóxicos no sedimento. Para Araújo et al. (2006) os sedimentos estão sendo cada vez mais usados em estudos de avaliação da qualidade dos recursos hídricos. Os métodos que têm sido empregados neste tipo de avaliação são os físicos e químicos,

análises da estrutura da comunidade macrobentônica e testes de toxicidade que têm por finalidade avaliar os possíveis efeitos dos poluentes na biota que habitam este compartimento.

Neste contexto, Silva (2005) chama a atenção para o fato da maioria dos estudos realizados medirem os efeitos das substâncias químicas apenas em organismos presentes na água, deixando de lado o estudo desses contaminantes no sedimento. Isso porque grande parte das substâncias lançadas no meio além de serem carregadas para os rios, dissolvendo-se ou não na água, podem também precipitar no fundo dos rios e, conseqüentemente, nos sedimentos. O destino de todo material do ambiente, seja ele de origem natural ou antrópico é o sedimento, que pode servir como local de depósito e fonte de contaminantes para os organismos e a água.

5.2. Biomonitoramento

5.2.1. Abundância e diversidade

Ao todo foram identificados 5.920 macroinvertebrados distribuídos em 73 *taxa* (Tabela 13). Os insetos representaram à maioria, com 5.766 indivíduos e percentual de 97% (Figura 28), distribuídos nas ordens Blattodea, Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Lepidoptera, Megaloptera, Odonata, Plecoptera e Trichoptera. Outros grupos também foram encontrados como Acari, Anellida, Colembolla, Crustacea e Mollusca, no entanto a identificação dos organismos só foi possível até estes níveis taxonômicos.

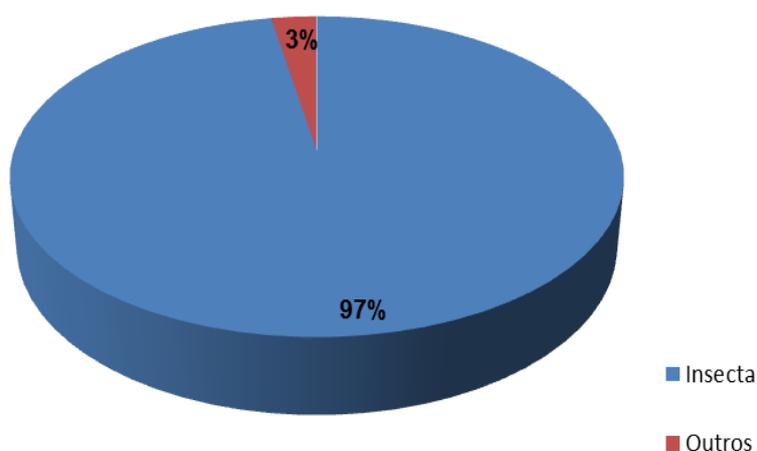


Figura 28 - Abundância (%) dos macroinvertebrados coletados nos Pontos 1, 2 e 3 em cursos d'água em Brotas (SP)

Tabela 13 - Diversidade e abundância dos organismos coletados nos Pontos 1, 2 e 3 em Brotas (SP)

CLASSE/ORDEM	FAMÍLIA	ABUNDÂNCIA		
		PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
Coleoptera	Curculionidae	1	1	4
	Dryopidae	6	3	3
	Dytiscidae	14	49	12
	Elmidae	10	49	6
	Gyrinidae	2	8	3
	Halplidae	1	3	0
	Heteroceridae	0	4	0
	Hydraenidae	1	58	2
	Hydrochidae	1	22	6
	Hidrophilidae	6	7	79
	Lampyridae	2	0	1
	Lutrochidae	1	1	0
	Noteridae	2	1	1
	Psephenidae	1	9	2
	Scirtidae	2	1	0
Sphaeriusidae	26	0	6	
Staphylinidae	2	4	0	
Diptera	Chironomidae	147	212	240
	Culicidae	3	4	6
	Dixidae	71	79	43
	Empididae	0	0	1
	Simuliidae	106	180	202
	Tabanidae	0	1	0
	Tipulidae	6	1	1
Ephemeroptera	Caenidae	0	2	9
	Baetidae	190	144	548
	Leptohyphidae	13	29	71
	Leptophlebiidae	1	103	0
Hemiptera	Belostomatidae	8	9	14
	Corixidae	12	1	159
	Gelastocoridae	1	2	0
	Gerridae	102	40	16
	Hebridae	1	4	2
	Pleidae	0	0	3
	Veliidae	113	170	168
	Mesoveliidae	1	8	1
	Naucoridae	98	73	71
	Nepidae	0	14	0
Notonectidae	33	53	0	
Lepidoptera	Crambidae	0	11	2
	Noctuidae	0	0	2
	Pyrilidae	0	0	2
Megaloptera	Corydalidae	5	16	1
	Sialidae	0	0	1
Odonata	Aeshnidae	11	12	7
	Calopterygidae	24	51	126
	Coenagrionidae	111	30	235
	Corduliidae	71	63	35
	Gomphidae	13	108	18
	Libellulidae	64	57	124
Plecoptera	Perlidae	4	36	9
	Gryopterygidae	3	5	0
Trichoptera	Calamoceratidae	1	4	0
	Ecnomidae	3	1	3
	Glossosomatidae	0	23	2
	Hydrobiosidae	1	0	0
	Hydropsychidae	25	24	233
	Hydroptilidae	1	7	23
	Limnephilidae	0	1	0
	Leptoceridae	39	33	0
	Odontoceridae	23	10	5
	Philopotamidae	0	9	0
Polycentropodidae	0	11	5	
Acari / Hidracarina		8	16	21
Anellida		1	5	9
Crustacea / Isopoda		1	1	0
Molusca	Glossiphonidae	6	8	53
	Lymnaeidae	1	0	0
	Physidae	5	5	6
	Planorbidae	1	0	0
	Sphaeriidae	0	0	1
Colembolla	Entomobryidae	3	1	2
Blattodea	Blaberidae	2	6	1
TOTAL DE ORGANISMOS POR PONTO		1411	1903	2606
TOTAL GERAL			5920	

Santana (2014) ao avaliar a abundância e diversidade da comunidade macrobentônica em áreas de cultivo de banana próximas ao rio Etá localizado no Vale do Ribeira observou um total de 17.312 indivíduos. A Classe Insecta também foi a mais abundante, correspondendo a 95,7% do total da amostra, totalizando 16.577 indivíduos distribuídos em 64 famílias.

Os insetos são essenciais para as comunidades bióticas e cada espécie ocupa um nicho único e um modo de existência particular que são definidos pelo lugar onde habitam e pelo que consomem. São importantes membros das pirâmides ecológicas em função da quantidade de organismos presentes nas populações de cada espécie e, por isso, sua inexistência levaria provavelmente a uma redução de outros níveis tróficos nas comunidades (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011).

Os insetos aquáticos representam 90% da fauna de invertebrados que ocorrem nos ambientes de água doce. É um grupo diversificado que tem em comum a permanência no ambiente aquático durante algum estágio do seu desenvolvimento, exercendo uma importante função nos diferentes processos ecológicos. Além disso, os insetos são excelentes indicadores da qualidade ambiental, sobretudo devido a sua grande diversidade, abundância, além de suas adaptações a mudanças que ocorrem constantemente no meio aquático, e por isso são usados no biomonitoramento da condição dos recursos hídricos (HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2014).

Para Hamada, Nessimian e Querino (2014) o uso dos insetos na avaliação da qualidade ambiental se dá pela capacidade e diversidade de respostas que estes animais apresentam aos impactos antrópicos, já que possuem diferentes estratégias frente às alterações que ocorrem no ambiente aquático. O comportamento, a morfologia e a fisiologia de um inseto é que irão influenciar na adaptação destes animais a regiões mais ou menos protegidas. Em um mesmo rio insetos bentônicos que habitam áreas erodidas, por exemplo, raramente são capazes de habitar por um longo período áreas de deposição de matéria orgânica. Por outro lado, insetos de áreas de deposição dificilmente conseguem viver em áreas erodidas (HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2014).

O lugar onde um inseto aquático vive, assim como a velocidade da correnteza das águas e, no caso dos insetos bentônicos, o tipo do substrato é que irão influenciar no modo de vida destes animais. Por meio da associação desses elementos é possível classificar funcionalmente os insetos aquáticos. No entanto, a classificação funcional dependerá do estágio de desenvolvimento no qual o inseto se encontra e do período ou da atividade que ele está realizando (HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2014).

O Ponto 3 (Rio Ribeirão Tamanduá) foi o que apresentou a maior porcentagem (Figura 29) de organismos. A maior abundância de macroinvertebrados no Ponto 3 pode

ser explicada sobretudo devido à ocorrência de macrófitas no local que são consideradas organismos influentes na abundância de macroinvertebrados bentônicos (FONSECA 2011; LOPES et al.; 2011).

Fonseca (2011) avaliou os efeitos de macrófitas sobre os macroinvertebrados de córregos tropicais e verificou que a presença destas plantas influenciou de modo significativo a composição de espécies e a abundância total de organismos. As elevadas abundâncias foram registradas em locais com a presença de macrófitas. Para o autor as macrófitas tem um importante papel como abrigo para a comunidade macrobentônica.

Lopes et al. (2011) avaliaram a estrutura da comunidade dos macroinvertebrados bentônicos associados às raízes de uma espécie de macrófita e verificaram que as raízes mais densas destes vegetais favorecem a captação de alimento por parte da comunidade macrobentônica e ainda servem de abrigo para os animais. Para as autoras a disposição da comunidade está relacionada com a variação de biomassa das raízes, o que mostra que a estrutura e características do hábitat são importantes elementos para o estabelecimento dos macroinvertebrados.

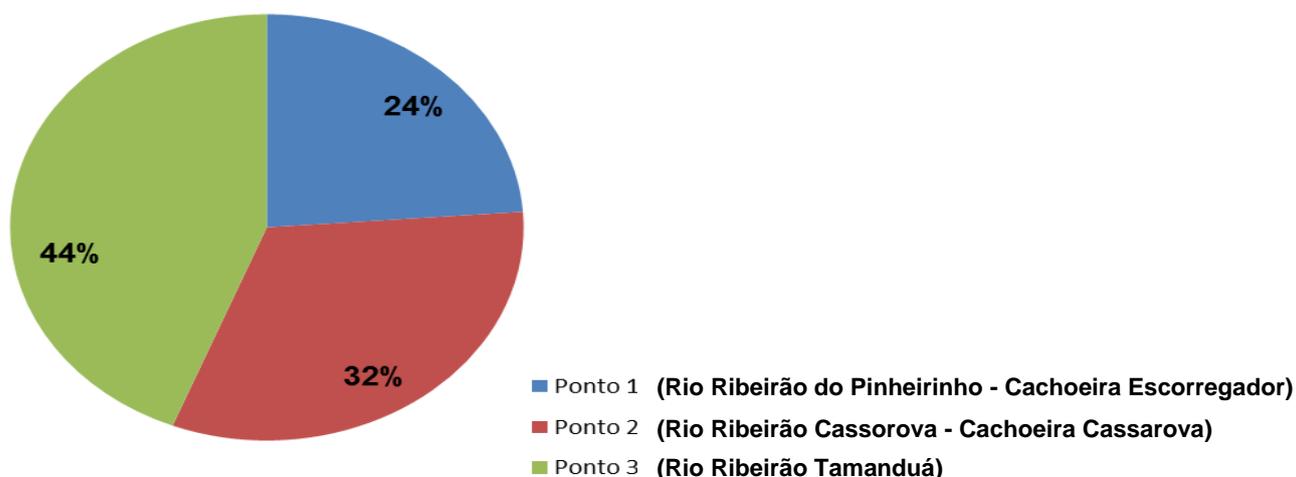


Figura 29 - Abundância (%) de organismos coletados nos Pontos 1, 2 e 3 em Brotas (SP)

A diversidade dos organismos nos três pontos amostrados foi semelhante. Os pontos apresentaram poucos grupos com alta frequência, nos Pontos 1 e 3 por exemplo, a família Baetidae apresentou o maior número de indivíduos, enquanto que no Ponto 2 a maior quantidade de organismos foi representada pela família Chironomidae (Figuras 30, 31 e 32).

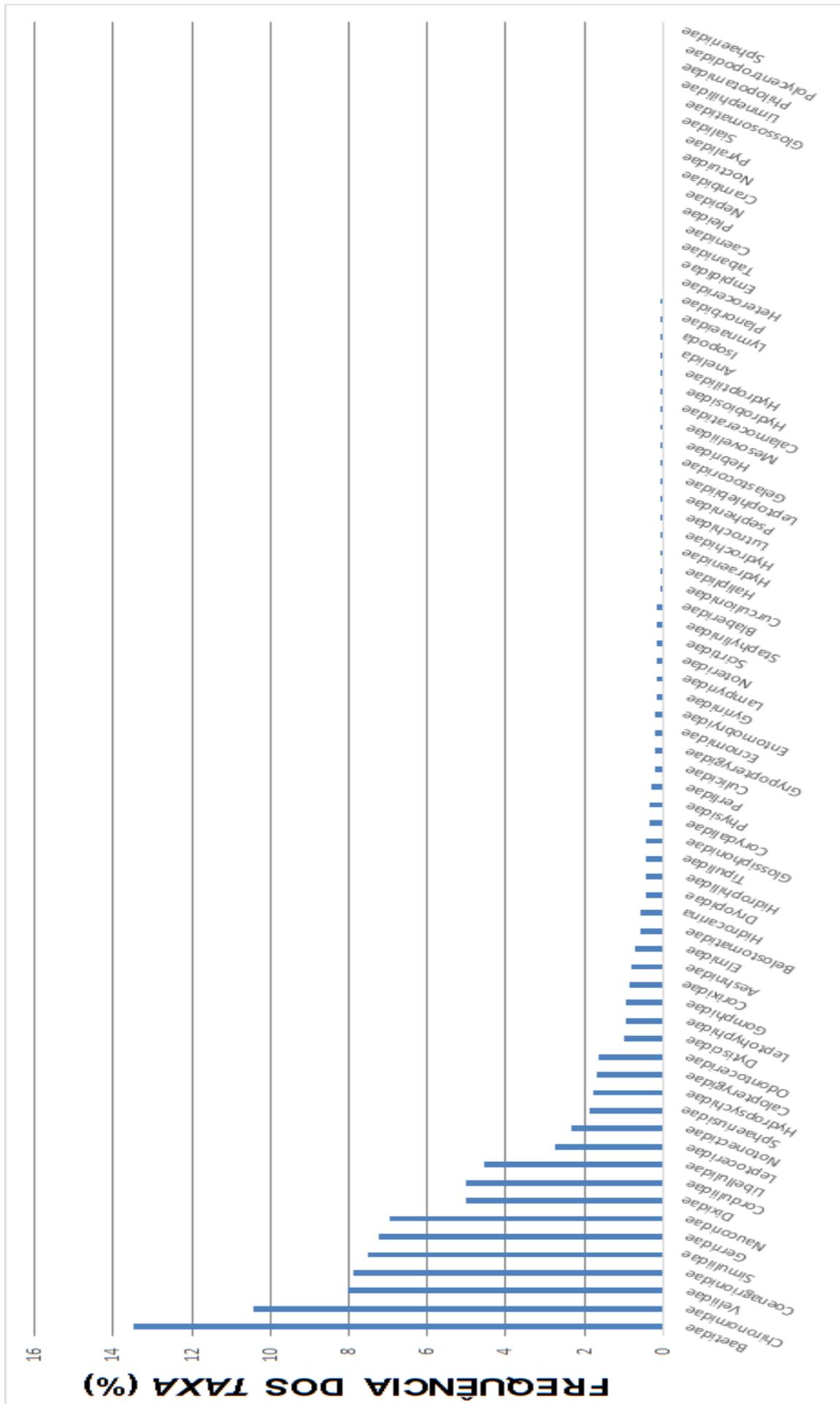


Figura 30 - Frequência de cada táxon encontrado no Ponto 1 (Rio Ribeirão do Pinheiro) ordenado por abundância decrescente

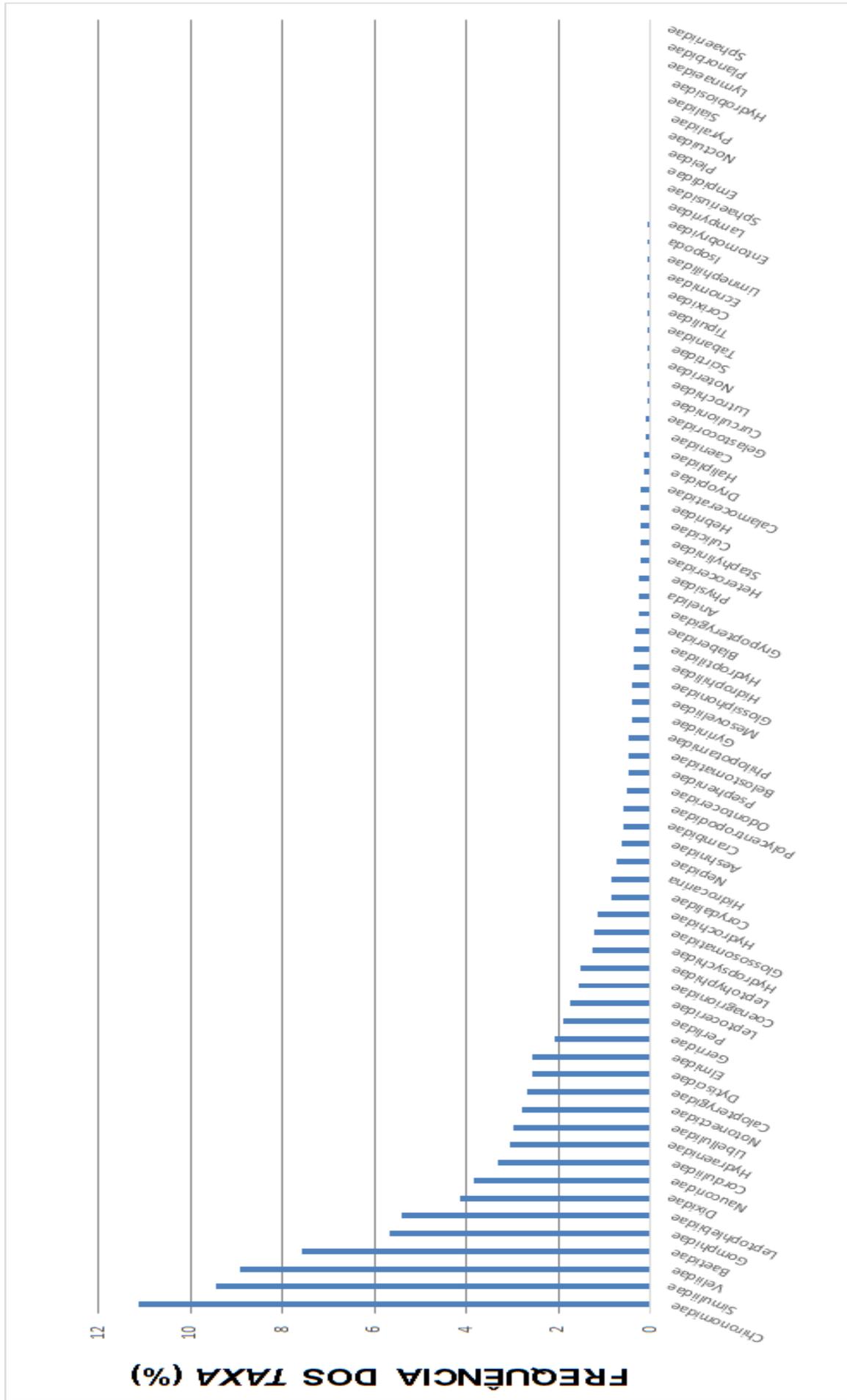


Figura 31 - Frequência de cada táxon encontrado no Ponto 2 (Rio Ribeirão Cassorova) ordenado por abundância decrescente

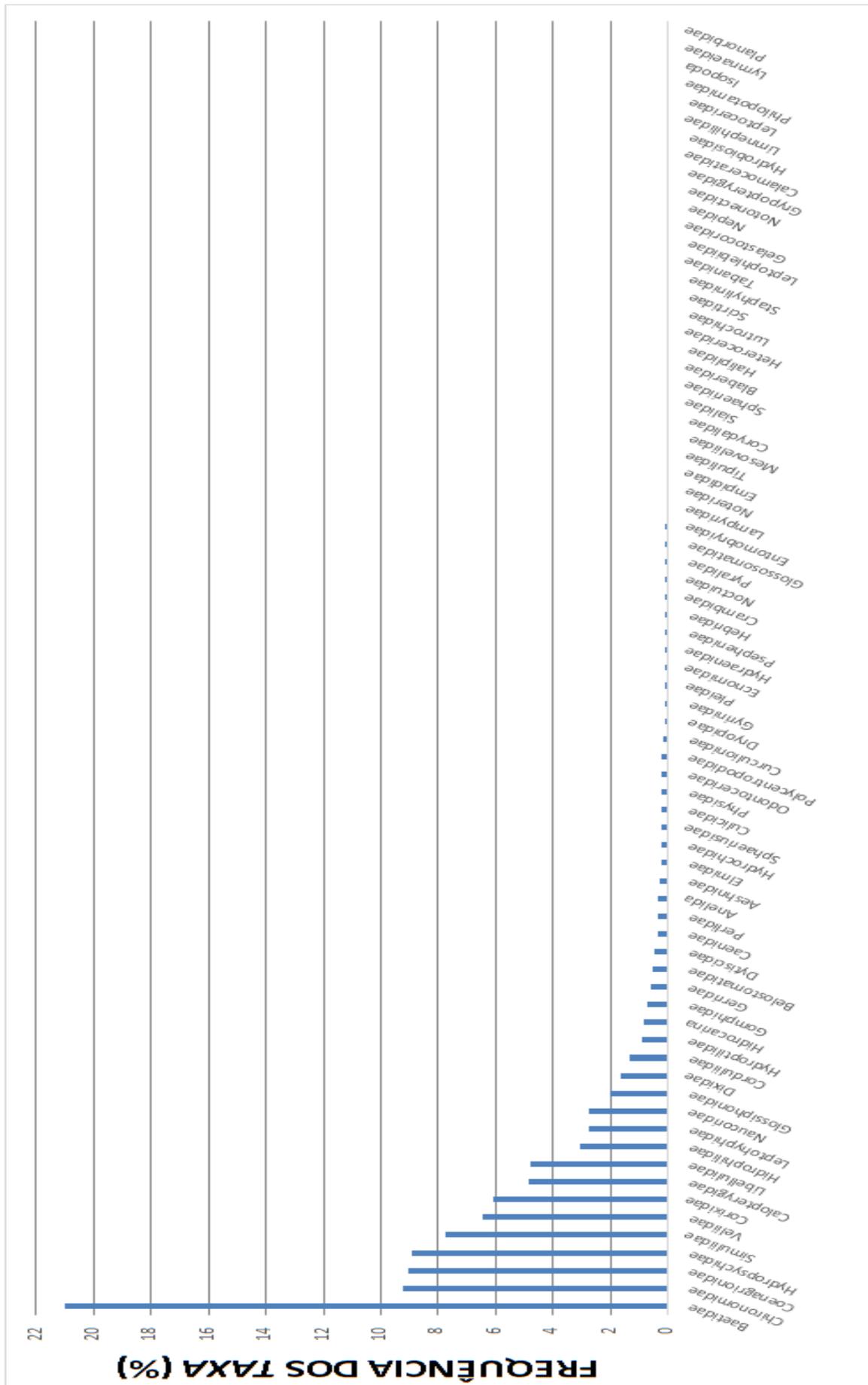


Figura 32 - Frequência de cada táxon encontrado no Ponto 3 (Rio Ribeirão Tamanduá) ordenado por abundância decrescente

As ordens mais abundantes (Figura 33) foram Diptera (1.303), Hemiptera (1.177), Odonata (1.160) e Ephemeroptera (1.110). A família Baetidae foi a que apresentou o maior número de ephemeropteros (882), seguido de Chironomidae representando um total de 599 dípteros e de Veliidae com 451 hemípteros. Na Figura 33 são apresentadas as porcentagens dos respectivos grupos de macroinvertebrados.

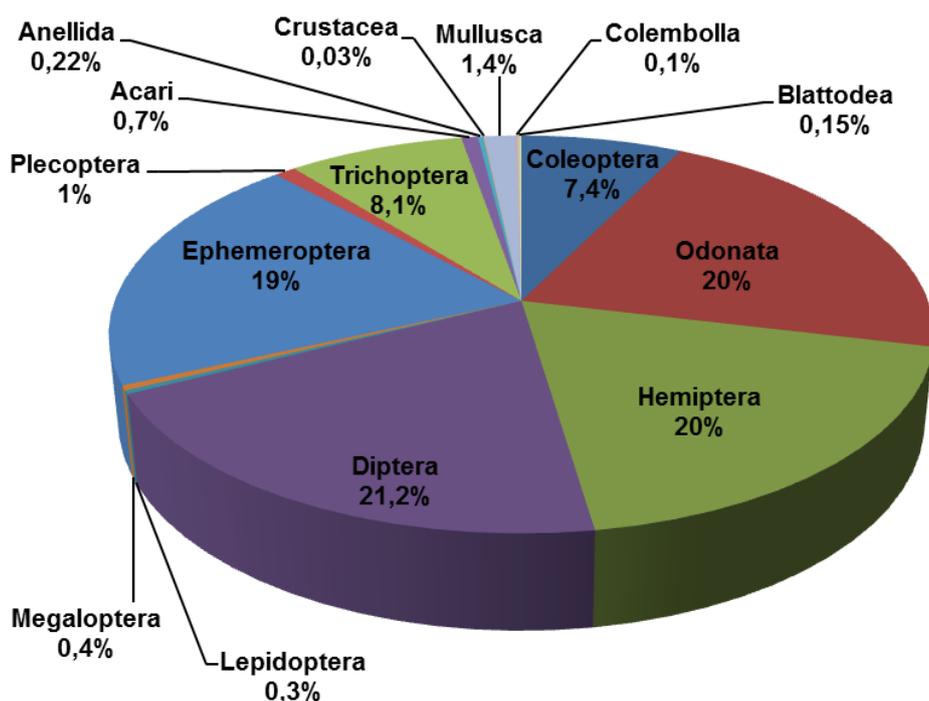


Figura 33 - Abundância (%) de cada táxon encontrado nos Pontos 1, 2 e 3 em Brotas (SP)

Embora o Ponto 3 tenha apresentado a maior abundância de organismos, foi o de menor riqueza, uma vez que apresentou ao todo 54 *taxa* dos 73 identificados neste estudo. A riqueza de indivíduos foi maior no Ponto 2 (Ribeirão Cassorova) que apresentou 62 *taxa* diferentes, seguido do Ponto 1 (Ribeirão do Pinheiro) com 58 *taxa* (Tabela 14).

A diversidade de organismos indicados pelo índice de N_2 de Hill foi relativamente menor do que pelo índice de Shannon-Wiener (Tabela 14). Isto provavelmente deve à metodologia atribuída a cada um dos dois descritores. Enquanto o primeiro dá pouca importância às espécies raras, no segundo as espécies com frequências intermediárias têm maior contribuição. Os valores de equitatividade também se mostraram baixos, confirmando o comportamento observado nas Figuras 30, 31 e 32, onde é possível observar poucos *taxa* dominantes.

Tabela 14 - Riqueza (S), diversidade (N_2 de Hill e H' de Shannon-Wiener) e equitatividade ($E_{1/d}$) para os macroinvertebrados coletados nos Pontos 1, 2 e 3, Brotas, SP

Pontos	Descritores			
	S (<i>taxa</i>)	N_2 de Hill	H' de Shannon-Wiener %	$E_{1/d}$
1	58	25,52	74,77	25,51
2	62	30,60	80,28	30,60
3	54	20,35	70,37	20,63

Na análise de agrupamento considerando o ambiente amostrado notou-se que há grande similaridade entre a fauna encontrada na vegetação e no sedimento, que diferem daquela encontrada nas pedras (Figura 34). E considerando as amostras por ponto e mês de coleta, com um corte de 40% de similaridade, foram observados cinco agrupamentos.

O primeiro agrupamento foi formado pelos meses de outubro e novembro do Ponto 1 e outubro a março do Ponto 2. O segundo formado por janeiro e fevereiro do Ponto 1. O terceiro formado por abril e maio do Ponto 1, abril e junho do Ponto 2 e outubro do Ponto 3. O quarto agrupamento formado por setembro dos pontos 1, 2 e 3 e julho do Ponto 3. E o quinto agrupamento formado pelas amostras restantes (Figura 35).

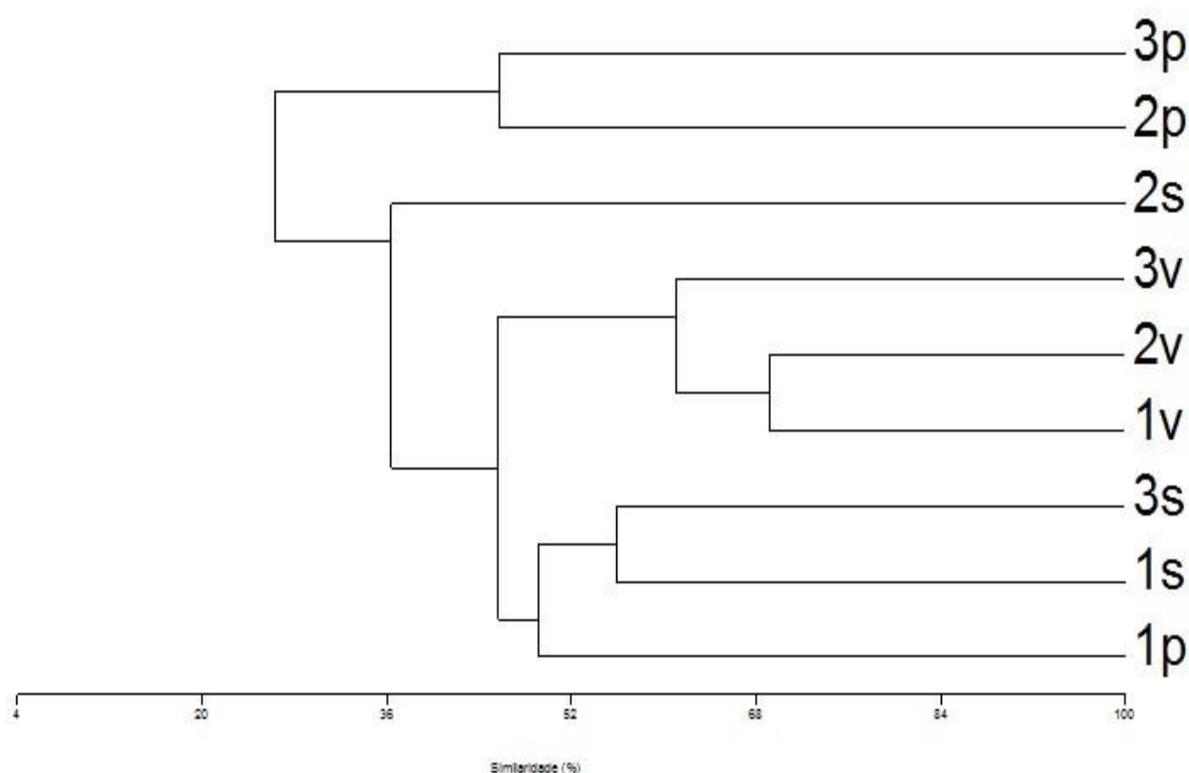


Figura 34 - Dendrograma referente à análise de agrupamento entre os pontos de coleta e os ambientes. (Números: pontos de coleta; Letras: p = pedras, v = vegetação e s = sedimento)

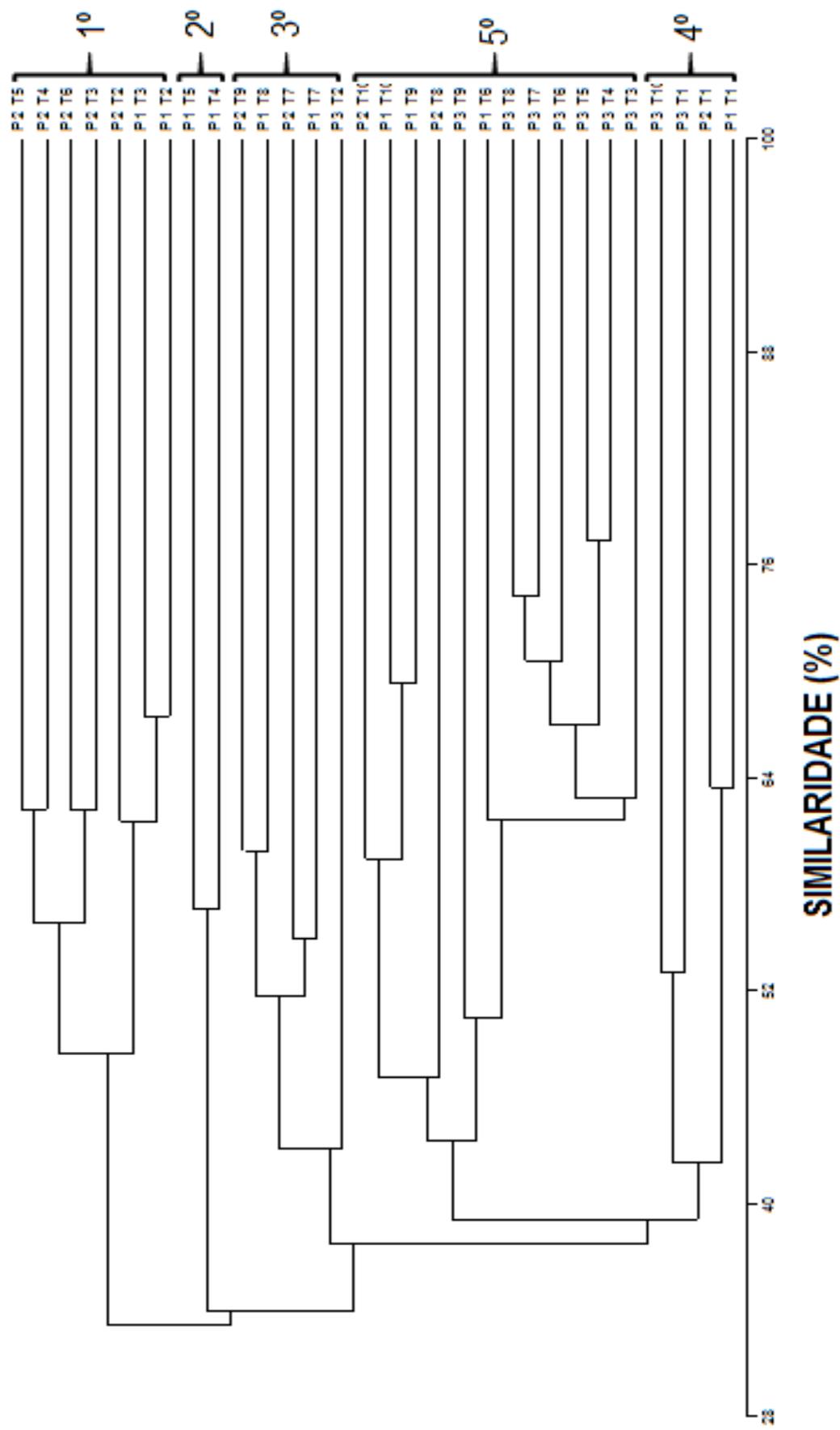


Figura 35 - Dendrograma referente à análise de agrupamento entre os pontos de coleta e as datas de coleta. Os pontos P1, P2 e P3 se referem aos pontos de coleta e o T seguido do mero se refere à data com 1 iniciando em setembro de 2013 até 10, em julho de 2014 (Em dezembro não houve coleta)

Vale destacar que a abundância de organismos variou entre as estações do ano. De acordo com a sazonalidade verificou-se que a maior quantidade de organismos foi encontrada no outono (Figura 36), correspondendo com um total de 2.313 indivíduos, que é um número bem maior em relação às outras estações do ano (1.002 indivíduos no inverno, 1.202 na primavera e 1.403 no verão).

A alta abundância de indivíduos no outono não teve nenhuma correlação com os outros resultados obtidos neste estudo, o que dificulta a interpretação. No entanto, existem muito fatores que poderiam influenciar esta alta abundância, como falta de predadores naturais, falta de chuvas que poderiam carregar estes animais involuntariamente para outros locais, alta disponibilidade de alimento para a ocorrência da comunidade macrobentônica, época de reprodução, entre outros fatores.

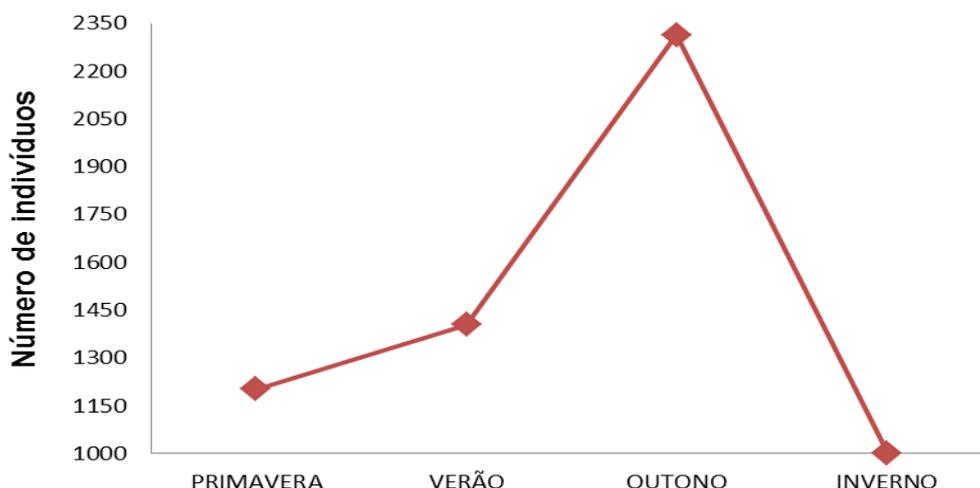


Figura 36 - Número total de indivíduos coletados em cada estação do ano, Brotas (SP)

5.2.2. Índices bióticos

5.2.2.1. Presença de Chironomidae, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (%) e razão entre eles

A porcentagem de Chironomidae variou de 0% (abril) no Ponto 2 a 38% (setembro) no Ponto 2. Das 33 amostragens realizadas neste estudo, apenas em cinco a porcentagem de Chironomidae ficou acima da porcentagem de EPT, sendo em agosto (Pontos 1 e 2), setembro (Pontos 1 e 2) e novembro (Ponto 1) de 2013. Nas outras 28 amostragens a porcentagem de EPT foi maior, variando de 7,5% (abril) a 53%

(fevereiro). A razão de EPT/Chir só ficou abaixo de 0% nas cinco amostragens em que a porcentagem de EPT foi menor do que a de Chironomidae (Tabela 15).

Tabela 15 - Quantidades mensais relativas (%) de Chironomidae (Chir), Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) e Razão de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera sobre Chironomidae (EPT/Chir) nos Pontos 1, 2 e 3, Brotas (SP)

MESES	PONTOS DE COLETA	CHIR	EPT	EPT/CHIR
		%		
ago/13	1	5,9	1,2	0,2
	2	25,6	16,8	0,7
	3	4	19	4,8
set/13	1	37	28,4	0,8
	2	38	35	0,9
	3	27	29	1,1
out/13	1	4,4	8,8	2
	2	1,4	14	10,0
	3	1,9	20	10,5
nov/13	1	11,8	9,8	0,8
	2	3,1	22	7,1
	3	12	45	3,8
jan/14	1	5,4	34	6,3
	2	1,8	37	20,6
	3	4,2	48	11,4
fev/14	1	7,1	21	3,0
	2	4,1	21	5,1
	3	9,2	53	5,8
mar/14	1	6,4	38	5,9
	2	2,2	20	9,1
	3	3,9	33	8,5
abr/14	1	1,4	7,5	5,4
	2	0	11,4	*
	3	8	45	5,6
mai/14	1	9,3	27	2,9
	2	6,2	32	5,2
	3	10,4	43,8	4,2
jun/14	1	13,2	26,8	2,0
	2	6,8	14	2,1
	3	8,5	16	1,9
jul/14	1	15,6	29,9	1,9
	2	14,1	32,8	2,3
	3	13,1	23,6	1,8

*Não foi possível calcular a EPT/CHIR devido à ausência de Chironomidae no mês de abril.

É importante destacar que mesmo nos meses em que a concentração de oxigênio dissolvido ficou abaixo do estabelecido pela legislação, a porcentagem de EPT permaneceu acima da porcentagem de Chironomidae. Tais resultados não eram esperados, sobretudo para o Ponto 3 que foi o que apresentou a menor concentração de oxigênio dissolvido o que segundo a literatura afetaria estes animais. As porcentagens da família não tiveram, portanto nenhuma correlação com o oxigênio dissolvido.

Embora a presença de um alto número de indivíduos da família Chironomidae estar, na maioria das vezes, associado a um estresse ambiental, e a presença de alguns gêneros serem indicadores de condições ambientais ruins, seria errado alegar

que um dado ambiente está degradado devido ao alto número de indivíduos desta família, sem levar em consideração outros fatores. Este grupo é diverso e apresenta uma ampla distribuição, além disso, uma grande abundância ou variação no número de indivíduos da família Chironomidae pode ser uma particularidade do corpo d'água (RIGHI, 2005).

Na média (Tabela 16) da porcentagem de Chironomidae observou-se um pequeno aumento do Ponto 1 para o Ponto 2 e um decréscimo destes insetos no Ponto 3. De maneira geral, a família Chironomidae é mais tolerante à baixas concentrações de OD e a elevadas concentrações de nutrientes (QUEIROZ et al., 2007), e embora isto não tenha sido observado neste estudo, estes resultados eram esperados já que a família Chironomidae pode habitar todos os tipos de ambientes aquáticos, e por isso tende a ser mais abundante. Além disso, são animais importantes porque suas larvas são consideradas uma fonte de alimento essencial para muitos peixes de água doce, bem como outros animais aquáticos (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2011).

Tabela 16 - Relação da presença média (%) de Chironomidae (Chir), Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, e Razão de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera sobre Chironomidae nos Pontos 1, 2 e 3, Brotas (SP)

PONTOS	CHIR	EPT	EPT/CHIR
	%		
P1	10,4	21,5	2,0
P2	11,1	23,2	2,0
P3	9,2	34,8	3,8

A razão de EPT/Chir aumentou a cada ponto amostrado devido ao aumento das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em relação à fauna total. A aplicação desse índice é importante, pois estes insetos são sensíveis às perturbações que incidem sobre seus habitats, o que permite que seja usado para avaliar a condição dos ambientes aquáticos (FERREIRA, 2009). É importante ressaltar que alguns gêneros das famílias Baetidae e Hydropsychidae são considerados tolerantes às perturbações ambientais, e foram os organismos EPT mais encontrados no Ponto 3. Ephemeroptera em conjunto com os Plecópteros e Trichópteros possuem muitas espécies que são altamente suscetíveis à poluição da água e são detectados em ambientes limpos com boas concentrações de oxigênio dissolvido. No entanto, algumas espécies de Ephemeroptera podem ocorrer em águas com baixas concentrações de oxigênio dissolvido (MCCAFFERTY, 1998).

Para Chicas et al. (2010) a comunidade macrobentônica possui de maneira geral diferentes graus de sensibilidade a águas contaminadas. Isso porque alguns organismos, como EPT são considerados sensíveis e necessitam de uma água de boa

qualidade para seu desenvolvimento e sobrevivência, enquanto outros, como Chironomidae, são considerados resistentes e se desenvolvem e sobrevivem até mesmo em águas contaminadas.

5.2.2.2. “*Biological Monitoring Working Party Sistem*” (BMWP)

O índice BMWP apresentou excelentes condições da qualidade da água em todos os pontos e meses amostrados (Tabela 17). Santana (2014) avaliou a qualidade da água por meio da comunidade macrobentônica pelo índice BMWP em área preservada e áreas cultivadas com banana e verificou que todos os locais amostrados estavam em boas condições, mesmo sob influência das culturas. No entanto, a comunidade macrobentônica respondeu de maneira diferente em relação aos impactos antrópicos. Em áreas cultivadas e próximas à cultura, a autora verificou, por exemplo, perda da abundância e da riqueza dos táxons, com predomínio das famílias Corixidae e Hydrochidae, consideradas resistentes, e uma redução de EPT, que engloba famílias que são consideradas sensíveis frente às perturbações ambientais.

Por outro lado, Oliveira (2009) avaliou a fauna de macroinvertebrados bentônicos em rios do Município de Botucatu e região e verificou que apesar dos impactos ambientais detectou-se grande abundância, riqueza taxonômica e diversidade de organismos. Mas, a determinação do nível de degradação dos ambientes a partir da comunidade macrobentônica foi dificultada pela ausência de um ponto de referência.

O BMWP é muito importante na avaliação da qualidade da água, no entanto, quando esta avaliação se refere à presença de agrotóxicos, alguns autores têm dificuldade de correlacionar os efeitos destes compostos sobre a comunidade macrobentônica. Vieira (2012), embora tenha notado uma diferença significativa na abundância e riqueza das principais famílias encontradas no ponto de referência em relação à área cultivada, não conseguiu correlacionar a presença dos agrotóxicos encontrados com a comunidade macrobentônica.

Por outro lado, Corbi (2005) em um estudo realizado no Rio Jacaré-Guaçu no Estado de São Paulo, conseguiu correlacionar seus resultados por meio do índice BMWP. Ele detectou águas de qualidade boa a excelente em córregos localizados em áreas preservadas, e águas de qualidade ruim a péssima em córregos localizados em áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

É evidente que o BMWP apresenta muitas vantagens, principalmente em relação a método de aplicação e custo, no entanto, seu uso exige cuidados já que o índice considera somente a presença ou ausência de táxons de macroinvertebrados para a

qualificação dos recursos hídricos. O BMWP não considera a abundância dos organismos, embora a literatura (SILVA, 2007) afirme a necessidade de a abundância ser considerada na avaliação da qualidade dos ecossistemas aquáticos.

No Paraná Gonçalves (2007) comparou estudos de alguns índices bióticos (BMWP¹-ASPT - Average Score Per Taxon; HFBI - Hilsenhoff Family Biotic Index; EPT INDEX - Porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), incluindo o BMWP. O autor se deparou com uma grande quantidade de trabalhos com adaptações do índice, correções e comparações com parâmetros físicos e químicos. No entanto, encontrou poucos trabalhos que avaliam o desempenho de tais índices bióticos no Brasil, indicando a certa carência de estudos nesta área.

Os índices usados neste estudo sugerem, portanto que a qualidade da água dos pontos analisados está em boas condições, o que indicando que a prática agrícola da região não está influenciando na abundância e diversidade de macroinvertebrados bentônicos. Os índices aplicados se mostraram apropriados para o tipo de avaliação realizada neste trabalho, no entanto, no caso de detecção de agrotóxicos recomenda-se a aplicação de um índice específico para estes compostos.

Os ecossistemas são muito dinâmicos, pois há uma relação entre todos os seus componentes. Interferir nesse dinamismo é comprometer todo o funcionamento das relações entre seus membros, podendo acarretar em graves consequências ambientais. Isso porque o equilíbrio garante a preservação do funcionamento do ecossistema, e conseqüentemente, da manutenção das populações nele existentes, como a comunidade macrobentônica (LAURENCE, 2005).

Para Andrea (2008) o uso de bioindicadores permite a identificação de respostas biológicas quanto à exposição dos organismos, populações, comunidades e o ecossistema como um todo frente a poluentes. Tais respostas podem se expressar por meio de alterações na riqueza, na abundância das espécies de populações de diferentes comunidades, na reprodução dos organismos, entre outros efeitos.

A importância da manutenção dos macroinvertebrados está relacionada, principalmente, com seu desempenho em quase todos os processos ecológicos que ocorrem nos ecossistemas aquáticos. Um exemplo é o controle que eles exercem sobre a produtividade primária, já que consomem grandes quantidades de alimento como algas, e ainda, contribuem indiretamente com a distribuição de alimento para outros integrantes da cadeia alimentar aquática (HANSON; SPRINGER; RAMIREZ, 2010).

Os organismos aquáticos são importantes não apenas do ponto de vista cultural e científico, mas também econômico e ecológico, e por isso, sua conservação é muito importante. Os impactos vêm incidindo sobre os ecossistemas de água doce do mundo inteiro, principalmente devido à ação humana, resultando na degradação e perda da

biodiversidade destes animais que pode ser perdida antes do seu conhecimento. Na Amazônia, por exemplo, existem várias áreas que já passaram por esta situação, especialmente devido ao desmatamento e outros tipos de exploração, como a agricultura (HAMADA; NESSIMIAN; QUERINO, 2014).

Neste cenário, a legislação é uma importante ferramenta para a preservação do meio ambiente. Oliveira (2009) chama a atenção para a Resolução Conama 357 (2005) que coloca limites e padrões inapropriados para ambientes lóticos. A Resolução não considera aspectos importantes como processos ecológicos, disponibilidade de habitats, avaliação da comunidade macrobentônica, além de incluir poucas variáveis ligadas à poluição orgânica e não considerar a qualidade do sedimento, que é um dos compartimentos mais importantes em estudos de avaliação da contaminação dos recursos hídricos, pois eles exercem fortes influências sobre o metabolismo de todo o sistema (ARAÚJO et al.; 2006). A falta destes elementos na legislação pode levar a erros de interpretação sobre a classificação e enquadramento dos ambientes aquáticos. Por isso, a revisão dos padrões para ambientes lóticos é necessária.

O SPEARpesticide não foi aplicado neste trabalho porque a função do sistema é correlacionar a presença de agrotóxicos com a comunidade macrobentônica, e como não foram detectados resíduos de agrotóxicos em nenhum dos pontos biomonitorados, sua aplicação não foi possível.

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) revelou três pares de variáveis abióticas com correlação negativa para as amostras analisadas. A primeira correlação é entre o nitrato e amônia, a segunda entre o pH e a matéria orgânica e a terceira entre a temperatura e o oxigênio dissolvido (Figura 37). Isto significa que se uma espécie está associada, por exemplo, à grande quantidade de nitrato, ela está associada também a pequenas quantidades de amônia. Da mesma forma, uma espécie associada a pH elevados, estará associada a pequenas quantidades de matéria orgânica.

A maioria dos *taxa* ficou próximo à origem do gráfico, indicando que as variáveis avaliadas não influenciaram fortemente a distribuição dos macroinvertebrados (RIGHI, 2005). O restante da comunidade se relacionou em três grandes grupos. Um associado à quantidade de nitrato composto por Lampyridae, Dryopidae, Simuliidae, Philopotamidae, Planorbidae, Gelastocoridae, Hydrochidae e Notonectidae. Outro grupo associado a oxigênio dissolvido e a matéria orgânica, composto por Tipulidae, Lutrochidae, Calamoceratidae, Grypterygidae, Chironomidae, Pleidae, Staphylinidae e Haliplidae. E o terceiro grupo, associado à amônia e nitrito composto por Chironomidae, Pleidae, Staphylinidae, Haliplidae, Culicidae, Sialidae, Hydraenidae, Limnaeidae, Scirtidae e Dixidae. As famílias Chironomidae, Pleidae, Staphylinidae e Haliplidae também se relacionaram com a amônia (Figura 37).

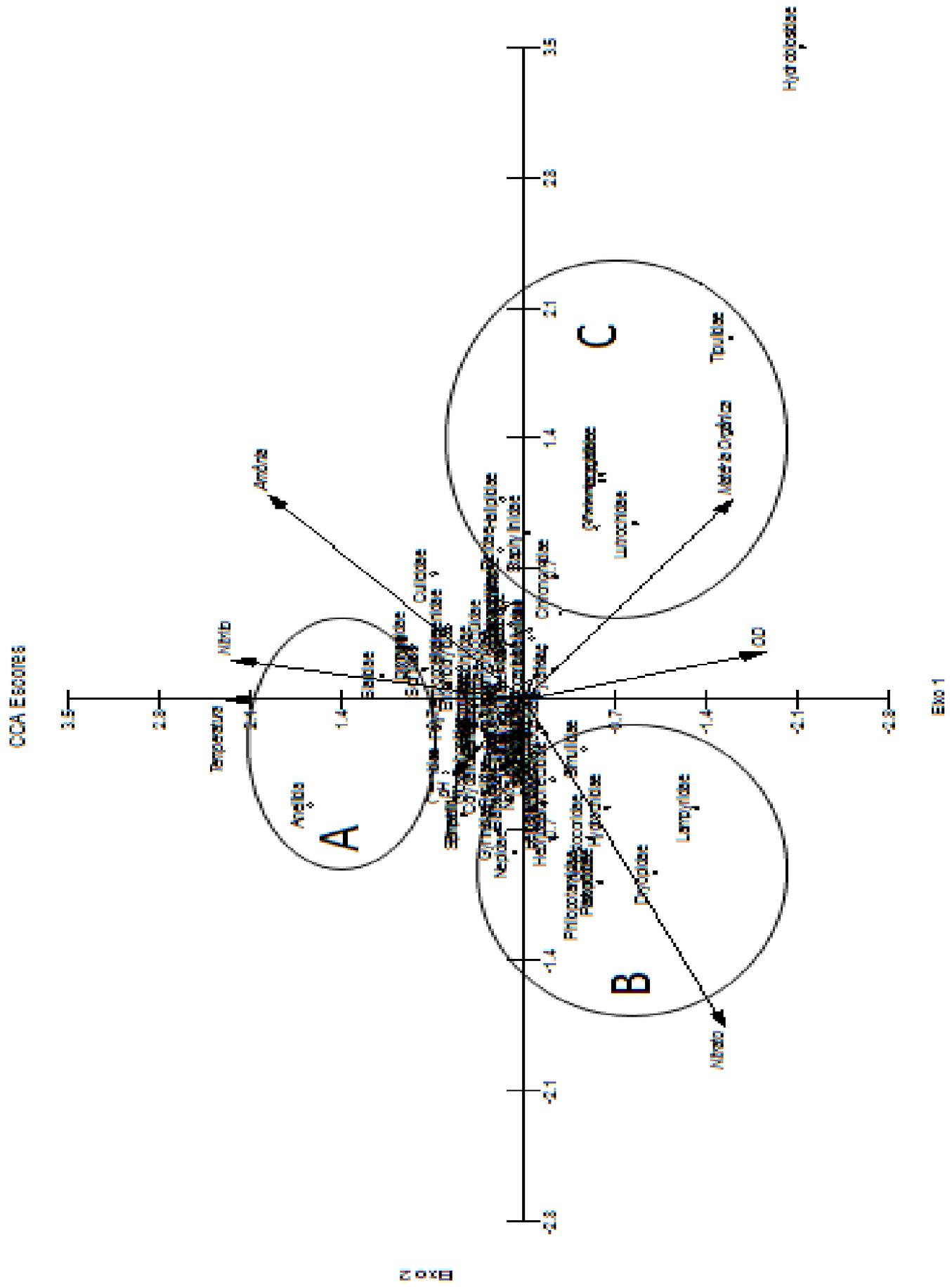


Figura 37 - Correlação das variáveis bióticas e abióticas nos Pontos 1, 2 e 3, Brotas (SP)

5.3. Educação Ambiental

5.3.1. Escola Municipal Álvaro Callado

A introdução da Educação Ambiental na sociedade é fundamental uma vez que serve como um meio de sensibilização e transformação da consciência dos cidadãos do planeta. É também a garantia de que todos possam desfrutar de um ambiente saudável e por isso deve ser aplicada no dia a dia no ambiente escolar, nas ruas, no trabalho, na mídia e, sobretudo nas residências (PORTAL EDUCAÇÃO, 2013).

Devido a pouca idade dos alunos (10 a 16 anos), os rios escolhidos para realização das atividades eram de qualidade sabidamente boa, pois a intenção do trabalho era levar a ciência até os alunos e não causar qualquer tipo de problema de saúde.

No projeto piloto a maioria dos alunos mostrou interesse na atividade proposta. Na primeira etapa, realizada na sala de aula, os estudantes ficaram atentos a todo o conteúdo explicado, alguns fizeram perguntas e ainda contribuíram com comentários relacionados ao tema. Na segunda etapa da atividade, realizada em campo, os alunos se mostraram mais agitados, no entanto, a maioria participou das medições de pH, oxigênio dissolvido, amônia, nitrato, nitrito e fosfato e os alunos verificaram que todos os resultados obtidos estavam de acordo com os valores estabelecidos pela legislação (Figura 38). Para Pessoa e Braga (2012) a atividade de campo é uma ferramenta estratégica para a Educação Ambiental na escola e por isso é recomendável como um componente estimulador de sensibilização ambiental.

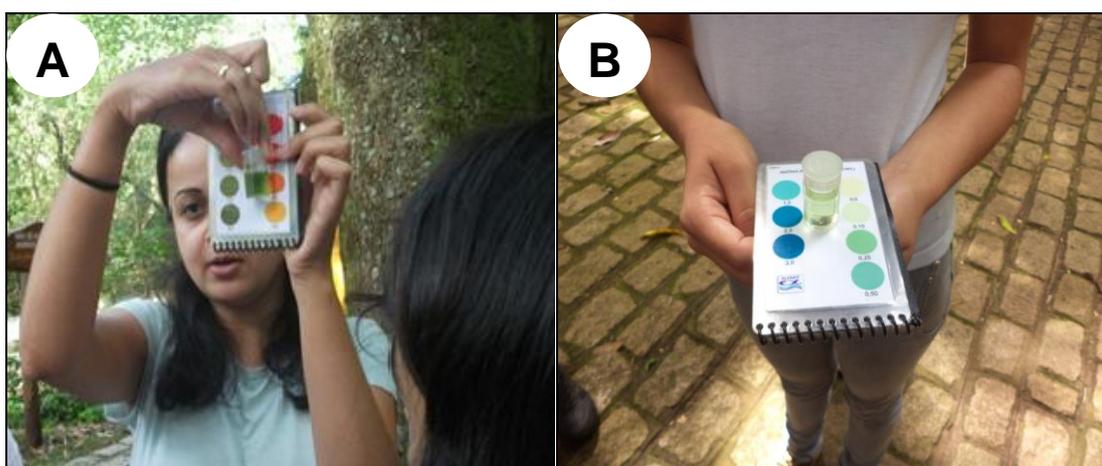


Figura 38 - Alguns dos parâmetros analisados em campo (A: Medição de amônia; B: Medição de fosfato)

Assim, após a coleta dos macroinvertebrados no campo os alunos visualizaram organismos das ordens Coleoptera, Hemiptera, Odonata, Trichoptera e alguns

crustáceos (Figura 39). Após a visualização e esclarecimentos, os estudantes devolveram os organismos à água, uma vez que a atividade era somente de caráter demonstrativo. A devolução dos espécimes para o ambiente teve como objetivo criar valores ambientais éticos e fortalecer a compreensão sobre o sacrifício de animais sem necessidade como uma atitude indevida.

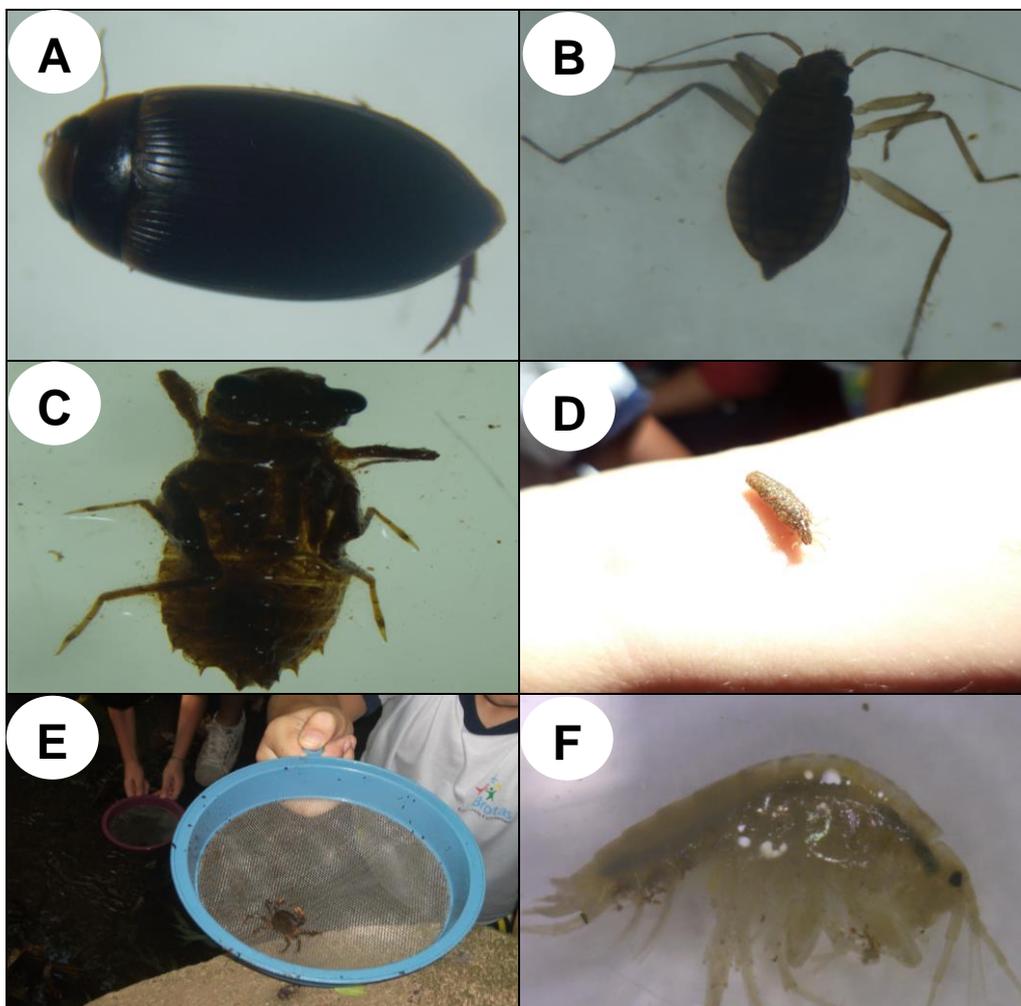


Figura 39 – Alguns macroinvertebrados visualizados em campo (A: Coleoptera; B: Hemiptera; C: Odonata; D: Trichoptera; E e F: Crustácea)

Na segunda fase do projeto os alunos já estavam familiarizados com as atividades a serem realizadas. Eles foram a rios e córregos da região, localizados próximos à cidade e realizaram as mesmas atividades do projeto piloto. Nesta fase, os estudantes utilizaram uma ficha de campo, fazendo observações referentes aos locais de coleta e coletaram alguns macroinvertebrados (Tabela 18). A identificação dos organismos pelos estudantes foi feita com a chave de classificação apresentada na Figura 40. Foram discutidos também a presença de lixo às margens do rio, de forma que os adolescentes tivessem consciência sobre, por exemplo, o papel de bala jogado na porta da escola que pode contaminar os rios.

Tabela 18 - Macroinvertebrados coletados pelos alunos dispostos por série de ensino e coletas

Série de ensino	Coletas	
	1ª	2ª
6º A	Coleoptera, Crustacea, Diptera, Hemiptera e Odonata	Crustacea, Hemiptera, Coleoptera e Odonata
6º B	Hemiptera, Coleoptera e Odonata	Trichoptera, Mollusca, Odonata e Diptera
6º C	Hemiptera, Odonata e Coleoptera	Crustacea, Hemiptera, Mollusca, Odonata e Blattodea
6º D	Odonata, Hemiptera, Trichoptera, Coleoptera, Blattodea, Crustacea e Mollusca	Coleoptera, Odonata, Hemiptera, Díptera e Mollusca
7º A	Hemiptera, Coleoptera, Plecoptera, Diptera, Trichoptera, Isopoda, Odonata e Megaloptera	Plecoptera, Odonata, Hemiptera e Coleoptera
7º B	Coleoptera, Ephemeroptera, Ephemeroptera e Odonata	Ephemeroptera, Hemiptera, Coleoptera, Odonata e Diptera
7º C	Odonata, Hemiptera, Ephemeroptera e Coleoptera	Hemiptera, Coleoptera e Odonata
8º A	Crustacea, Coleoptera, Hemiptera e Odonata	Crustacea, Coleoptera, Hemiptera, Odonata e Diptera
8º B	Hemiptera, Odonata e Coleoptera	NC
8º C	Coleoptera, Odonata, Hemiptera e Mollusca	Crustacea, Diptera e Odonata
9º A	Hemiptera e Odonata	Hemiptera, Odonata, Crustacea e Coleoptera
9º B	Odonata, Hemiptera e Mollusca	NC
9º C	Diptera, Odonata e Mollusca	Diptera, Hemiptera, Mollusca, Odonata e Anellida

NC: Não houve coleta.

Brotas é um município privilegiado, já que não é em qualquer lugar que rios e córregos da região podem ser usados como sala de aula. Além disso, é notório que crianças e adolescentes se sentem mais motivadas em espaços de aprendizagem diferentes da sala de aula, e estas atividades contribuem para o desenvolvimento

intelectual do aluno, sensibilizando-os sobre a importância da qualidade da água para a biodiversidade local. O uso da geografia da região na construção do currículo escolar é a maneira ideal de transmitir e fixar conceitos aos estudantes. Todo local usado pelo aluno serve como espaço para a aplicação da Educação Ambiental. Só assim vamos mostrar às crianças e adolescentes a importância da preservação dos recursos naturais.

CHAVE PARA OS PRINCIPAIS GRUPOS DE MACROINVERTEBRADOS

Possui concha ou carapaça que cobre a maior parte do corpo



MOLLUSCA

Não possui concha (tem 8, 10 ou 14 pernas)



CRUSTACEA

Corpo em formato cilíndrico
Corpo com 12 segmentos ou menos (sem contar a cabeça)
Possui a cabeça bem definida ou reduzida a peças bucais



DIPTERA

Figura 40 - Chave de identificação elaborada para os alunos da Escola Municipal Álvaro Callado de Brotas (SP)

Possui usualmente mais de 12 segmentos, sem cabeça nem partes bucais bem definidas, às vezes possui ventosas (sanguessugas)



Possui corpo em forma de "C", os 3 primeiros segmentos possuem uma "cutícula". Podem ser encontrados dentro de "casas"



Possui no final do abdômen 3 projeções em forma de agulhas
Lateral do abdômen com brânquias



Continuação da Figura 40

Final do abdômen com 2 projeções que parecem agulhas.
Lateral do abdômen sem brânquias



PLECOPTERA

Possui 3 projeções que parecem lâminas (lâminas caudais) ou projeções curtas em forma de triângulos (pirâmides anais) ou prolongamento único



ODONATA

Continuação da Figura 40



Continuação da Figura 40



Continuação da Figura 40

Seniciato e Cavassan (2004) avaliaram alguns indicadores nas aulas de campo em ambientes naturais com alunos do ensino fundamental, e verificaram que os estudantes responderam as perguntas bem semelhantes dos conceitos científicos. Tais resultados, segundo os autores, poderiam estar relacionados à experiência prática vivida pelos alunos, assim contribuindo para uma melhor aprendizagem.

Este tipo de trabalho de Educação Ambiental já foi feito também por Oliveira, Andrade e Paprock (2011) com a comunidade do Município de Conceição do Mato Dentro (MG), para educar os estudantes sobre o uso adequado da água, além de reconhecer macroinvertebrados como bioindicadores. Assim como neste trabalho, os autores verificaram que todas as crianças participantes demonstraram capacidade de reconhecimento dos insetos aquáticos ao nível de ordem, conquistando com êxito os objetivos propostos.

Para Ferreira (2013), a verdadeira mudança educacional é um processo que exige um empenho por parte dos professores para superar as limitações que são impostas pela realidade profissional destes trabalhadores. A Educação Ambiental quando

praticada no ambiente escolar pode permitir o emprego de novos métodos de aprendizagens para construção de uma cultura que favoreça a formação de atitudes ecológicas, em direção à responsabilidade ética e social.

Como consequência deste projeto verificaram-se repercussões em outras disciplinas da escola. Nas aulas de Educação Física o professor desenvolveu um “Quiz”* com os alunos com os objetivos de promover o estudo sobre a qualidade da água, estimular o trabalho em equipe e conscientizar os alunos no tema Qualidade da Água de forma lúdica. O professor dividiu a turma em quatro equipes que receberam um texto com os tópicos: lençol freático, aproveitamento da água da chuva, saneamento básico, matas ciliares e ações para economia de água. Cada equipe elaborou cinco perguntas e as demais equipes tinham que responder. Ganhou o grupo que teve mais acertos nas respostas.

As professoras de português trabalharam na produção de textos relativos ao tema do projeto com os alunos. Eles receberam textos e músicas com o tema Água e, a partir destes textos, os alunos elaboraram outros textos fazendo uma descrição da coleta, palavras cruzadas e caça-palavras. O poema elaborado por uma das alunas do 7º C se encontra na Figura 41. A professora de Ciências deu aulas sobre os principais parâmetros analisados: pH, oxigênio dissolvido, turbidez, etc. Além disso, para compreender o porquê da análise de nitrito, nitrato e amônia, foi feita uma pesquisa sobre o ciclo do nitrogênio. Já os professores de Matemática trabalharam textos sobre água com números. Enfim, o desenvolvimento do projeto possibilitou que o tema fosse tratado em todas as disciplinas mostrando a importância da multidisciplinaridade do tema na Educação Ambiental.

*Para água limpa beber
Temos que dela cuidar e proteger
Se não daqui pra frente
Água é que não vamos ter
Para o meu banho tomar
Só de bucha e sabão não vou precisar!
Da água também, se não como vou me repassar?
Por isso meu amigo é bom economizar!*

Figura 41 - Texto produzido por Lucimara Wernek, aluna da 7ª série C da Escola Municipal Álvaro Callado (Brotas, SP) do ano de 2014, orientada pela professora de Português Rita de Cássia Nicolella Servidor

*“Quiz”: nome dado a um jogo no qual os jogadores tentam responder corretamente as questões que são colocadas.

A aplicação da Educação Ambiental no Brasil não tem sido uma tarefa fácil. Embora saiba-se sobre a importância da interdisciplinaridade das atividades didáticas, muitas vezes ela se restringe apenas a professores de Ciências e Biologia, limitando-se a um conteúdo didático teórico, deixando de lado atividades práticas que, certamente contribuiriam para melhor fixação do conteúdo por parte dos estudantes. Observa-se uma grande dificuldade em se utilizar o ambiente do aluno e do próprio professor como ferramenta para educação ambiental.

Apesar da resistência de alguns professores em praticar a interdisciplinaridade, com o tempo, o tema Educação Ambiental foi incorporado e inserido na escola. Desta forma, verificaram-se bons resultados, isso pela a qualidade dos trabalhos que foram apresentados pelos professores, especialmente da área de humanas que ultrapassou as expectativas do projeto.

Apesar de a Educação Ambiental ser interdisciplinar verificou-se que a figura de um coordenador de educação ambiental faz falta no ambiente escolar. Em cidades pequenas como Brotas, que tem cerca de 5.000 alunos matriculados na rede pública de ensino, essa coordenação poderia auxiliar em programas de Educação Ambiental em todas as escolas.

Diversos autores citam a importância do trabalho prático como ferramenta de ensino na educação ambiental (OLIVEIRA, 2011; PESSOA e BRAGA, 2012; ARDOIN et. al., 2014). Este tipo de atividade motiva o aluno e facilita a aprendizagem. O objetivo do projeto não foi somente educar ambientalmente os estudantes, mas também levar o conhecimento científico de atividade de laboratório para população. Neste sentido, a escolha pelas crianças e adolescentes se deu justamente devido à facilidade em agrupar e disponibilizar informações para este grupo. Não se deve esquecer que muitos estudantes já possuem conceitos importantes relativos ao ambiente em que vivem, pois, por exemplo, quando perguntados sobre a importância da mata ciliar, muitos já sabem que ela funciona como um filtro que protege os rios. Um dos alunos, por exemplo, citou que ela funcionava como esponja, que atua no armazenamento e liberação de água. Mas, nem todos têm estes conhecimentos e o trabalho prático ajuda na fixação de conceitos.

5.3.2. Museu do Instituto Biológico de São Paulo

Na segunda atividade, realizada no Museu do Instituto Biológico, o material ficou exposto durante a Semana da Água (Figura 42). Todos os visitantes receberam explicações sobre a importância deste recurso para sobrevivência dos seres vivos, além

de informações sobre e o uso de insetos como indicadores da qualidade dos ecossistemas aquáticos.

A abordagem do tema com os alunos se deu de forma mais simplificada uma vez que a pouca idade dos estudantes não permitia aprofundamento do assunto. No entanto, introduziu-se sobre o papel que os insetos desempenham no planeta e da sua importância na cadeia alimentar. Já com os professores foi possível maior aprofundamento do tema, levantando-se outras questões importantes, tais como o uso de compostos químicos na agricultura e seus efeitos sobre os organismos aquáticos.

Nas duas atividades realizadas notou-se a falta de conhecimento por parte dos alunos e professores sobre a importância da comunidade macrobentônica para os ecossistemas aquáticos. Esta falta de conhecimento pode ser atribuída ao currículo escolar que não aborda este tipo de tema, sobretudo em escolas públicas já que isso ficou mais evidente com os estudantes da Escola Álvaro Callado.

Em relação aos alunos que visitaram o Museu do Instituto Biológico, apesar da pouca idade, verificou-se maior interesse. A diferença entre as turmas pode ser atribuída à faixa etária dos alunos que, por integrarem o ensino infantil, se mostram mais entusiasmados com o novo. Tais resultados sugerem a importância da abordagem de questões ambientais desde o ensino básico, sobretudo em escolas da rede pública, a fim de estimular o interesse dos estudantes pela Ciência e pelo o meio ambiente.

O Artigo 1º da Política Nacional de Educação Ambiental da Lei nº 9795 de 1999 define a educação ambiental como os *“processos por meio dos quais o indivíduo e a sociedade constroem valores sociais, conhecimentos, capacidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”*. Neste contexto, não só os professores de Ciências e Biologia, mas todos exercem um importante papel na construção destes valores, uma vez que muitos alunos ainda não têm conhecimentos mínimos sobre o tema (BRASIL, 1999).

A carência de aulas práticas nas escolas pode estar relacionada ao número elevado de alunos por sala, falta de recursos, espaços apropriados, e ainda, professores desmotivados. Outro ponto que agrava o pouco aprofundamento do tema nas escolas é a falta de abrangência dada ao tema de proteção ambiental. A maioria dos professores limita a Educação Ambiental apenas à reciclagem, tema importante, mas que, necessita de complementação de outros temas importantes, tais como a contaminação dos ecossistemas terrestres e aquáticos. Desta forma, este tipo de projeto pode ajudar a criação de maior consciência ambiental desde a infância.



Figura 42 - Exposição realizada no Museu do Instituto Biológico de São Paulo (A e B: Material exposto no museu; C e D: Explicação da exposição)

6. CONCLUSÕES

- Não foi possível correlacionar a presença de todos os agrotóxicos com as legislações, isso porque dos agrotóxicos detectados apenas o Permetrina é mencionado nas legislações brasileiras vigentes. Desta forma, verifica-se e aponta-se a necessidade de estudos que subsidiem aprofundamentos de legislação de proteção ambiental;
- Oito % das amostras de águas superficiais e águas subterrâneas apresentaram valores de pH inferiores a 6, valor mínimo permitido pela Resolução Conama 357 (2005) e pela Portaria 2.914 (2011). Para o oxigênio dissolvido de águas superficiais, 8% das amostras apresentaram valores inferiores a 5 mg.L⁻¹, valor mínimo permitido pela Resolução Conama 357 (2005). Os parâmetros nitrito, nitrato, amônia estavam de acordo com a legislação. Estes resultados demonstram que apesar das atividades agrícolas, a região não foi seriamente afetada;
- O índice biológico BMWP usado para medir a qualidade da água demonstrou excelente qualidade da água da região ao longo da área de estudo;
- O programa de Educação Ambiental com medição de parâmetros químicos, biológicos e exposição de material didático e amostras biológicas resultaram em interesse e conscientização crescente de alunos e professores ao longo do tempo.

7. REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12713: Ecotoxicologia aquática - Toxicidade aguda - Método de ensaio com *Daphnia* spp (Crustacea, Cladocera). 2004.
- ALBA-TERCEDOR, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (**SIAGA**), vol. 2: 203-213, 1996.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Cadernos de Recursos Hídricos: Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2005. 80 p.
- ANDREA, M. M. **Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos**. 2008. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/artigos_ok.php?id_artigo=83#>. Acesso em: 01 abr. 2015.
- ARAÚJO, R.P.A.; SHIMIZU, G.Y.; BOHRER, M.B.C.; JARDIM, W. Avaliação da Qualidade dos Sedimentos. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações**. São Carlos: RiMa Editora, 2006. Capítulo 13, p.293-326.
- ARDOIN, N.M.; DIGIANO, M.; BUNDY, J.; CHANG, S.; HOLTHUIS, N.; O'CONNOR, K. Using digital photography and journaling in evaluation of field-based environmental education programs. **Studies in Educational Evaluation**, vol. 41, p. 68-76, 2014.
- ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; ALBURQUERQUE, C. D.; INÁCIO, 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, 2006.
- BEKETOV, M.A.; FOIT, K.; BIGGS, J.P.; SACCHI, A.; SCHÄFER, R.B.; SCHRIEVER, C.A.; LIESS, M. Using Science to create a better place. Freshwater biological indicators of pesticide contamination – an adaptation of the SPEAR approach for the UK. **Science Report – SC030189/SR4**. Environment Agency. 30 p. May 2008.
- BELLUTA, I.; ALMEIDA, A.A.; COELHO, J.C.; NASCIMENTO, A.B.; DA SILVA, A.M. M. Avaliação temporal e espacial no córrego do Cintra (Botucatu-SP) frente aos defensivos agrícolas e parâmetros físico-químicos de qualidade da água – um estudo de caso. **Revista Energia na Agricultura**. Botucatu, v. 25, n.2, p.54-73, 2010.
- BRAAK, C.J.E, 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology** 67:1167-1179.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soils**. 14 ed. Pearson Prentice Hall, cap.14, 2008. 975 p.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 28 abr. 1999. Capítulo I, Art. 1º.

BRASIL. Ministério da Saúde, Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF.

CÂMARA MUNICIPAL DE BROTAS – SP. **Histórico (Hidrografia)**. 2013. Disponível em: <<http://www.camarabrotas.sp.gov.br/cidade/historico>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Águas subterrâneas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-subterraneas/93-import%C3%A2ncia-das-%C3%A1guas-subterr%C3%A2neas>>. Acesso em: 09 ago. 2014 (a).

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Águas superficiais - Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#oxigenio>>. Acesso em: 12 ago. 2014 (b).

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Alterações físico químicas**. 2014. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_ph.php>. Acesso em: 22 abr. 2015 (c).

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Amônia**. 2015. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/amonia.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2015 (d).

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). **Informações ecotoxicológicas**. 2015. Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/produtos/ECO_HELP.htm>. Acesso em: 30 mai. 2015 (e).

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). 2002. **Índice e Indicadores de Qualidade da Água - Revisão da Literatura**. 114 p (f).

CHICAS, J. M. S.; CERVANTES, L. S.; SPRINGER, M.; CIENFUEGOS, M. R. P.; PÉREZ, D.; FLORES, A. W. R.; ROSA, R. A. M.; TORRES, B. L. B.; ESTRADA, F. A. C.; TENSOS, J. M. F.; GONZÁLES, C. L. Á.; FONSECA, P. E. G.; MARTÍNEZ, M. Á. H.; URIAS, A. J. M.; LINARES, A. Y. A. Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: índice biológico a nivel de familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010). En: **Formulación de**

una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos. Proyecto Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador, marzo, 2010. 44 p.

CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n° 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**. Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Resolução n° 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 07 abr. 2008.

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. 92 f. Tese (Doutorado em Ciências - Área de Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

DEHARVENG, L.; STOCH, F.; GIBERT, J.; BEDOS, A.; GALASSI, D.; ZAGMAJSTER M.; BRANCELJ, A.; CAMACHO, A.; FIERS, F.; MARTIN, P.; GIANI, N.; MAGNIEZ, G.; MARMONIER, P. Groundwater biodiversity in Europe. **Freshwater Biology**, 54, p. 709-726, 2009.

DOMÍNGUEZ, E.; FERNÁNDEZ, H. R. **Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos: Sistemática y biología.** 1ª. ed. Tucumán: Fund. Miguel Lillo, 2009. 654 p.

EMBRAPA. **Alterações físico químicas.** 2015. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_materia.php>. Acesso em: 02 abr. 2015.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 226 p.

FERREIRA, C. E. A. O meio ambiente na prática de escolas públicas da rede estadual de São Paulo: intenções e possibilidades. **Ambiente & Educação**. São Paulo, v. 18, n.1, p.185-209, 2013.

FERREIRA, W. R.; PAIVA, L. T.; CALLISTO, M. Índice biótico bentônico no biomonitoramento da bacia do Rio das Velhas. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** 2009. p. 1-19.

FONSECA, D. G. **Efeitos da presença de macrófitas nos macroinvertebrados de córregos tropicais**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, 2011.

GOMES, L.R. **Moralidade e respeito ao meio ambiente em crianças e adolescentes: a construção da “moral ecológica”**. 2007. 268 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual Paulista. “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências e Letras, Campus de Araraquara – SP, 2007.

GONÇALVES, F. B. **Análise comparativa de índices bióticos de avaliação de qualidade de água, utilizando macroinvertebrados, em um rio litorâneo do estado do Paraná**. 2007. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Universidade Federal do Paraná, 2007.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos Aquáticos na Amazônia Brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus, Editora do INPA, 2014. 728 p.

HAMMES, V. S. **Educação ambiental**. 2015. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CO NTAG01_30_299200692526.html>. Acesso em: 01 abr. 2015.

HANSON, P.; SPRINGER, M.; RAMIREZ, A. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. **Revista de Biología Tropical**. San José. v. 58 (Supl.4), p. 3-37, 2010.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Banco de Dados Agregados (SIDRA). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA)**. 2013. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=1&z=t&o=26&u2=1&u3=1&u4=1&u1=1>>. Acesso em: 04 ago. 2014.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produção Agrícola 2014**. 2014. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_\[mensal\]/Comentarios/lspa_201406comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/lspa_201406comentarios.pdf)>. Acesso em: 04 ago. 2014.

INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial). **DOQ- CGCRE-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: 02 abr. 2015.

INSTITUTO DE PESCA. **Índice de poluição do Rio Piracicaba é 529% maior que o aceitável, diz USP**. 2014. Disponível em: <http://www.pesca.sp.gov.br/noticia.php?id_not=14896>. Acesso em: 14 abr. 2015.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189-205, março de 2003.

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

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.

KREBS, C.J. 1989. **Ecological methodology**. Harper & Row, NY, USA.

LAITANO, K.D.S.; MATIAS, W. G. Testes de Toxicidade com *Daphnia magna*: Uma Ferramenta para Avaliação de um Reator Experimental UASB. Departamento de Engenharia Sanitária-Ambiental, UFSC, LABTOX, Campus Universitário, Trindade, Florianópolis, SC. **Brasil. J. Braz. Soc. Ecotoxicol**, v. 1, n. 1, p. 43-47, 2006.

LAURENCE, J. **Biologia: Ensino médio** – Volume único. 1 ed. São Paulo: Nova Geração, 2005. 696 p.

LIESS, M.; OHE, P. C. V. D. Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Germany, v. 24, n. 4, p. 1–12, 2005.

LOPES, A.; PAULA, J. D.; MARDEGAN, S. F.; HAMADA, N.; PIEDADE, M. T. F. Influência do hábitat na estrutura da comunidade de macroinvertebrados aquáticos associados às raízes de *Eichhornia crassipes* na região do Lago Catalão, Amazonas, Brasil. **ACTA AMAZONICA**, v. 41, n. 4, p. 493 - 502, 2011.

LUCHINI, L. C. Monitoring procedures for pesticides in water. 2005. In International Workshop on Crop Protection Chemistry in Latin America: Harmonized Approaches for Environmental Assessment and Regulation. International Union of Pure and Applied Chemistry, Centro de Investigación en Contaminación Ambiental de Universidad de Costa Rica and Servicio Fitosanitario del Estado del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. **Anais...** San Jose, Costa Rica, 2005.

MAIER, M.H.; TOLENTINO, M. Ecologia da Bacia do Rio Jacaré Pepira (47°55'.48°55'W e 22°30'.21°55'S): Fisiografia (Geomorfologia, Geologia, Pedologia e Hidrologia) e uso do solo. **B. Inst. Pesca**, 13 (1):121-133, 1986.

MAIER, M.H.; TAKINO, M.; TOLENTINO, M. Ecologia da Bacia do Rio Jacaré Pepira: Influência do uso do solo, da água e da descarga de efluentes sobre a qualidade da água (São Paulo – Brasil). **B. Inst. Pesca**, 13 (1): 153-178, 1986.

MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; BACCA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar: Expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro (Documentos 110)**. Rio de Janeiro, 2009. 58 p.

MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2014 a). **Cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-acucar>>. Acesso em: 04 ago. 2014 (a).

MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2014, b). **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (AGROFIT)**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 07 ago. 2014 (b).

MARQUES, M. N.; COTRIM, M. B.; PIRES, M. A. F.; FILHO, O. B. Avaliação do Impacto da Agricultura em Áreas de Proteção Ambiental, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1171-1178, 2007.

MCCAFFERTY, P.W. **Aquatic Entomology**. Ed. Jones and Bartlett Publishers, 1998. 448 p.

MEIRELLES, F. S. Cana-de-açúcar: Orientações para o setor canavieiro. Ambiental, Fundiária e Contratos. **Coletânea Estudos Gleba**, n. 44, Brasília, 2007. 25 p.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Água**. 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/programa-nacional-de-aguas-subterraneas>>. Acesso em: 01 abr. 2015.

MOREIRA, I. C. A inclusão social e a popularização da ciência e tecnologia no Brasil. **Inclusão Social**, v. 1, n. 2, p. 11-16, 2006.

OLIVEIRA, L. H. M.; ANDRADE, M. Â.; PAPROCKI, H. Biomonitoramento participativo, com insetos aquáticos como bioindicadores de qualidade da água, realizado com alunos da escola Municipal José Pedro Gonçalves, comunidade do Parauninha, Conceição do Mato Dentro, MG. **Ambiente & Educação**, vol. 16 (2). 2011.

OLIVEIRA, P. C. R. **Comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água e do sedimento das bacias hidrográficas dos rios lavapés, capivara, araquá e pardo, Município de Botucatu (SP) e região**. 2009. 202 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Estadual Paulista, 2009.

PAPINI, S.; ANDREA, M.M.; LUCHINI, L.C. **Segurança Ambiental no Controle Químico de Pragas e Vetores**. Série Saúde Ambiental. Volume 1. Atheneu editora, 2014. 290 p.

PAPINI, S. **Vigilância em saúde ambiental: uma nova área da ecologia**. 2. ed. Atheneu editora, 2012. 204 p.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água (Documentos, 232)**, dezembro, 2011. 69 p.

PESSOA, G. P.; BRAGA, R. B. O trabalho de campo como estratégia de educação ambiental nas escolas: uma proposta para o ensino médio. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 104-122, 2012.

PEREIRA, L. C.; TOCCHETTO, M. R. L.; TOCCHETTO, A. L. **Multiuso da água e educação ambiental: ensaio teórico**, Jaguariúna (SP), Embrapa Meio Ambiente, 2006. 4 p.

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.

PORTAL EDUCAÇÃO. **A importância da educação ambiental**. 2013. Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/biologia/artigos/50165/a-importancia>>. Acesso em: 31 mar. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BROTAS. **A cidade**. 2014. Disponível em: <<http://www.brotas.sp.gov.br/index.php>>. Acesso em: 07 ago. 2013.

PRESTES, O. D.; FRIGGI, C. A.; ADAIME, M. B.; ZANELLA, R. QuEChERS - Um método moderno de preparo de amostra para determinação multirresíduo de pesticidas em alimentos por métodos cromatográficos acoplados à espectrometria de massas. **Quim. Nova**, Rio Grande do Sul, v. XY, n. 00, p. 1-15, 2009.

QUEIROZ, J. F.; SILVA, M. S. G. M.; TRIVINHO-STRIXINO, S. **Organismos Bentônicos: Biomonitoramento de Qualidade de Águas**, Jaguariúna (SP), Embrapa Meio Ambiente, 2008. 92 p.

QUEIROZ, J. F.; SILVEIRA, M. P.; SITTON, M.; MARIGO, A. L. S.; ZAMBON, G. V.; SILVA, J. R.; CARVALHO, M. P.; RIBACINKO, D. B. **Coletor de Macroinvertebrados Bentônicos com Substrato Artificial para Monitoramento da Qualidade de Água em Viveiros de Produção de Tilápia (Circular Técnica 16)**. Jaguariúna, São Paulo, dezembro, 2007. 5 p.

QUEIROZ, J. F.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; NASCIMENTO, V. M. D. C. **Organismos Bentônicos Bioindicadores da Qualidade das Águas da Bacia do Médio São Francisco**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, São Paulo, 2000.

RAMOS, N.P.; LUCHIARI JUNIOR, A. **Atividade agrícola**. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT1.html>>. Acesso em: 04 ago. 2014.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: Contaminação da água por nitrato (Documentos 57)**. Brasília, 2002. 28 p.

RIGHI, K. O. **Uso potencial de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento da qualidade d'água no córrego Salobrinha na Serra da Bodoquena, MS**. 2005. 81 f. Mestrado (Dissertação em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul Campo Grande, MS. 2005.

ROCHA, G. A.; ASSIS, N. M. M. V.; MANCINI, R. M. O. M.; MELO, T. S.; BUCHIANERI, V.; BARBOSA, W. E. S. **Cadernos de Educação Ambiental: Recursos hídricos**. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Coordenadoria de Educação Ambiental, São Paulo, 2012. 105 p.

RODRIGUES, A.A.Z.; Queiroz, M.E.L.R.; Neves, A.A.; Oliveira, A.F.; Ravazzi, C.G.; Soares, C.E.S. **Determinação de resíduos de agrotóxicos em água empregando extração líquido-líquido dispersiva e cromatografia gasosa**. XXVIII Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química - Poços de Caldas - MG. 2014.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Doenças da cana-de-açúcar**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_55_711200516718.html>. Acesso em: 09 ago. 2014 (a).

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Plantas daninhas**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_52_711200516718.html>. Acesso em: 09 ago. 2014 (b).

RUPPERT, E.; BARNES, R.D. **Zoologia dos Invertebrados**. 6ª ed., Roca Ed., São Paulo. 1996, 1029 p.

SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). **Uso Racional da Água**. 2014. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=2&temp2=3&proj=sabesp&pub=T&nome=Uso_Racional_Agua_Generico&db>. Acesso em: 09 ago. 2014.

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. 92 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade e Segurança Alimentar no Agronegócio) - Instituto Biológico de São Paulo, 2014.

SANTOS, C.L.; DA SILVA, H.S.V.P.; DE ANDRADE, G.V.; NUNES, G.S. Avaliação da contaminação de corpos d'água adjacentes a áreas agrícolas da Ilha de São Luís (MA)

por agrotóxicos. **Pesticidas: r. ecotoxicol. e meio ambiente**, Curitiba, v. 22, p. 85-95, 2012.

SARTURI, A.; SEGURA, D. S. B.; LOUREIRO, C. B. F.; LIPAI, E. M.; BOTELHO, D.; DEBONI, F.; LIMA, G. L.; CARVALHO, I. C. M.; OLIVEIRA, H. T.; TIRIBA, L.; GUIMARÃES, L.; SILVA, M. L.; SORRENTINO, M.; COSSIO, M. B.; GUIMARÃES, M.; SATO, M.; VELOSO, N.; MOUSINHO, P.; MENDONÇA, P. R.; BLIKSTEIN, P.; LAYRARGUES, P. P.; TRAJBER, R.; ZAKRZEWSK, S.; MELLO, S. S.; IRELAND, T. D.; PEDRO, V. V.; MIRANDA, X. **Vamos cuidar do Brasil: Conceitos e práticas em educação ambiental na escola**. Brasília, 2007. 245 p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao3.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

SENICIATO, T.; CAVASSAN, O. Aulas de campo em ambientes naturais e aprendizagem em ciências – um estudo com alunos do ensino fundamental. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 133-147, 2004.

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

SILVA, A. M. 2005. 164 f. **Avaliação ecotoxicológica do agrotóxico permetrina através de ensaios de toxicidade com invertebrados aquáticos**. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-Materiais) - Universidade de São Paulo, 2005.

SILVA, N. T. C. **Macroinvertebrados bentônicos em áreas com diferentes graus de preservação ambiental na Bacia do Ribeirão Mestre d' Armas, DF**. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, 2007.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios**. Documentos, 36. Jaguariúna (SP), Embrapa Meio Ambiente, 2004. 68 p.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F. D. **Uso de Coletores com Substrato Artificial para Monitoramento Biológico de Qualidade de Água**. Documentos, 39. Jaguariúna (SP), Embrapa Meio Ambiente, 2006. 5 p.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F. **Perdas de agrotóxicos**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CO NTAG01_39_210200792814.html>. Acesso em: 09 ago. 2014.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M. **Monitoramento do Risco Ambiental de Agrotóxicos: princípios e recomendações**. Documentos, 42. Jaguariúna (SP), Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29 p.

SPEAR CALCULATOR. Species at risk. **Department of System Ecotoxicology at the Helmholtz Centre for Environmental Research**. Disponível em: <<http://www.systemecology.eu/spear/spear-calculator/>>. Acesso em: 09 ago. 2014.

SPRINGER, M. Biomonitorio acuático. Cap. 3. In: SPRINGER, M.; RAMÍREZ, A.; HANSON. Macroinvertebrados de Agua Dulce de Costa Rica I. **Revista de Biología Tropical**, Universidade de Costa Rica, v. 58, Supl. 4, p. 53-59, 2010.

STEPHENSON, G. R.; SOLOMON, K. R. **Plaguicidas y ambiente**. Versión al español editada por Elizabeth Carazo Rojas. 1. ed. San José, CR, Edit. UCR, 2013. 580 p.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos** (Tradução da 7^o edição de Borror and DeLong's introduction to the study of insects). Ed. CENCAGE Learning, 2011. 809 p.

TSUNECHIRO, A.; COELHO, P.J.; CASER, D.V.; BUENO, C.R.F.; PINATTI, E.; BINI, D.L.D.C.; CASTANHO FILHO, E.P. **Valor da Produção Agropecuária por Região, Estado de São Paulo, 2012 – Estimativa Preliminar**, 2012. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=12499>>. Acesso em: 07 abr. 2014.

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

8. ANEXOS

8.1. Anexo 1: Manual de instruções para o uso do ALFAKIT

Precauções:

- 1- Para análise em campo, levar uma garrafa pet para recolher os resíduos;
- 2- **Imediatamente** após o término de cada análise, descartar os resíduos na garrafa pet e lavar as cubetas para não manchar. Enxaguar com água transportada em garrafa de água mineral e não de refrigerante para evitar contaminações;
- 3- Realizar as análises em local arejado;
- 3- Lavar e secar bem as pasinhas;
- 4- Evitar contato dos reagentes com a pele. Caso isto aconteça, lave o local atingido com bastante água;
- 5- Evite expor os reagentes ao sol;
- 6- Em caso de contato com os olhos ou ingestão do reagente, procure auxílio médico imediatamente;
- 7- Guarde os resíduos e neutralize antes de descartar ou envie para uma empresa Especializada.
- 8- A ALFAKIT também recebe frascos de reagentes vazios da empresa para descarte.

Como fazer a comparação colorimétrica?

Alguns cuidados podem melhorar a comparação visual com a cartela de cores. A cartela foi desenvolvida a partir de padrões de tempo e posição de cubeta. Manter estes padrões pode melhorar a qualidade das leituras.

- Posicionar a cubeta no meio da cartela;
- A comparação deve ser feita sempre visualizando de cima para baixo;
- A comparação não deve ser feita ao sol, porém o local deve ter boa iluminação;
- Seguir atentamente ao tempo de reação indicado no manual;
- Condições adversas de temperatura podem influenciar o tempo de reação.

Coleta da Amostra

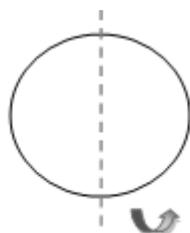
1. Prepare o frasco coletor puxando a mangueira pequena para cima e encoste a mangueira grande no fundo do frasco, conforme a figura 1.
2. Tampe o frasco e solte dentro da água, com impulso suficiente para mergulhar.
3. Se necessário, auxilie o mergulho com um bastão, garantindo que o frasco coletor afunde.
4. Aguarde 30 segundos e puxe.
5. Transfira para o frasco, fechando com o dedo a mangueira menor (fig.2).
6. Se a amostra apresentar sólidos dissolvidos, filtrar. (Não filtrar para Oxigênio Dissolvido).
7. Colocar o termômetro na amostra a medir a temperatura.

A primeira análise a ser realizada deve ser sempre de oxigênio dissolvido não pode ser filtrada.

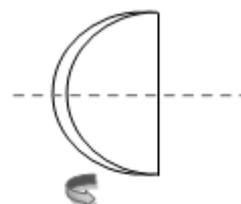
Preparação do papel filtro e filtração

1. Dobre

Dobre novamente



2.



3. Forme o funil filtro puxando

4. Coloque o filtro sobre a

o papel entre a primeira e a segunda dobra.



cubeta plástica conforme a foto.

Oxigênio Dissolvido

Procedimento:

1. Encher a cubeta pequena com amostra, derramando pelas paredes com cuidado;
2. Adicionar 1 gota do **Reagente 1**, fechar evitando bolhas e agitar;
3. Adicionar 02 gotas do **Reagente 2** fechar evitando bolhas e agitar;
4. Adicionar 1 medida rasa (pásinha nº2) do **Reagente 3** e agitar;
5. Abrir a cubeta, posicionar sobre a cartela e fazer a comparação da cor.

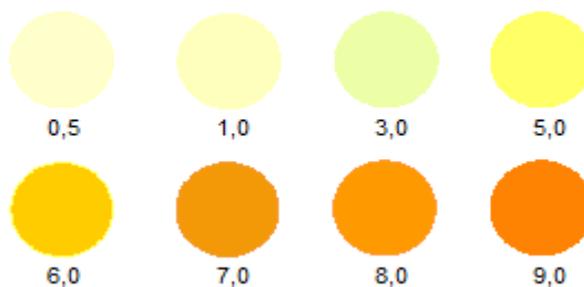
Resultado

$\text{mg L}^{-1} \text{O}_2$ = Resultado lido na cartela

Observações:

- Analisar o oxigênio dissolvido no momento da coleta da amostra, ou adicionar o Reagente 1 no momento da coleta caso for analisar mais tarde.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO ($\text{mg L}^{-1} \text{O}_2$)



Amônia Indotest

Procedimento:

1. Transferir a amostra para a cubeta até a marca (5 mL);
2. Adicionar 03 gotas do **Reagente 1** fechar e agitar;
3. Adicionar 03 gotas do **Reagente 2** fechar e agitar;
4. Adicionar 03 gotas do **Reagente 3** fechar e agitar;
5. Aguardar 10 minutos;
6. Abrir a cubeta, posicionar sobre a comparação da cor.

Resultado

$\text{mg L}^{-1} \text{N-NH}_3$ = Resultado lido na cartela

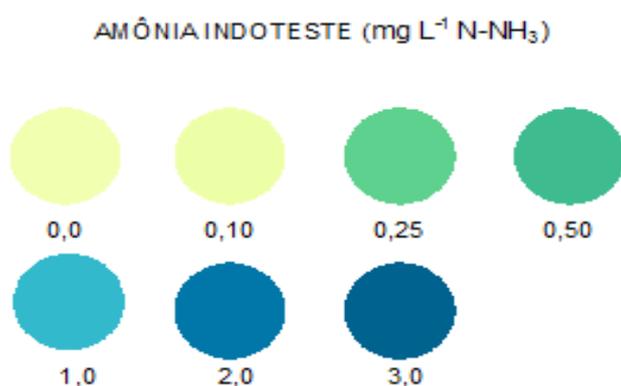
Observações:

- Para expressar o resultado em NH_3 , multiplicar o valor lido por **1,214**;
- A toxicidade da amônia varia em função do pH.

6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	pH
0,19	0,73	2,31	7,76	19,58	45,12	% N-NH ₃

Ex.: 2 ppm de amônia em pH 7,0 somente 0,73% é tóxica (0,0146 ppm).

Sendo assim o teor não é nocivo a organismos.

**Nitrato método NTD****Procedimento:**

1. Transferir a amostra até a marca da cubeta pequena (5ml);
2. Adicionar 01 medida do Reagente 1, com a pasinha nº1 e agitar até dissolver;
3. Adicionar 01 medida do Reagente 2, com a pasinha nº1 e agitar até dissolver;
4. Adicionar 02 gotas do Reagente 3 e agitar bem;
5. Aguardar 15 minutos;
6. Posicionar a cubeta sobre a cartela e fazer a comparação da cor;
7. Se a amostra conter nitrito, realizar o cálculo abaixo.

Resultado

$\text{mL}^{-1} \text{N-NO}_3$ = Resultado lido na cartela

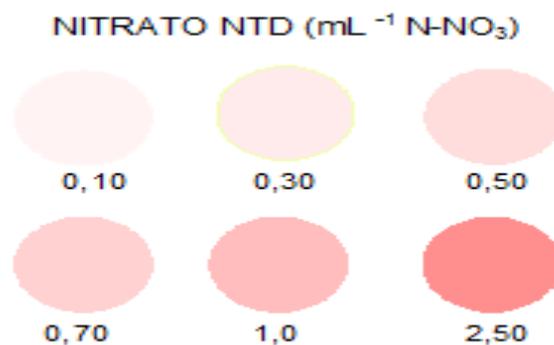
Se a amostra conter Nitrito:

$$\text{mL}^{-1} \text{N-NO}_3 = (\text{N-NO}_3) - (\text{N-NO}_2 \times 10)$$

Na qual:

N-NO_3 = Resultado lido na cartela de Nitrato

N-NO_2 = Resultado de Nitrito



Nitrito método NTD

Procedimento:

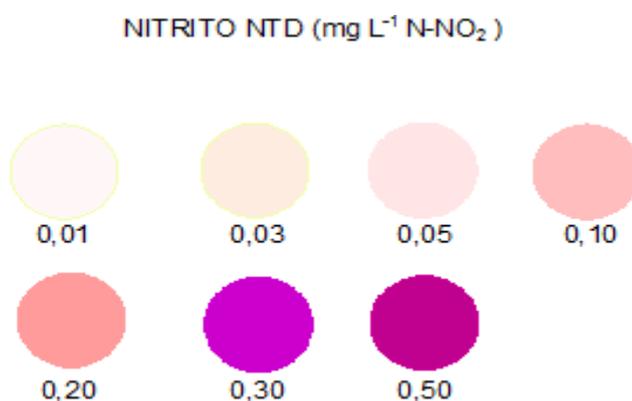
1. Transferir a amostra até a marca da cubeta pequena (5ml);
2. Adicionar 01 medida do **Reagente 1**, com a pasinha nº 1 e agitar até dissolver;
3. Adicionar 01 medida do **Reagente 2**, com a pasinha nº 1 e agitar até dissolver;
4. Aguardar 15 minutos;
5. Posicionar a cubeta sobre a cartela e fazer a comparação da cor.

Resultado:

$\text{mg L}^{-1} \text{N-NO}_2$ = Resultado lido na cartela

Observações

- Para expressar o resultado em NO_2 , multiplicar o valor lido por 3,280;



Nitrogênio Mineral = $\text{N-NO}_2 + \text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_3$

Ortofosfato

Procedimento:

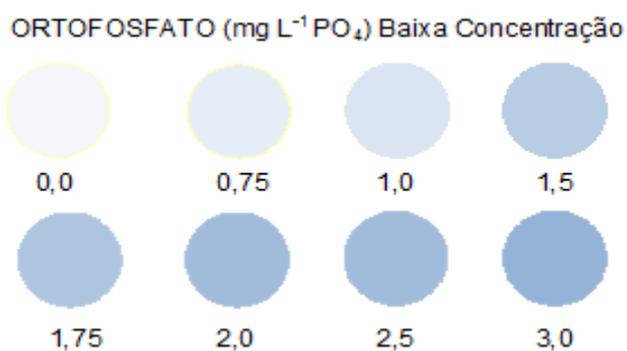
1. Transferir a amostra até a marca da cubeta pequena (5ml).
2. Adicionar 05 gotas do **Reagente 1** fechar e agitar;
3. Adicionar 01 medida do **Reagente 2**, com a pasinha nº 1 fechar e agitar;
4. Aguardar 10 minutos;
5. Abrir a cubeta, posicionar sobre a cartela e fazer a comparação da cor;

Resultado

$\text{mg L}^{-1} \text{PO}_4$ = Resultado lido na cartela

Observações:

- Para expressar o resultado em P_2O_5 , multiplicar o resultado lido por 1,494.
- Para expressar o resultado em P, multiplicar o resultado lido por 0,3263.
- Caso a intensidade de cor for maior do que possa ser lida na cartela, repetir a análise utilizando 2,5 mL de amostra e 2,5 mL de água desionizada. Adicionar os reagentes conforme a técnica e multiplicar o resultado final por 2.



pH

Procedimento:

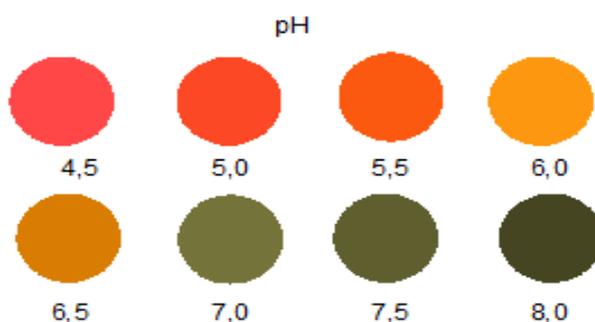
1. Medir a amostra até a marca da cubeta (5 mL);
2. Adicionar 1 gota do **Reagente pH** fechar e agitar;
3. Abrir a cubeta, posicionar sobre a cartela e fazer a comparação da cor.

Resultado

pH = Resultado lido na cartela.

Observações:

- Fazer a comparação em local com boa iluminação, porém nunca ao sol.

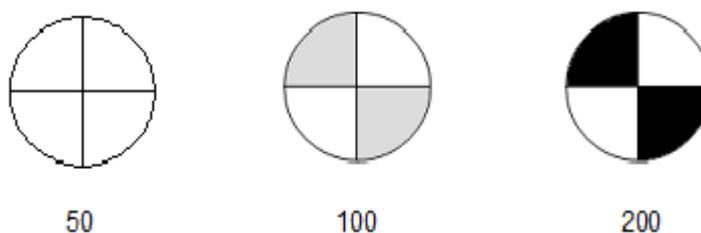


Turbidez N.T.U (Unidade de Turbidez)

Procedimento:

1. Colocar a amostra na cubeta grande, até a borda, sem derramar;
2. Posicionar a cubeta em cima do primeiro círculo e visualizar as cores olhando de cima;
3. Caso distinguir as duas escalas de cor, então a amostra possui menos que 50 NTU.
Caso não perceber a diferença, posicionar a cubeta na segunda escala de 100 NTU;
4. Visualizar novamente a escala de cores. Caso distinguir as duas escalas de cor, então a amostra possui entre 50 e 100 NTU. Caso não perceber a diferença, posicionar a cubeta na escala de 200 NTU;
5. Visualizar novamente. Se distinguir a diferença entre as cores, a amostra possui diferença entre 100 e 200 NTU. Se não perceber a diferença, então a amostra possui mais de 200 NTU.

TURBIDEZ N.T.U



9. APÊNDICES

9.1. Apêndice 1: Foto do banner exposto no Museu do Instituto Biológico de São Paulo



INSETOS AQUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os insetos aquáticos vivem pelo menos uma parte de seu ciclo de vida em ambientes aquáticos.
Os ciclos de vida variam de duas semanas a dois anos ou mais.
Existem em grande quantidade e abundância.
Vivem em todos os ambientes aquáticos.

INDICADORES DE ÁGUA DE QUALIDADE MUITO BOA


Aeshnidae


Libellulidae


Gripopterygidae


Perlidae


Leptophlebiidae


Calamoceratidae


Coenagrionidae


Hydroptilidae


Calopterygidae


Leptoceridae


Psephenidae

INDICADORES DE ÁGUA DE QUALIDADE BOA A REGULAR


Baetidae


Dixidae


Corixidae


Elmidae

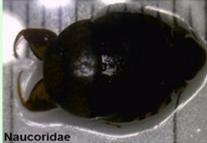

Gomphidae


Hydrophilidae


Simuliidae


Nepidae

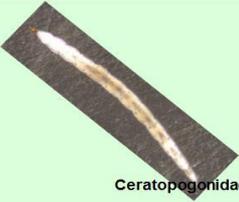

Belostomatidae


Naucoridae


Gerridae

INDICADORES DE ÁGUA DE QUALIDADE REGULAR A RUIM


Dysticidae


Ceratopogonidae


Tabanidae


Corydalidae

INDICADORES DE ÁGUA DE QUALIDADE RUIM A MUITO RUIM


Chironomidae


Chironomidae


Culicidae

Os insetos aquáticos apresentam certas características que fazem deles importantes bioindicadores da qualidade dos recursos hídricos: 1) sua ampla distribuição tanto a nível geográfico como com respeito a variedade de ambientes que habitam; 2) sua grande diversidade taxonômica a qual resulta em uma ampla variedade de respostas frente a perturbações ou a contaminações antropogênicas; 3) seu hábito relativamente sedentário o qual facilita análises espaciais de contaminação; 4) ciclos de vida relativamente longos que permitem observar os efeitos da contaminação ao longo do tempo; 5) métodos de amostragem simples e de baixo custo.

Apoio: CNPq - Pc. 406304/2013-0
Agência Internacional de Energia Atômica (RLA 5061 e RLA 7019)



SECRETARIA DE
AGRICULTURA E ABASTECIMENTO



GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO
TRABALHANDO POR VOCÊ