



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Unidade Universitária de Dourados  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais

---

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE DOURADOS  
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

**MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS  
BIOINDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL EM  
TRÊS RIACHOS DA BACIA DO RIO AMAMBAI, ALTO  
RIO PARANÁ, BRASIL**

Leyzinara Zenteno Clemente

Dourados – MS  
Abril de 2017



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Unidade Universitária de Dourados  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais

---

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE DOURADOS  
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

**MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS  
BIOINDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL EM  
TRÊS RIACHOS DA BACIA DO RIO AMAMBAL, ALTO RIO  
PARANÁ, BRASIL**

Acadêmico: Leyzinara Zenteno Clemente  
Orientador: Prof. Dr. Sidnei Eduardo Lima Junior  
Co-orientador: Prof. Dr. Jelly Makoto Nakagaki

“Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Recursos Naturais, área de concentração em Recursos Naturais, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais”.

Dourados – MS  
Abril de 2017



## FICHA CATALOGRÁFICA

C563m Clemente, Leyzinara Zenteno

Macroinvertebrados bentônicos bioindicadores de qualidade ambiental em três riachos da Bacia do Rio Amambai, Alto Rio Paraná, Brasil/ Leyzinara Zenteno Clemente - Dourados, MS: UEMS, 2017.

54p. ; 30cm.

Dissertação (Mestrado) – Recursos Naturais – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Unidade Universitária de Dourados, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Sidnei Eduardo Lima Júnior.

1.Integridade ambiental 2. Biomonitoramento; Índice BMWP.  
I. Título.

CDD 23.ed. 574.5



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Unidade Universitária de Dourados  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais

---

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE DOURADOS  
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS

Acadêmica: Leyzinara Zenteno Clemente  
Orientador: Prof. Dr. Sidnei Eduardo Lima Junior

---

Prof. Dr. Sidnei Eduardo Lima Junior  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Emerson Machado de Carvalho

---

Prof. Dr. William Fernando Antonialli Junior



## EPÍGRAFE

*(...) Portanto, tomai toda a armadura de Deus, para que possais resistir no dia mau e, havendo feito tudo, ficar firmes.(...)*

*Efésios 6:13*



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Unidade Universitária de Dourados  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais

---

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a toda minha família, em especial ao meu pai Mário Sérgio, minha mãe Celise Zenteno e minha vó Joana Otácio.*



## AGRADECIMENTOS

Desafio tão grande quanto escrever essa Dissertação, foi utilizar apenas duas páginas para agradecer as pessoas que fizeram parte dessa trajetória. Início então, agradecendo primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, não somente nestes anos como acadêmica, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Agradeço verdadeiramente o meu orientador Professor Dr. Sidnei Eduardo Lima Junior pela disposição em sempre me proporcionar a orientação necessária. Obrigada pelos valiosos ensinamentos que com certeza levarei comigo nessa caminhada acadêmica.

Ao co-orientador Professor Dr. Jelly Makoto Nakagaki por me oportunizar o conhecimento fundamental para o progresso desta pesquisa e pela confiança que depositou no meu trabalho.

Ao Professor Dr. Yzel Soaréz Rondon, por atribuir imprescindível auxílio no desenvolvimento deste estudo.

Ao professor Etenaldo Felipe Santiago por contribuir na discussão desta pesquisa.

A UEMS, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vejo um horizonte superior, obrigada pela confiança, no mérito e ética aqui presentes.

A Mestre Gabriela Serra do Vale pelo apoio e elaboração deste trabalho.

A Mestre Ana Paula Lemke pelo paciente trabalho de revisão da redação deste trabalho.

Ao Engenheiro Ambiental Júlio César Solórzano pela eficiente contribuição neste trabalho.

A minha amiga Angelica Christina Melo Nunes Astolfi pela colaboração na revisão desta pesquisa. Nesses dois anos foram muitas emoções, altas aventuras, muitos acontecimentos agradáveis, que quando batia o desespero o Icy Cream e as Torres de fritas eram pouco para nós. Jamais vou me esquecer da mina quebra cancela. Obrigada pelo incentivo, pelos ensinamentos (inteligente demais) e por sempre estar presente quando precisei. Obrigada, sua amizade é muito importante.

A minha querida amiga piauiense, “mulé” Jaqueline Santos, que desde a primeira aula me conquistou com seu “jeitinho carinhoso” e sincero. Obrigada pelos conselhos, por ter me



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Unidade Universitária de Dourados  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais

---

ensinado muito com as disciplinas e pelas risadas. Por fim, obrigada pela sua amizade, pois foi essencial no decorrer desses dois anos.

A todos os amigos que fiz no programa de pós-graduação: Abel, Aline, Ellen, Elizabete, Nislene, Talita, Pamela, Taline e Warley. Obrigada por fazerem parte dessa caminhada, aprendi muito com vocês.

Ao meu namorado Thiago Toigo Camara pelo auxílio, paciência e amparo nos momentos de dificuldade.

Meus agradecimentos aos amigos e parentes Marisa, Osmar, Auigner, Rose, Lucilene, Vitinho, Janete, Isabela, Reginaldo, Gilberto e Ângela, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

E não menos importante, quero agradecer as pessoas que foram base no meu ingresso no mestrado, aos meus pais Mário Sérgio e Celise; aos meus irmãos Bergson, Thaynara, Jennifer e Hiverson; a minha vó Joana, e principalmente ao meu tio Jânio que sempre me ajudou na cidade de Dourados – MS. Por fim, a toda minha família, quero agradecê-los pela importância de cada um em minha carreira acadêmica. Se eu estou onde estou hoje, devo muito a vocês, cresço profissionalmente por vocês. Orgulho-me por fazer parte dessa família que tanto me apóia em minhas escolhas. Amo vocês.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!





## SUMÁRIO

RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	1
I IMPACTOS ANTRÓPICOS NOS ECOSSISTEMAS NATURAIS.....	1
II COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS.....	3
III BIOMONITORAMENTO DE ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS .....	10
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13
CAPÍTULO 2 - MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL EM TRÊS RIACHOS DA BACIA DO RIO AMAMBAI, ALTO RIO PARANÁ, BRASIL.....	18
RESUMO .....	18
ABSTRACT .....	19
INTRODUÇÃO.....	21
MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
Local de estudo .....	23
Coleta e análise dos dados .....	26
RESULTADOS .....	28
DISCUSSÃO .....	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40

## RESUMO

O impacto ambiental negativo afeta de maneira extensiva os recursos naturais, com ênfase nos recursos hídricos, que por sua vez, são utilizados de maneira indiscriminada, afetando a biodiversidade do ecossistema aquático. O biomonitoramento dos corpos hídricos através do uso da fauna bentônica é cada vez mais usado e aceito como uma importante ferramenta na avaliação da qualidade do ecossistema aquático. Os organismos mais comumente utilizados para avaliar impactos ambientais em ambientes aquáticos são os invertebrados bentônicos, peixes e a comunidade perifítica, e dentre estes grupos, as comunidades dos zoobentos têm sido utilizadas frequentemente para a avaliação de impactos ambientais e monitoramento biológico. Macroinvertebrados bentônicos são organismos que habitam o sedimento do fundo de ecossistemas aquáticos durante total ou parcial tempo de seu ciclo de vida, associados aos mais diversos tipos de substratos, tanto orgânicos como inorgânicos. Esses organismos são adequados para o monitoramento e avaliação de impactos ambientais e atividades antrópicas em ecossistemas aquáticos continentais porque apresentam uma grande diversidade de espécies, sendo encontrados em quase todos os tipos de habitats de água doce, sob diferentes condições ambientais, além de serem relativamente sésseis. Assim, o conhecimento sobre a composição desta fauna e seus padrões de distribuição é essencial para a elaboração de um plano de monitoramento biológico.

**Palavras-chave:** Biomonitoramento; Impacto Ambiental; Indicadores de Qualidade Ambiental.



## ABSTRACT

The environmental impact negative extensively affects natural resources, with emphasis on water resources, which in turn are used indiscriminately, affecting the biodiversity of the aquatic ecosystem. Biomonitoring of water bodies through the use of benthic fauna is increasingly used and accepted as an important tool in assessing the quality of the aquatic ecosystem. The organisms most commonly used to assess environmental impacts in aquatic environments are benthic invertebrates, fish and the periphytic community, and among these groups, zoobenthic communities have often been used to assess environmental impacts and biological monitoring. Benthic macroinvertebrates are organisms that inhabit the sediment of the bottom of aquatic ecosystems during total or partial time of its life cycle, associated to the most diverse types of substrates, both organic and inorganic. These organisms are suitable for the monitoring and evaluation of environmental impacts and anthropogenic activities in continental aquatic ecosystems because they have a great diversity of species, being found in almost all types of freshwater habitats, under different environmental conditions, besides being relatively sessile. Thus, knowledge about the composition of this fauna and its distribution patterns are essential for the elaboration of a biological monitoring plan.

**Key-Words:** Biomonitoring; Environmental Impact; Environmental Quality Indicators.

## **CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **I IMPACTOS ANTRÓPICOS NOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS**

Segundo a Resolução CONAMA 001/1986, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Os ecossistemas naturais são fundamentais para a conservação da biodiversidade, permitindo a sobrevivência e conservação das espécies. No entanto, as atividades humanas no meio ambiente não são fundamentadas nos princípios de sustentabilidade, pois fragmentam florestas e campos devido à crescente expansão agrícola, exigindo maior produção em função do aumento populacional (WINK et al., 2005).

O crescimento das áreas urbanas nas últimas décadas tem sido responsável pelo aumento da pressão das atividades antrópicas sobre os recursos naturais. Não existe um ecossistema que não tenha sofrido influência direta e/ou indireta do homem, como contaminação dos ambientes aquáticos, desmatamentos, contaminação de lençol freático e introdução de espécies exóticas, resultando na diminuição da diversidade de habitats e perda da biodiversidade (GOULLART & CALLISTO, 2003).

O ambiente aquático é um dos ecossistemas que mais sofre ação antrópica (SOUZA et al., 2013), visto que constitui o destino final de vários produtos gerados pela atividade humana (AKAISHI, 2003). Com isso, os efeitos de várias atividades que ocorrem em seu entorno são visíveis, ou seja, a exposição a agentes químicos poluentes pode limitar o desenvolvimento da biota (SANTOS et al., 2016; STEGEMAN et al., 1992). O comprometimento de processos fisiológicos vitais como respiração, reprodução e crescimento são exemplos das diversas perturbações metabólicas que os contaminantes ambientais podem causar aos organismos aquáticos (STEGEMAN et al., 1992).

Os biosistemas aquáticos sofrem alterações significativas devido a diversos impactos ambientais de procedência das atividades mineradoras; construção de barragens e represas; retificação e desvio do curso natural de rios; lançamento de efluentes domésticos e industriais não tratados; desmatamento e uso inadequado do solo em regiões ripárias e planícies de inundação; exploração de recursos pesqueiros e introdução de espécies exóticas (CALLISTO et al., 2004). Assim, essas alterações levam a uma queda acentuada da diversidade em função da deterioração do ambiente físico, químico e o desarranjo na dinâmica estrutural das comunidades biológicas (GOULART & CALLISTO, 2003).

Os principais processos das atividades humanas que causam a modificação das bacias de drenagem são o assoreamento e homogeneização do leito de rios e córregos, diminuição da diversidade de habitats e micro habitats e eutrofização artificial (enriquecimento por aumento nas concentrações de fósforo e nitrogênio e consequente perda da qualidade ambiental) (CALLISTO et al., 2001).

Nesse contexto, é indispensável executar uma avaliação de qualidade ambiental por meio de informações que estejam integradas entre os fatores bióticos e abióticos que respondem ao funcionamento do sistema, como parâmetros físicos, químicos e biológicos (MOTA et al., 2014).

Segundo Mugnai et al. (2010) o clássico monitoramento dos aspectos físicos e químicos não é suficiente para caracterizar as respostas do ecossistema à poluição. Visto que o objetivo de referência é o ambiente aquático, suas respostas devem ser analisadas de uma forma mais ampla, levando em conta invertebrados bentônicos, particularmente da entomofauna, como indicadores da qualidade e da integridade dos ecossistemas aquáticos (MARTINS et al., 2014; BUSS et al., 2003).

As medidas de parâmetros físicos e químicos da água registram apenas o eventual momento em que foram coletadas e, para que haja eficiência na realização de um monitoramento, é necessário um grande número de análises limnológicas (KRUIPEK et al., 2010; PRATT & COLER, 1976). O uso de parâmetros biológicos para medir a qualidade da água se baseia nas respostas dos organismos em relação ao meio onde vivem (MUGNAI et al., 2010). Uma vez que os rios estão sujeitos a inúmeras perturbações, a biota aquática reage a esses estímulos, sejam eles naturais ou antropogênicos (MOTA et al., 2014).

A habilidade de proteger os ecossistemas depende da capacidade de distinguir os efeitos das ações humanas das variações naturais, buscando categorizar a influência das ações humanas sobre os sistemas biológicos. Os organismos integram as condições ambientais durante toda a sua vida, permitindo que a avaliação biológica seja utilizada com eficiência na detecção de lançamentos crônicos contínuos quanto de ondas tóxicas intermitentes agudas (MUGNAI et al., 2010).

Nesse sentido, tornam-se necessário estudos na bacia do Rio Paraná, pois esta situa-se na região mais populosa do Brasil, o que afeta a integridade desses ecossistemas aquáticos. Embora o Estado de Mato Grosso do Sul apresente menor densidade populacional se comparado com os estados de São Paulo e Paraná, a extensiva prática agropecuária, assim como a inexistência de tratamento correto de esgoto nas cidades ribeirinhas podem ocasionar o escoamento de poluentes para os corpos hídricos, causando a degradação da diversidade biótica.

Portanto, enfatiza-se a comunidade bentônica devido a importância do seu papel central na dinâmica de nutrientes e no fluxo de energia em alguns ecossistemas, notadamente rios e riachos, participando do processo de decomposição de matéria orgânica alóctone e promovendo bioturbação, tornando-se assim, indispensável o estudo ao longo da bacia do Rio Amambaí, Alto Rio Paraná.

## II COMUNIDADE DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS

A comunidade bentônica (de origem grega, *benthos* = profundidade) é composta por organismos heterotróficos (zoobentos), herbívoros, detritívoros e predadores, e autotróficos (fitobentos) (ESTEVES, 2011). A fauna bentônica processa energia proveniente de fontes autóctones ou alóctones que nos rios são produtos da atividade do perifíton, folhas, restos vegetais ou matéria orgânica produzida pelo homem ou por animais (TUNDISI & TUNDISI, 2008). Essa comunidade tem como particularidade a colonização dos sedimentos de ecossistemas aquáticos, ou a sua superfície. De maneira geral, esta comunidade apresenta-se bastante distinta entre a região litorânea (bentos litorâneo) e o bentos profundo, que coloniza os sedimentos no fundo dos lagos e rios (ESTEVES, 2011).

Os grupos taxonômicos dos organismos bentônicos podem formar desde uma comunidade complexa e de elevada biodiversidade, normalmente encontrada em ambientes

rasos e regiões litorâneas, como áreas de corredeiras e de retenção de folhiços até uma comunidade simples e de baixa diversidade como em sedimentos profundos ou de ambientes eutrofizados (ESTEVES, 2011). A ocorrência dessa comunidade está relacionada a fatores bióticos e abióticos, como a concentração de oxigênio dissolvido, disponibilidade de alimento, a natureza física dos sedimentos e as relações bióticas entre os diferentes grupos de organismos (QUEIROZ et al., 2008).

As comunidades de zoobentos de águas continentais são dominadas por insetos aquáticos com grande diversidade em riachos e rios, ressaltando as ordens de maior porcentagem de biomassa como Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera, Odonata e Coleoptera (TUNDISI & TUNDISI, 2008). Outros grupos importantes que compõem os macroinvertebrados são os Moluscos, os Anelídeos e os Crustáceos (MUGNAI, et al. 2010).

A ordem Ephemeroptera (*ephemeros* = efêmero, de curta duração; *pteron* = asa) (SALLES et al., 2014) compreende insetos adultos de hábito terrestre e imaturos de hábito aquático (SILVA & FROEHLICH, 2007), resultando em cerca de 170 espécies no Brasil (MUGNAI et al., 2010). Os adultos vivem apenas um ou dois dias e não se alimentam; reproduzem-se e morrem; são alados, de tamanho médio (1 a 2 cm), com asas membranosas com muitas veias, que não se dobram sobre o corpo (MUGNAI et al. 2010). As ninfas apresentam abdome com três filamentos terminais e traquiobrânquias lamelares, plumosas ou filamentosas (MUGNAI et al. 2010). Possuem hábitos alimentares variados, se alimentam de material vegetal (algas unicelulares e coloniais de biofilme), detritos, incluindo material vegetal alóctone (SILVA & FROEHLICH, 2007), podendo ser filtradoras, fragmentadoras, raspadoras coletoras ou até mesmo predadoras (SALLES, 2006).

Os Ephemeroptera apresentam ainda um estágio de vida, denominado subimago ou subadulto (SALLES et al., 2014). Representado um estágio alado intermediário entre a ninfa e o adulto, que na penúltima muda, a ninfa sobe a superfície e se transforma no subimago, que voa para a vegetação próxima da água e muda novamente para o adulto (MUGNAI et al. 2010). Os subimagos, diferente dos adultos que se encontram com relativa frequência voando sobre ou nas proximidades dos corpos d'água, são menos ativos, ficando pousados nas margens onde emergiram (SALLES, 2006).

Esse grupo ocorre em ambientes aquáticos lênticos e lóticos, sendo que a maior diversidade é encontrada em rios de cabeceira, de segunda e terceira ordens, com fundo rochoso e água oligotrófica a mesotrófica (SILVA & FROEHLICH, 2007). Estão distribuídos em diversos mesohabitats, tais como remansos, pedras, corredeiras, pacotes de folhas, ambiente higropétrico, demonstrando grande diversidade em ambientes lóticos (SILVA & FROEHLICH, 2007). As ninfas de Ephemeroptera constituem um dos principais grupos de macroinvertebrados bentônicos, ocupam maior parte de mesohabitats disponíveis, desde aqueles de áreas de remanso a forte correnteza (SALLES, 2006).

Os efemerópteros, por serem herbívoros ou detritívoros servem de alimentos para muitos predadores, como peixes e outros insetos, representando um importante elo na cadeia trófica dos ambientes aquáticos (SALLES et al., 2014). Esta ordem juntamente com Plecoptera e Trichoptera, constitui um dos principais grupos dentre os zoobentos usados em avaliações ambientais e de qualidade da água (MUGNAI et al., 2010), pois respondem à degradação ambiental devido à sua sensibilidade a fatores externos no meio aquático (SALLES, 2006).

A ordem Plecoptera (do grego *plékos* = obra trançada, entrelaçada; *pterón* = asa) reúne cerca de 2.000 espécies no mundo, sendo aproximadamente 320 espécies encontradas na região neotropical e 110 são registradas no Brasil (MUGNAI et al., 2010). Os Plecoptera constituem uma ordem relativamente pequena de insetos (FROEHLICH, 2011), divididas em duas famílias: Perlidae e Gripopterygidae (SILVA et al, 2011).

Na fase adulta os plecópteros são terrestres, mas na fase imatura são estritamente aquáticos (ESTEVES, 2011). Os adultos possuem dois pares de asas membranosas articuladas que se dobram sobre o abdome, sendo as anteriores alongadas e relativamente estreitas, enquanto as posteriores são um pouco mais curtas e têm geralmente um lobo anal bem desenvolvido que se dobra em leque quando em repouso (LECCI & FROEHLICH, 2007).

Os hábitos alimentares dos adultos são variáveis, alguns não se alimentam, outros somente bebem água, como os Perlidae, já outros plecópteros se alimentam de líquens, algas verdes, botões foliares ou de frutos. As ninfas muito jovens se alimentam de material particulado fino e posteriormente diferenciam-se em formas predominantemente predadoras (Perlidae) alimentando-se de outros insetos aquáticos, e formas raspadoras



(Gripopterygidae) (LECCI & FROEHLICH, 2007). Entretanto, alguns estudos sobre alimentação indicam que alguns plecópteros são onívoros (FROEHLICH, 2011).

Esse grupo taxonômico é muito sensível a perturbações ambientais (MUGNAI et al., 2010). Colonizam ambientes de água correntes, limpas, transparentes e bastante oxigenadas, na maioria das vezes trechos de pequena ordem (ESTEVES, 2011). As ninfas podem ser encontradas sob pedras em riachos, e ocasionalmente em qualquer lugar do riacho onde exista oxigênio e alimento (LECCI & FROEHLICH, 2007). Por ser um grupo suscetível a alterações aquáticas é utilizado como indicador de qualidade ambiental (MUGNAI, et al., 2010).

Os Trichoptera (do grego *trichos* = pelo + *pterón* = asa) constituem uma ordem relativamente grande, com cerca de 13.000 espécies (CALOR, 2011; MUGNAI et al., 2010). São insetos holometábolos (metamorfose completa) que vivem a maior parte de suas vidas em corpos d'água, principalmente bastante oxigenados (ambientes lóticos) (CALOR & FROEHLICH, 2007). A fase adulta é aérea, enquanto as larvas são aquáticas e podem ser diferenciadas em formas de vida livre e larvas construtoras de casas (ESTEVES, 2011).

A característica mais conhecida desses animais é a capacidade de construir abrigos fixos ou móveis, utilizando uma secreção produzida pelas glândulas de seda (que se abrem na sumidade do lábio) e areia, pedras pequenas ou porções vegetais (MUGNAI et al, 2010; CALOR, 2011), que servem como proteção, cobrindo preferencialmente a região abdominal das larvas (ESTEVES, 2011). Essas larvas habitam vários nichos tróficos, sendo importante na transferência de energia do ecossistema; apresentam regime alimentar muito variado: fitófago, carnívoro, onívoro ou detritívoro (MUGNAI et al., 2010).

As larvas dos tricópteros possuem cabeça distinta com cápsula cefálica totalmente desenvolvida e esclerotizada com omatídios presentes; as antenas são curtas, embora na família Leptoceridae as antenas sejam mais longas e conspícuas. Ao contrário dos adultos, as larvas possuem peças bucais bem desenvolvidas que consistem em um pequeno labro, um par de mandíbulas, um par de maxilas e um lábio (VIDOVIX, 2013). O abdome pode apresentar traqueobrânquias filamentosas, isoladas ou em tufos cujo número e disposição têm importância taxonômica (MUGNAI, et al., 2010).

Os Trichoptera se destacam no movimento da qualidade da água por apresentarem elevada riqueza e abundância, níveis variados de sensibilidade a alterações físicas e químicas e à poluição dos ecossistemas aquáticos (NOGUEIRA et al., 2011), obtendo respostas específicas a identificação da alteração do corpo d'água (SANTOS et al., 2016).

Quanto à ordem Odonata (do grego *odón*, genitivo singular: *odóntos* = dente), o nome deriva do fato de as mandíbulas apresentarem dentes (NEISS et al., 2011). Constitui uma ordem relativamente pequena, com aproximadamente 5.000 espécies (MUGNAI et al., 2010). Apresentam formas imaturas (ninfas) aquáticas que podem ser encontradas em diversos tipos de corpos hídricos, colonizando desde riachos, lagos e até fitotelmos (acúmulo de água em plantas) (ESTEVES, 2011).

Os Odonata são insetos relativamente grandes, têm cabeça móvel, antenas curtas e setáceas, peças bucais mastigadoras, olhos compostos laterais e três ocelos; o tórax é robusto, com dois pares de asas similares, longas, estreitas e com muitas nervuras. O abdome é longo e delgado, cilíndrico ou achatado (NEISS et al., 2011). O período juvenil varia de algumas semanas a vários anos e é constituído de nove a quinze estágios (MUGNAI et al., 2010). Os adultos, tipicamente diurnos, com alguns crepusculares, são voadores ativos que apresentam comportamentos territoriais e sexuais bastante complexos (SOUZA et al., 2007).

Ecologicamente, são todos predadores (MUGNAI et al., 2010), os adultos caçam em vôo, capturando outros insetos, inclusive outros odonatos; as larvas capturam principalmente outros artrópodos, larvas de peixes e de anfíbios (SOUZA et al., 2007). Dentre o grupo de insetos aquáticos os indivíduos da ordem Odonata são um dos mais conspícuos, podendo ser afetados tanto por fatores ambientais, como por estruturais, sendo este último entendido como as estruturas físicas no espaço, promovidas muitas vezes pela presença de galhos, troncos, macrófitas ou outros objetos submersos (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2013). Como a maior parte das espécies necessita de condições restritas para sua instalação em um determinado ambiente, são muito sensíveis às mudanças ambientais e podem ser utilizados como bioindicadores de qualidade da água (MUGNAI et al., 2010).

A ordem Coleoptera (do grego *kóleos* = bainha, estojo + *pterón* = asa), é a maior ordem de insetos, com cerca de 350.000 espécies, sendo conhecidos popularmente como besouros (MUGNAI et al., 2010). Os besouros aquáticos (em estágios larvais ou adultos),

representam somente 3% do total de espécies de Coleopteros descritos. Entretanto, este grupo é extremamente diversificado e, portanto, as espécies aquáticas têm elevada importância na biodiversidade dos ecossistemas aquáticos continentais (ESTEVES, 2011).

Assim como os Tricópteros, a ordem Coleóptera é bastante diversificada apresentando exemplares em diferentes categorias tróficas, como predadores, herbívoros, raspadores, coletores, catadores, etc., compreendendo todos os tipos de material vegetal e animal (MUGNAI et al., 2010). Possuem também, diversas adaptações como a respiração aquática, podendo os espécimes apresentar desde sifões para a respiração atmosférica, com a manutenção de uma bolha de ar na parte ventral do abdome, bem como a presença de traqueobrânquias estritamente aquáticas (ESTEVES, 2011).

As larvas sempre apresentam cabeça bem desenvolvida com aparelho bucal do tipo mastigador, mas a morfologia geral é muito variável: campoideiformes, escarabeiforme, cruciforme e vermiformes. Nos adultos, em muitas das espécies nadadoras, as pernas têm forma de remo com cerdas (MUGNAI et al., 2010; HAMADA et al., 2014).

A ordem Diptera (do grego *di-pteros* = com duas asas) é um grupo de insetos representado por cerca de 151.000 espécies, conhecidos como moscas e mosquitos (MUGNAI et al., 2010). Exemplares dessa ordem podem ser encontrados em diversos tipos de ambientes aquáticos, presentes desde pequenas poças temporárias, rios córregos, lagos até algumas espécies de hábito marinho (ESTEVES, 2011).

Dentre os representantes aquáticos, a família Chironomidae é a mais abundante e diversificada (PINHO & FROEHLICH, 2008). São organismos considerados bons bioindicadores da qualidade da água, pois são frequentes em inúmeros ambientes aquáticos continentais, respondendo a alterações ambientais em escalas locais (riachos) e regionais (áreas de drenagem) e até mesmo em escalas mais amplas, como bacias hidrográficas (DE TONI et al, 2014). A abundância desse grupo refere-se as adaptações desenvolvidas pelas larvas as quais permitiram explorar e colonizar ambientes que nenhum outro inseto foi capaz, sendo a principal adaptação relacionada a respiração (TRIVINHO-STRIXINO, 2014).

As larvas de Chironomidae são apnêusticas e capazes de respirar o oxigênio dissolvido na água através da superfície do corpo e expansões na extremidade posterior das larvas. Além disso, a hemoglobina no fluido corpóreo de espécies vermelhas participa da

respiração das larvas, sendo a cor variando de acordo com a quantidade de oxigênio existente no local (TRIVINHO-STRIXINO, 2014).

A maioria das larvas do grupo tem vida livre, nadando ou rastejando ativamente em seu habitat (Culicidae e Simuliidae). Por outro lado, outros podem viver enterrados no sedimento ou sob pedras (Tabanidae e Tipulidae), em madeira submersa ou macrófitas (Chironomidae e Tipulidae), em tubos formados por secreção salivar, associados à rocha, plantas e detritos (Chironomidae), ou raramente como parasitóides (larvas de Sciomyzidae, que infestam moluscos de água-doce) (COURTNEY & MERRITT, 2008), exercendo importantes funções no meio aquático, bem como decompositores (OLIVEIRA et al., 2014).

A ordem Diptera é caracterizada por um desenvolvimento holometábolo (MUGNAI et al., 2010) e uma larva do tipo vermiforme; o adulto se caracteriza por apresentar apenas duas asas, sendo o segundo par vestigial, modificado em um balancim; o aparelho bucal pode ser do tipo mastigador, lambedor, sugador ou picador. (PINHO & FROEHLICH, 2008; MUGNAI et al., 2010). A forma larval não apresenta pernas articuladas e a locomoção é subsidiada por projeções de tipo e formas diferentes localizadas nas margens anterior e posterior de um ou mais segmentos (MUGNAI et al., 2010; COURTNEY & MERRITT, 2008). As projeções são basicamente de dois tipos: falsas pernas e saliências locomotoras (MUGNAI et al., 2010).

Possuem um tipo de alimentação muito variado, alguns são herbívoros, alimentando-se de pólen e néctar, enquanto outros são carnívoros, que vai desde insetos que se alimentam de hemolinfa de outros organismos (alguns Ceratopogonidae) (COURTNEY & MERRIT, 2008). Há também os filtradores que desenvolveram adaptações especializadas e larvas de Simuliidae que se alimentam de matéria orgânica e inorgânica, incluindo detritos, bactérias, fragmentos de diatomáceas e de partículas de variados tamanhos (SANDINO, 2013).

O filo Annelida (do latim *annelus* = anel), representado pelas minhocas, é um grupo de água doce ou terrestre que compreende cerca de 16.500 espécies (MUGNAI et al., 2010), divididos entre as classes Oligochaeta, Polychaeta e Hirudinea (ESTEVES, 2011). A maioria é de vida livre, algumas são sedentárias, poucas são comensais e parasitas (MUGNAI et al., 2010). Vivem em tubos, galerias ou enterrados na areia; o longo corpo

mole é metamérico, ou seja, dividido em anéis os quais externamente são demarcados por sulcos; internamente, o metamerismo reflete-se na compartimentalização do celoma por um septo entre cada segmento (AMARAL et al., 2003).

A maioria das espécies do filo Annelida vive associadas a sedimentos orgânicos, produzidos quando há poluição. Portanto, geralmente são consideradas bioindicadoras de impacto de natureza orgânica em ecossistemas aquáticos continentais, sendo assim muito tolerantes aos impactos negativos induzido pelas atividades antrópicas (ESTEVES, 2011).

Nesse contexto, esses grupos de invertebrados aquáticos destacam-se pelo papel que desempenham no ecossistema como a ciclagem de nutrientes, a decomposição, a produtividade secundária, o fluxo de energia, a predação, a regulação das populações de plantas e de outros organismos (OLIVEIRA et al., 2014). Sendo assim, existem outros grupos que desempenham o mesmo destaque na importância da regulação do ecossistema e também com o potencial para o uso em programas de biomonitoramento ambiental, como citados anteriormente.

Como os problemas ambientais dos recursos hídricos estão associados diretamente às atividades econômicas, responsáveis pela inserção de uma ampla quantidade e variedade de elementos químicos, contribui para uma das maiores fontes de agressão aos ecossistemas. Embora muitos trabalhos sejam desenvolvidos para avaliar essa questão, por meio de variadas metodologias, o problema ainda é agravante.

Como os córregos do estudo percorrem o perímetro urbano, torna-se fundamental conhecimento da degradação local. No presente estudo a metodologia utilizada serviu para obter respostas da real situação dos locais, visto que nenhuma pesquisa foi feita para avaliar a intensidade da degradação local por meio dos macroinvertebrados bentônicos.

Portanto, os resultados obtidos no presente estudo geram informações necessárias que contribuem para planos e estratégias de restauração dos ambientes aquáticos e também conservação de espécies que servem como indicador ecológico da qualidade ambiental.

### **III BIOMONITORAMENTO DE ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS**

O monitoramento é um processo definido pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/05 (BRASIL, 2005) como sendo de “medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou

periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo d'água". No monitoramento ambiental, análises de comunidades são utilizadas para avaliar a qualidade ambiental com vistas à proteção da biodiversidade, ou seja, a qualidade ecológica do corpo d'água. A mesma resolução sugere a aplicação de comunidades aquáticas, "quando apropriado", em seu artigo 8º, 3º parágrafo.

Biomonitoramento pode ser definido como o uso sistemático das respostas dos organismos vivos para avaliar a degradação ambiental por qualquer impacto induzido pela atividade humana (MUGNAI et al., 2010). Ao longo dos anos, a humanidade vem provocando várias alterações no ambiente natural, transformando paisagens estruturadas em ambientes simplificados e conseqüentemente reduzindo a biodiversidade.

Para analisar os aspectos biológicos dos ecossistemas, duas metodologias vêm sendo utilizadas. Os métodos "*bottom-up*" utilizam fundamentalmente dados de laboratório por meio de experimentação em sistemas simples com subseqüente extrapolação para sistemas mais complexos. A metodologia "*top-down*", por sua vez, avalia em nível macro os impactos ambientais por meio da medição da alteração da organização estrutural e funcional das comunidades biológicas ou dos ecossistemas (OLIVEIRA & PES, 2014; BUSS et al., 2003).

Vários organismos têm sido utilizados como bioindicadores de modificações, podendo ser agrupados em três categorias principais: os indicadores ambientais; os indicadores ecológicos e os indicadores de biodiversidade (OLIVEIRA et al., 2014). Assim, os macroinvertebrados bentônicos formam o grupo taxonômico mais utilizado em programas de monitoramento biológico, pois têm alta capacidade de viverem e manterem ampla diversidade na maioria dos ecossistemas aquáticos (BAPTISTA, 2008).

A qualidade biológica da água começou a ser pesquisada devido a observações de que apenas as informações das análises físico-química não eram suficientes para descrever integralmente o nível da qualidade do recurso hídrico (BAPTISTA, 2008). A partir disso, pesquisadores começaram a desenvolver metodologias para o monitoramento biológico (OLIVEIRA et al., 2014). Ao se aplicar o biomonitoramento, é preciso haver uma seleção criteriosa das ferramentas utilizadas, ou seja, escolher bem os chamados bioindicadores e também deve ser feita em conjunto com a avaliação físico-química, uma vez que os organismos respondem a fatores abióticos (SILVEIRA et al., 2004). As vantagens de seu

uso é a resposta a perturbações em todos os ambientes aquáticos e em todas as épocas do ano (SOUZA FILHO et al., 2014), sendo as metodologias de coleta simples e de baixo custo.

No planejamento amostral é primordial estabelecer a questão a ser abordada, como a variável ecológica destinada a avaliar a qualidade de um corpo d'água para a sustentação da biodiversidade aquática. O princípio básico é a comparação entre uma área controle não impactada, contra um local que deseja mensurar a condição ambiental. Por exemplo, em um projeto para avaliar a qualidade da água em uma bacia hidrográfica, são selecionados rios com pouca intervenção humana e rios supostamente impactados por atividades humanas (SILVEIRA, 2004).

Portanto, a utilização do biomonitoramento em ambientes aquáticos torna-se uma ferramenta de controle da qualidade ecológica e também para auxiliar nos processos de avaliação, utilizando como indicador a biota. Nesse sentido, reforça uma linha de pesquisa que demonstra a necessidade de conservação e preservação dos recursos hídricos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAISHI, F. M. **Aplicação de biomarcadores de contaminação ambiental em estudos de laboratório e monitoramento em campo**. 2003. 123f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Biologia Celular e Molecular, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2003.

AMARAL, A. C. Z.; LANA, P. C.; FERNANDES, F. C.; COIMBRA, J. C. Biodiversidade bêntica da região Sul-Sudeste da costa brasileira. *REVIZEE Score Sul – Bentos*. Editora São Paulo. **Ministério do Meio Ambiente – MMA**. 2003.

BAPTISTA, D. F. Uso de macroinvertebrados em procedimentos de biomonitoramento em ecossistemas aquáticos. *Revista Oecologia Brasiliensis*, v. 12, n 3, p. 425-441, Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**. Brasília, 21 de março de 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA n° 1 de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**. Brasília, 17 de março de 1986.

BUSS, D. F.; OLIVEIRA, R. B.; BAPTISTA, D. F. Monitoramento biológico de ecossistemas aquático continentais. *OecolBrasil*, 12: 339- 345. Rio de Janeiro, 2008.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.465-473, abr. 2003. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2003000200013>. Acesso em: 05 out. 2016.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, Jr., J. F.; MORENO, P. Invertebrados aquáticos como bioindicadores. **In: Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais**. Belo Horizonte: UFMG. v. 1, p. 1-12, 2004.

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

CALOR, A. R. Checklist dos Trichoptera (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, [s.l.], v. 11, p.619-630, dez. 2011. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1676-06032011000500028>. Acesso em: 06 out. 2016.

CALOR, A. R.; FROEHLICH, C.G. Ordem Trichoptera (Arthropoda: Insecta). **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo: Plecoptera**.





São Paulo, 2007. Disponível em: [http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia\\_online/](http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/). Acesso em: 05 out. 2016.

COURTNEY, G. W.; MERRITT, R. W. Aquatic Diptera, larvae of aquatic diptera. Part one. **An introduction to the aquatic insects of North America, RW Merritt, KW Cummins and MB Berg (eds.). Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa, p. 687-722, 2008.**

DE TONI, K. R.; NAVA, D.; RESTELLO, R. M.; DECIAN, V.; ROVANI, I. L.; HEPP, L. U. Integridade da paisagem e sua influência sobre a composição da comunidade de Chironomidae (Diptera) em riachos de pequena ordem. **Revista Ecologia Austral**. v.24 n.3, p.335-342, 2014.

ESTEVES, F. De Assis. Fundamentos de limnologia. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, 826p.

FROEHLICH, C. G. Checklist dos Plecoptera (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, [s.l.], v. 11, p.601-606, dez. 2011. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1676-06032011000500026>. Acesso em: 05 out. 2016.

GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, n° 1. 2003.

KUHLMANN, M. L.; JOHNSCHER-FORNASARO, G.; OGURA, L. L.; IMBIMBO, H. R. V. Protocolo para biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo. CETESB – Companhia Ambiental do estado de São Paulo. São Paulo, 2012.

KRUPEK, R. A.; BRANCO, C. C. Z.; PERES, C. K. Variação sazonal das variáveis físicas e químicas em riachos de duas bacias da região centro-sul do estado do Paraná, sul do Brasil. **Ambiência Guarapuava**, Paraná, v. 6, n. 2, p.297-302, agosto, 2010.

LECCI, L.S. & FROEHLICH, C.G. In: Ordem Plecoptera (Arthropoda: Insecta). **Guia online: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo: Plecoptera**. São Paulo, 2007. Disponível em: [http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia\\_online/](http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/). Acesso em: 05 out. 2016.

MARTINS, R. T.; OLIVEIRA, V. C De.; SALCEDO, A. K. M. Uso de insetos aquáticos na avaliação de impactos antrópicos em ecossistemas aquáticos. In: HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia. Manaus – AM: INPA, 2014, 724p.



MOTA, E. C. M.; MARQUES, J. A. A.; DIAS, N. de O. SANTOS, C. R. A dos. Diagnóstico ambiental de dois cursos hídricos urbanos de Goiânia com indicadores bióticos. **Revista Mirante**, Anápolis - GO, v. 2, n. 7, p.109-144, dez. 2014.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Technical Books, 2010, 176p.

NEISS, U. G.; QUERINO, R. B.; MONTEIRO, C. T.; HAMADA, N. Libélulas e suas famílias. **Um guia ilustrado – Habitats e distribuição**. INPA. Manaus – AM, 2011.

NOGUEIRA, D. S.; CABETTE, H. S. R.; JUEN, L. Estrutura e composição da comunidade de Trichoptera (Insecta) de rios e áreas alagadas da bacia do rio Suiá-Miçú, Mato Grosso, Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, [s.l.], v. 101, n. 3, p.173-180, set. 2011. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0073-47212011000200004>>. Acesso em: 20. set. 2016.

OLIVEIRA, V. C De.; PES, A. M. O. Inventário da fauna de insetos aquáticos: coleta, preservação e criação. In: HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia. Manaus – AM: INPA, 2014, 724p.

OLIVEIRA, M. A. de.; GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C. G. S.; LUCIA, T. M. C. D. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, [s.l.], v. 61, p.800-807, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201461000005>. Acesso: 20. set. 2016.

OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B.; CABETTE, H. S. R.; SILVA-PINTO, N., JUEN, L. As Variações na Comunidade de Odonata (Insecta) em Córregos Podem ser Preditas pelo Paradoxo do Plâncton? Explicando a Riqueza de Espécies Pela Variabilidade Ambiental. **Entomobrasilis**, [s.l.], v. 6, n. 1, p.01-08, 2013. Entomo Brasilis. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12741/ebrasilis.v6i1.250>. Acesso em: 04 out. 2016.

PES, A. M. O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L. Chaves de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Manaus - AM, v. 2, n. 49, p.181-204, jun. 2005.

PINHO, L. C.; FROEHLICH, C. G. Ordem Diptera (Arthropoda: Insecta). **In: Guia online: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2008. Disponível em: [http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia\\_online/](http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/). Acesso em: 05 out. 2016.

PRATT, J. M.; COLER, R. A. A procedure for the routine biological evaluation of urban runoff in small rivers. **Water Research**, v. 10, n. 11, p. 1019-1025, 1976.



QUEIROZ, J. F de. MOURA E SILVA, M. S. G.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Organismos bentônicos: Biomonitoramento da qualidade das águas. **EMBRAPA Meio Ambiente**, 92p, 1º ed. Jaguariúna – SP, 2008.

SALLES, F. F.; NASCIMENTO, J. M. C Do.; CRUZ, P. V.; BOLDRINI, R.; BELMONT, E. L. L. Ordem Ephemeroptera. In: HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus – AM: INPA, 2014, 724p.

SALLES, F. F. **A ordem Ephemeroptera no Brasil (Insecta): Taxonomia e diversidade**. 2006. 32p. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2006.

SANDINO, L. D. R. Composición y estructura de la fauna de dípteros de la cuenca del Rio Alvarado (Tolima-Colombia). Trabalho de conclusão de curso. Ciencias biológicas. Universidad del Tolima – Facultad de Ciencias, Departamento de biología, Grupo de investigación en Zoología. 103p. Ibagué, 2013.

SANTOS, L. B dos; CORREIA, D. L. S.; SANTOS, J. C. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores do impacto urbano. **Journal Of Environmental Analysis And Progress**, Uberaba, MG, v. 1, n. 1, p.34-42, out. 2016.

SILVA, F. A. C Da.; BARBOSA, L. S.; ALMEIDA, G. L De. Distribuição de imaturos de Plecoptera (Insecta) em substratos de riachos da estação biológica de Santa Lucia, Santa Teresa, ES. In: X Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço, 2011. Resumo, Rio de Janeiro: Sociedade de Ecologia do Brasil – SEB, 2011, 3p.

SILVA, R. M. L da. FROEHLICH, C. G. Ordem Ephemeroptera (Arthropoda: Insecta). In: **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2007. Disponível em: [http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia\\_online/](http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/). Acesso em: 05 out. 2016

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Jaguariúna – SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004, 68p. (Documento 36).

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F de. BOEIRA, R. C. **Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos**. Jaguariúna – SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004, 7p. (Comunicado técnico 19).

SOUZA FILHO, F. De A.; SCARANO, F. R.; NICOLODI, J. L.; VITAL, H.; KLEIN, A. H. Da F.; TRAVASSOS, P. E. P. F.; HAZIN, F. H. V.; PELLEGRINO, G. Q.; TAKAGI, M. Recursos naturais, manejo e uso de ecossistemas. In: Impactos, vulnerabilidades e adaptação: Primeiro relatório de avaliação nacional, Rio de Janeiro: PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, v.2, 2014, 414p.



SOUZA, T. G. S.; VERÇOSA, C. J.; SOUZA, C. M.; MOURA, D. F.; SILVA FILHO, T. P.; NEVES, R. F. Abordagem didática sobre bioindicadores em ecossistemas aquáticos. In: Biodiversidade e água: desafios e cooperação, I CONICBIO / II CONABIO / VI SIMCBIO, Recife – PE. Resumos Expandidos do I CONICBIO / II CONABIO / VI SIMCBIO, Universidade Católica de Pernambuco – Recife, v.2, 2013.

SOUZA, L. O. I de; COSTA, J. M.; OLDRINI, B. B.; FROEHLICH, C. G. Ordem Odonata (Arthropoda: Insecta). In: **Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2007. Disponível em: [http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia\\_online/](http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/). Acesso em: 05 out. 2016.

STEGEMAN, J. J.; BROUWER, M.; DI GUILIO, R. T.; FORLIN, L.; FOWLER, B. A.; SANDERS, B. M.; VAN VELD, P. A. Molecular responses to environmental contamination: enzyme and protein systems as indicators of chemical exposure and effects. In: HUGGETT, R.J.; KIMERLE, R.A.; MEHRLE, J.; BERGMAN, H.L. (Ed.). Biomarkers: biochemical, physiological and histological markers of anthropogenic stress. Boulder: Lewis Publishers, 1992. 235p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Limnologia. São Paulo: **Ofina de Textos**, 2008, 631p.

VIDOVIX, T. A. da S. Taxonomia de Macroema Pictet (Insecta: Trichoptera: Hydropsychidae) e associação de larvas e adultos por meio de COI. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Entomologia), Instituto Nacional de Pesquisa na Amazônia – INPA. Manaus – AM, 2013.

WINK, C; GUEDES, J. V. C.; FAGUNDES, C. K. ROVEDDER, A. P. INSETOS EDÁFICOS COMO INDICADORES DA QUALIDADE AMBIENTAL. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages-RS, v. 4, n. 1, p.60-71, out. 2005.

## **CAPÍTULO 2 - MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO BIOINDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL EM TRÊS RIACHOS DA BACIA DO RIO AMAMBAI, ALTO RIO PARANÁ, BRASIL**

Leyzinara Zenteno Clemente<sup>1</sup>, Jelly Makoto Nakagaki<sup>2</sup>, Sidnei Eduardo Lima-Júnior<sup>2</sup>,

1 Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Rodovia Dourados-Itahum, km 12, 79804-970, Dourados, MS.

2 Laboratório de Ecologia do Centro de Estudos em Recursos Naturais – CERNA/UEMS, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Rodovia Dourados-Itahum, km 12, 79804-970, Dourados, MS.

### **RESUMO**

As atividades antrópicas causam alterações em todo o meio ambiente. Os efeitos dessas atividades observados em ambientes límnicos incluem a toxicidade, eutrofização artificial, acidificação, erosão das margens e assoreamento do leito. Com isso, essas consequências acarretam diminuição da biodiversidade e inutilização da água para consumo humano, além do empobrecimento da paisagem como fator turístico de uma região. Assim, o uso de invertebrados aquáticos é uma ferramenta ecológica importante na avaliação da integridade dos ecossistemas aquáticos. O objetivo desse trabalho foi avaliar a integridade ambiental de três córregos da Bacia do Alto Paraná. A coleta dos macroinvertebrados bentônicos foi realizada com um coletor do tipo surber. Em campo foram mensuradas a concentração de oxigênio dissolvido, pH, temperatura, turbidez e condutividade elétrica da água. Para o tratamento dos parâmetros ambientais foi feita uma Análise de Componentes Principais (PCA) a fim de sintetizar os dados, permitindo a escolha da forma mais representativa dos dados. Para análise biológica foi utilizado o índice BMWP, que considera apenas a presença/ausência de famílias de macroinvertebrados bentônicos. Foi feita uma Análise de Correlação Canônica (CCA) com os dados ambientais e bióticos com a finalidade de

buscar combinações lineares entre as duas variáveis. Os macroinvertebrados coletados pertencem a quatro filos (Nematoda, Annelida, Mollusca e Arthropoda), sendo que o filo Arthropoda foi o mais representativo (54,93%), predominando a ordem Diptera (30,29%). As ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, mais sensíveis, ocorreram apenas em quatro pontos amostrais, correspondendo aos locais menos impactados. Os organismos mais tolerantes foram encontrados distribuídos em todos os córregos, com maior abundância nos locais menos impactados, indicando que a intensidade da degradação observada nos córregos afeta inclusive os grupos menos sensíveis à poluição aquática. Dessa forma, recomenda-se que ações de recuperação e preservação dos córregos estudados sejam implementadas a fim de reestabelecer o equilíbrio ecológico e, conseqüentemente, a oferta de recursos naturais importantes para a população que vive no entorno desses corpos d'água.

**Palavras Chave:** Integridade ambiental; Biomonitoramento; Índice BMWP.

## **ABSTRACT**

Anthropic activities cause changes throughout the environment. The effects of these activities observed in limnic environments include toxicity, artificial eutrophication, acidification, erosion of the banks and bed sedimentation, whose consequences include reduction of biodiversity and the disablement of water for human consumption, as well as the impoverishment of the landscape as a tourist factor of a region. Thus, the use of aquatic invertebrates is an important ecological tool in assessing the integrity of aquatic ecosystems. The objective of this study was to evaluate the environmental integrity of three streams in Upper Paraná River. The collection of the benthic macroinvertebrates was performed with a surber type collector. The concentration of dissolved oxygen, pH, temperature, turbidity and electrical conductivity of water were measured in the field. For the biological analysis, the BMWP index and a Canonical Correlation Analysis were used. The sampled macroinvertebrates correspond to four phyla (Nematoda, Annelida, Mollusca and Arthropoda), in which the phylum Arthropoda was the most representative (54.93%), predominating the order Diptera (30.29%). The most sensitive orders, Ephemeroptera,



Plecoptera and Trichoptera, occurred only at four sampling points, corresponding to the least impacted sites. Tolerant organisms were found distributed in all streams, with greater abundance in less impacted sites, indicating that the intensity of degradation observed in Touro and Tarumã streams also affects groups less sensitive to aquatic pollution. Thus, it is recommended that the actions of recovery and preservation of studied streams are implemented in order to restore or ecological balance and, consequently, the supply of natural resources for population that lives around these water bodies.

**Key words:** Environmental integrity; Biomonitoring; BMWP Index.



## INTRODUÇÃO

As atividades antrópicas causam alterações em todo o meio ambiente. Nos ecossistemas aquáticos, essas alterações causam a perda da qualidade da água e conseqüentemente, a diminuição da diversidade ali presente (GOULART & CALLISTO, 2003). De acordo com Queiroz et al. (2008) a qualidade da água em cada região afeta o uso desse recurso, incluindo o abastecimento público, irrigação, geração de energia entre outros. Oliveira (2014) destaca ainda que muitos corpos d'água atravessam áreas urbanas e recebem efluentes domésticos e industriais, que causam perturbações na qualidade do ecossistema aquático.

A integridade biológica é diretamente afetada pela qualidade da água e o uso de invertebrados aquáticos é uma ferramenta ecológica importante na avaliação das características dos ecossistemas aquáticos (SOUZA PAULA, 2008). Várias técnicas de avaliação biológica são empregadas para quantificar a influência das atividades antrópicas sobre a condição biótica dos recursos hídricos, sendo uma delas o biomonitoramento, baseado no pressuposto que componentes biológicos respondem a degradação ambiental, alterando suas características estruturais e funcionais (GAFNY et al., 2000).

Como os recursos hídricos estão sujeitos a alterações, a biota reage a esses estímulos. Os organismos interagem com as condições ambientais durante toda a sua vida, permitindo que a avaliação biológica seja utilizada com eficiência na detecção tanto de lançamentos crônicos contínuos quanto de ondas tóxicas intermitentes agudas. Além disso, as metodologias biológicas são eficazes na avaliação de poluição não pontual (difusa), tendo, portanto, grande valor para avaliações em escala regional (MUGNAI et al., 2010). O uso de bioindicadores é muito amplo e sua aplicação vai desde o aperfeiçoamento de normas de qualidade por empresas industriais ao desenvolvimento de legislação específica para o controle de poluição (SILVEIRA et al., 2004).

Para Silveira (2004), o uso de macroinvertebrados bentônicos é uma vantagem na avaliação biológica no corpo hídrico, pois estes são sensíveis a vários tipos de poluentes e distúrbios físicos. Estes organismos constituem um conjunto bastante diversificado, como os grupos Insecta, Annelida (principalmente Oligochaeta e Hirudinea), Crustacea



(Decapoda, Amphipoda e Isopoda), Mollusca (Bivalvia e Gastropoda) e alguns Turbellaria (KUHLMANN et al., 2012).

De acordo com Kuhlmann et al. (2012), esta biota é componente essencial para o funcionamento dos ecossistemas aquáticos, atuando nos processos ecológicos de transferência de energia e de ciclagem de nutrientes. São de natureza relativamente sedentária, permitindo uma análise espacial eficiente dos efeitos das perturbações, pois vivem em contato com o sedimento e também com muitos poluentes, acumulando toxinas a níveis facilmente detectáveis (SILVEIRA, 2004). Segundo Pinto et al. (2009), seu longo ciclo de vida, comparado a outros organismos, permite a análise de mudanças temporais causadas pelas alterações, além de apresentarem metodologias de análise e coleta simples e de baixo custo, taxonomia conhecida e boa disponibilidade de chaves de identificação.

Este tipo de monitoramento é um processo definido pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 (BRASIL, 2005) como sendo de “medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição de controle da qualidade do corpo d’água”. No monitoramento ambiental, análises de comunidades são utilizadas para avaliar a qualidade ambiental com vistas à proteção da biodiversidade, ou seja, a qualidade ecológica do corpo d’água (QUEIROZ et al., 2008). A mesma Resolução CONAMA 357/2005 sugere a aplicação de comunidades aquáticas, “quando apropriado”, em seu artigo 8º, 3º parágrafo.

A fim de utilizar a comunidade de macroinvertebrados como bioindicadora de qualidade ambiental com maior eficiência, alguns índices biológicos foram criados. Dentre eles, pode-se destacar o BMWP (Biological Monitoring Working Party), o qual leva em consideração a tolerância (capacidade aclimatação) das famílias de macroinvertebrados a poluentes orgânicos (BISPO et al., 2006).

Assim como o biomonitoramento, análises química e física são feitas em grande escala para monitorar o recurso hídrico, ressaltando que as análises biológicas não substituem as avaliações química e física, mas geram informações complementares fornecendo a avaliação dos efeitos da perturbação, e que as análises químicas e físicas fornecem indicações das causas e vice-versa (MUGNAI et al., 2010).

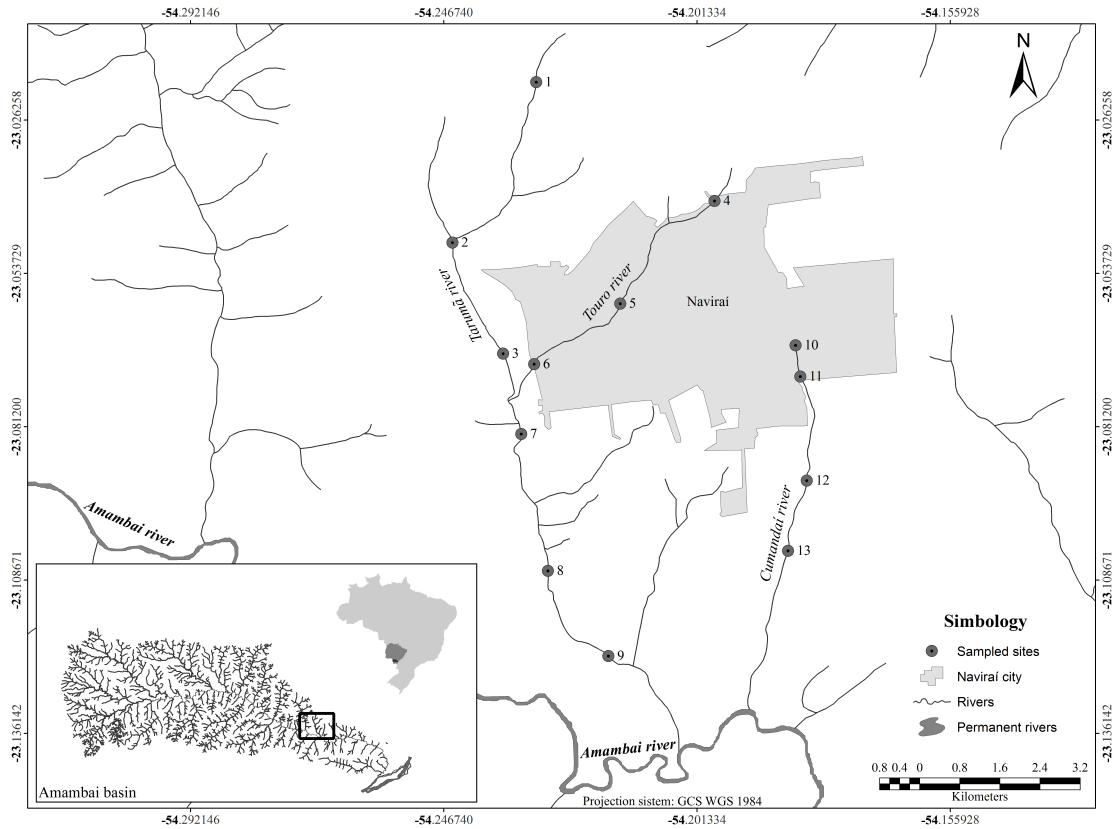
Apesar disto, poucos estudos deste tipo foram realizados em rios ou riachos da Bacia do Alto Paraná no estado Mato Grosso do Sul. Nesse contexto, a proposta do presente estudo foi avaliar a qualidade ambiental de três córregos no município de Naviraí – MS, com uso de macroinvertebrados bentônicos bioindicadores de qualidade ambiental, indicando os grupos biológicos mais sensíveis e tolerantes, e gerar informações que possam servir como subsídios para estudos de nível de impacto do meio ambiente.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Local de estudo**

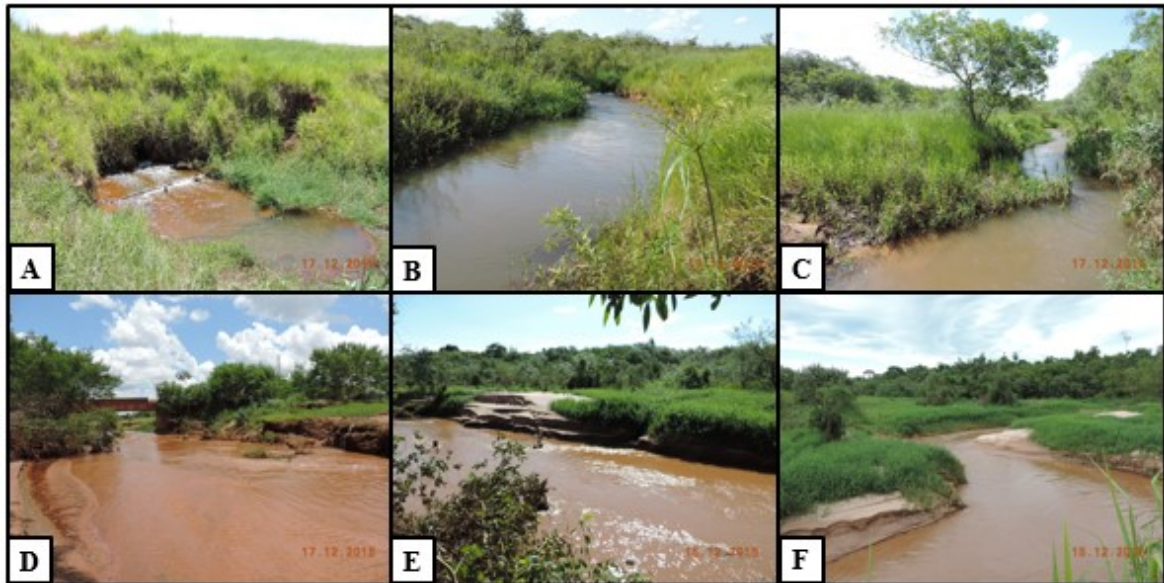
O presente estudo foi desenvolvido no município de Naviraí, localizado no Estado de Mato Grosso do Sul, Centro Oeste do Brasil, coordenadas 23°03'54"S e 54°11'26"W, com área aproximada de 3.194 km<sup>2</sup> e população de 52.367 habitantes (IBGE, 2016). O clima tropical de altitude é abrangente na região, temperatura média das máximas é de 28°C, a média está em torno de 22°C e a média das mínimas é de 12°C. A cobertura vegetal predominante é constituída pelo Bioma Cerrado e transição para Mata Tropical, ocorrendo também transições florestais de Mata Atlântica e com predomínio de solo Latossolo Vermelho escuro (IMASUL, 2011).

As amostragens foram realizadas no mês de dezembro de 2015 nos córregos Tarumã, Touro e Cumandaí, Bacia do Rio Amambai, Alto Rio Paraná. Foram definidos 13 pontos de coleta ao longo dos córregos e para cada ponto amostral foram obtidas três amostras de material biológico (nas margens direita e esquerda e no centro do curso d'água). Os pontos amostrais foram escolhidos de acordo com os distintos níveis de integridade ambiental ao longo dos afluentes (Figura 1). Estes três córregos podem ser caracterizados por apresentar correnteza moderada (cerca de 0,6 m/s), pequena profundidade (entre 1 e 1,5m), pH entre 5 e 7, temperatura variando entre 24 e 30 °C e ausência de mata ciliar nativa. Os substratos encontrados ao longo dos afluentes foram de fundo pedregosos, arenosos e uma fina camada de matéria orgânica particulada. Estes tributários têm seu curso atravessando a área urbana de Naviraí, estando sujeitos ao descarte de efluentes domésticos e industriais, os quais podem causar profundas alterações no meio.



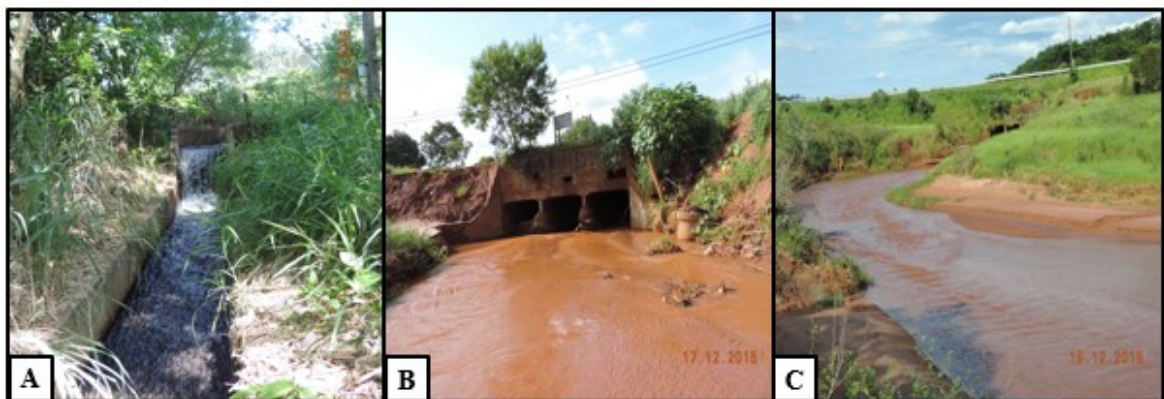
**Figura 1:** Localização dos pontos de coleta dos córregos Tarumã, Touro e Cumandaí, Naviraí – MS, Bacia do Rio Amambai, Alto Rio Paraná, Brasil.

As áreas amostrais do córrego Tarumã (Figura 2) encontram-se com paisagem antropizada, ausência de mata de galeria nativa, predominância de vegetação herbácea constituída por plantas C4 (Cyperaceae, Poaceae) estabelecidas sobre solo drenado com calha bem definida. Alguns trechos podem ser caracterizados como degradados, devido ao fato de receberem efluentes industriais. Os pontos da nascente até a confluência com o córrego Touro são os locais menos impactados. Após a foz do Touro, o córrego Tarumã passa a receber resíduos advindos área urbana, o que o torna mais alterado.



**Figura 2:** Córrego Tarumã: A (ponto 1, nascente); B (ponto 2, alto curso); C (ponto 3, médio curso, antes da confluência com o córrego do Touro); D (ponto 7, médio curso, após a confluência com o córrego do Touro); E (ponto 8, baixo curso); F (ponto 9, foz).

O córrego do Touro (Figura 3) apresenta locais altamente antropizados, muito assoreados e com grande quantidade de bancos de areia, além de receber efluentes domésticos. Remanescente de mata ciliar esparsa, pouco significativa. A vegetação predominante é constituída por espécies oportunistas de ambientes degradados com desenvolvimento rápido e pouco exigentes (*Cyperus compressus*, *Melinis minutiflora*, *Ricinus communis*, *Brachiaria* sp.).



**Figura 3:** Córrego Touro: A (ponto 4, alto curso); B (ponto 5, curso médio, após atravessar a cidade de Naviraí – MS); C (ponto 6, foz).



No córrego Cumandaí (Figura 4) as áreas são degradadas, com grande efeito de erosão, assoreamento e escoamento de sedimentos. A vegetação presente é arbórea arbustiva estabelecida em um solo mais profundo, com predomínio de espécies oportunistas indicadoras de ambientes degradados (*Cyperus compressus*, *Melinis minutiflora*, *Ricinus communis*, *Brachiaria* sp.). No ponto 13 há predomínio de vegetação ciliar pioneira de transição entre o estágio arbóreo-arbustivo pouco significativo.



**Figura 4:** Córrego Cumandaí: A (ponto 10, alto curso, no perímetro urbano de Naviraí – MS); B (ponto 11, alto curso, próximo ao perímetro urbano de Naviraí – MS); C (ponto 12, curso médio); D (ponto 13, baixo curso).

### Coleta e análise dos dados

Em campo foi obtido um conjunto de variáveis limnológicas com uma sonda multiparâmetro Horiba u53, sendo mensurados em cada ponto: condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), turbidez (NTU) e pH. A profundidade (m) e a largura (m) foram mensuradas com trena e a velocidade da água ( $\text{m s}^{-1}$ ) obtida por meio do Fluxômetro Global Water FP 101.

Para tratamento dos parâmetros ambientais foi utilizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) com a finalidade básica de sintetizar os dados, eliminando sobreposições entre as variáveis, permitindo a escolha da forma mais representativa de

dados a partir de combinações lineares das variáveis originais. Posteriormente, os escores obtidos para local de coleta foram plotados em um plano cartesiano definido pelos dois primeiros componentes principais a fim de possibilitar a visualização gráfica da ordenação dos locais.

O equipamento utilizado para coleta do material biológico foi do tipo surber, ideal para coleta em riachos rasos, com área amostral de 900cm<sup>2</sup>, malha coletora de 250µm e uma colher de metal para revolver e obter todo o substrato contido dentro da área amostral. O coletor de surber foi colocado contra a correnteza para que, o material revolvido se concentrasse na malha coletora. O material obtido foi acondicionado em sacos plásticos, etiquetados com papel vegetal e fixados com formol a 4%.

No laboratório de Ecologia do Centro de Estudos em Recursos Naturais – CERNA/UEMS, o material biológico coletado foi corado com rosa de bengala em concentração de 12 mg L<sup>-1</sup>, para facilitar a visualização dos macroinvertebrados durante a triagem. Posteriormente o material passou pelas etapas de lavagem, pré-triagem, triagem e identificação.

A lavagem consiste em separar o material grosseiro do mais particulado em água da torneira com peneiras de malha superior do coletor de surber (1 ou 2mm), a fim de facilitar os demais procedimentos. Na pré-triagem as amostras foram colocadas em bandejas translúcidas, com a finalidade de fazer os macroinvertebrados flutuarem facilitando a remoção, colocando-os em frascos de vidro, fixados em álcool a 70% e etiquetados, otimizando a triagem na lupa estereoscópica. A etapa da triagem consistiu na identificação dos macroinvertebrados, na qual foram utilizados manuais e protocolos de identificação de Mugnai et al. (2010), Silveira (2004) e Hamada et al. (2014) a qual foi feita com auxílio da lupa estereoscópica (Zeiss Stereo Discovery V8), buscando identificar ao nível de família cada organismo quando possível.

Após a identificação dos macroinvertebrados bentônicos obteve-se, para cada local, o índice biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party) modificado e adaptado pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Seção de Limnologia do IAP do Estado do Paraná (IAP, 2003). Este é um índice qualitativo, que considera apenas a presença/ausência de famílias de macroinvertebrados bentônicos. A cada uma das famílias discriminadas no índice, é atribuído um valor de 1 a 10, de acordo com seu grau de

tolerância ou sensibilidade a poluentes orgânicos (sendo 1 o valor atribuído para os organismos mais tolerantes, e 10 o valor atribuído para os organismos mais sensíveis ao impacto).

Foi feita uma Análise de Correlação Canônica (CCA) com os dados ambientais e bióticos, com o objetivo de buscar uma combinação linear entre os dois grupos de variáveis, de tal forma que a correlação entre os dois conjuntos seja maximizada. Essa análise permite identificar as principais correlações existentes entre as variáveis bióticas e ambientais. Para o conjunto de variáveis ambientais foram usados os escores dos dois primeiros componentes principais obtidos na PCA, de forma a eliminar a redundância que existiria se as variáveis originais fossem empregadas, atendendo a uma das premissas da CCA (MANLY & NAVARRO ALBERTO, 2017). Para o conjunto dos dados bióticos, foram selecionadas as abundâncias dos grupos biológicos que ocorreram em pelo menos três locais de coleta: ordens Diptera, Collembola, Coleoptera, Odonata, Ephemeroptera e Trichoptera da Classe Insecta, além dos filos Annelida e Nematoda.

## RESULTADOS

Na Análise de Componentes Principais (PCA), os dois primeiros Componentes Principais explicaram 62,55% da variância total dos dados ambientais (Tabela 1). As maiores cargas do primeiro Componente Principal (PC1) foram observadas para as variáveis condutividade, pH e largura – todas com cargas positivas. No segundo PC, foram consideradas como cargas significativas as variáveis O<sub>2</sub> (carga positiva) e profundidade (carga negativa) (Tabela 2).

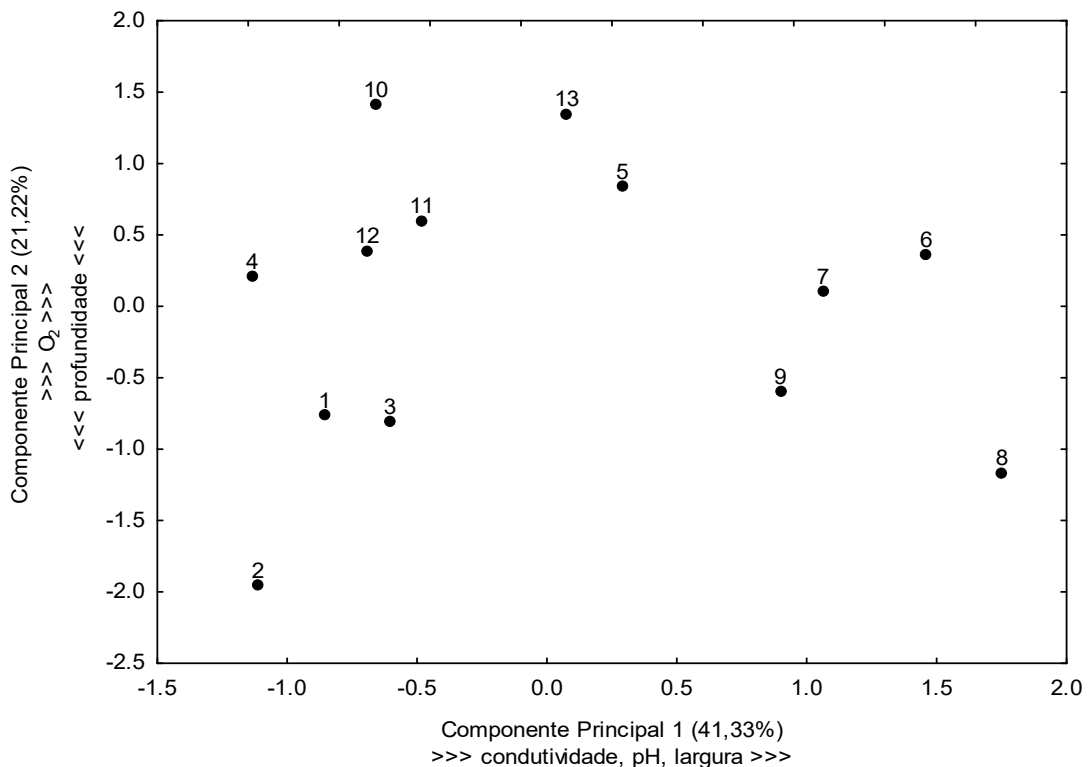
**Tabela 1:** Propriedades dos componentes principais gerados na análise de oito variáveis ambientais.

Componente Principal	Autovalor	% Total	Autovalor acumulado	Variância Acumulada (%)
1	3,3061	41,3265	3,3061	41,3265
2	1,6977	21,2212	5,0038	62,5478
3	1,3817	17,2718	6,3856	79,8196
4	0,8131	10,1635	7,1987	89,9831
5	0,4697	5,8707	7,6683	95,8539
6	0,1584	1,9797	7,8267	97,8335
7	0,1369	1,7117	7,9636	99,5452
8	0,0364	0,4548	8,0000	100,0000

**Tabela 2:** Correlação entre as 8 variáveis ambientais e os dois primeiros Componentes Principais produzidos na análise dessas variáveis. As correlações com valor em módulo maior que 0,75, em negrito, foram consideradas significativas.

Variáveis ambientais	PC 1	PC 2
O <sub>2</sub>	-0,4662	<b>0,7575</b>
Turbidez	0,1258	0,3622
Condutividade	<b>0,8309</b>	0,0039
pH	<b>0,8636</b>	0,3999
Temperatura	0,6206	-0,4577
Largura	<b>0,8907</b>	-0,0084
Profundidade	-0,3039	<b>-0,7893</b>
Velocidade	0,6050	0,0174

Os pontos amostrais 5, 6, 7, 8, e 9 apresentaram alto valor para condutividade, pH neutro e foram os córregos de maiores larguras, agrupando-se na metade direita do plano cartesiano formado pelos dois primeiros componentes principais (Figura 5).



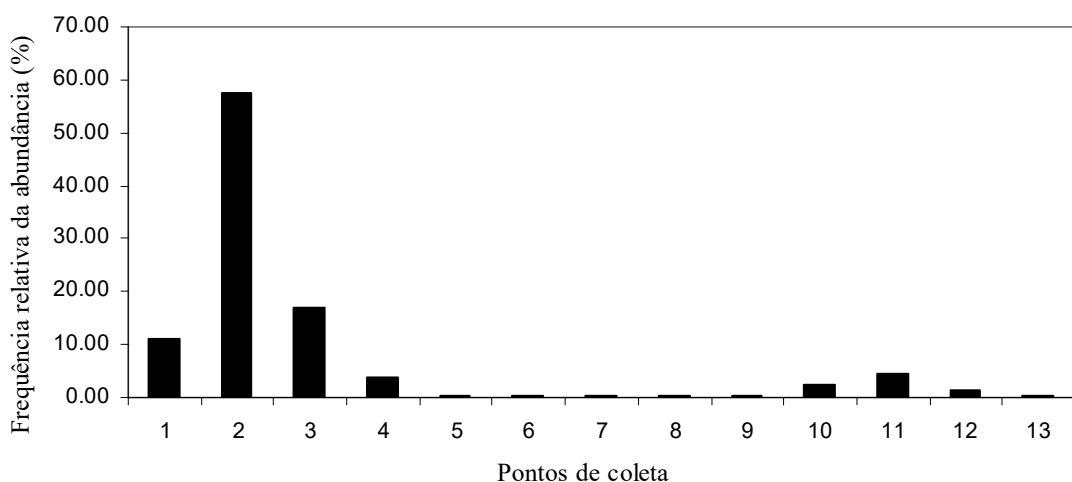
**Figura 5:** Distribuição dos escores de cada local de coleta no plano formado pelos dois primeiros componentes principais, obtidos a partir dos dados ambientais.



No total foram coletados 3.031 indivíduos, distribuídos em quatro filos (Annelida, Arthropoda, Molusca e Nematoda), sendo o filo Arthropoda o mais abundante. A classe Insecta foi a mais representativa com nove ordens: Diptera (30,29% do total dos indivíduos), Ephemeroptera (16,20%), Collembola (5,71%), Odonata (0,92%), Coleoptera (0,86%), Trichoptera (0,53%), Lepidoptera (0,20%), Plecoptera (0,20%) e Hemiptera (0,03%). Dentre os Diptera a família Chironomidae foi a mais abundante, presente em todos os pontos amostrais.

O ponto amostral 2, no córrego Tarumã, apresentou a maior abundância, com 57,6% do total dos indivíduos amostrados (Figura 6) e 9 grupos de invertebrados. Foi possível identificar 21 famílias da classe Insecta. Nas demais classes e ordens não foi possível a identificação até o nível de família devido ao tamanho diminuto dos organismos (Tabela 3).

A classe Oligochaeta, do filo Annelida, representou 28,93% dos indivíduos coletados, ausente apenas em um ponto de coleta (ponto 7). O terceiro grupo biológico mais abundante foi a ordem Ephemeroptera, com 16,20% dos indivíduos, distribuída em três famílias: Baetidae, Leptophlebiidae e Leptoxyphidae (Tabela 3). Também foram encontrados nos ambientes estudados, além dos grupos já citados, Nematoda (1,22%), Hirudinea (7,62%), Gastropoda (0,10%) e Bivalvia (7,19%) (Tabela 3).



**Figura 6:** Frequência relativa de invertebrados bentônicos encontrados nos pontos amostrais dos córregos Touro, Tarumã e Cumandaí.

**Tabela 3:** Invertebrados bentônicos amostrados nos córregos Touro, Tarumã e Cumandaí.

Filo/Classe	Ordem	Família	N	Ocorrência (sites)
Arthropoda/Insecta	Diptera	Chironomidae	795	1 - 13
Arthropoda/Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	11	1 - 3, 10 - 12
Arthropoda/Insecta	Diptera	Simuliidae	89	1 - 3, 5
Arthropoda/Insecta	Diptera	Empididae	6	1
Arthropoda/Insecta	Diptera	Tipulidae	3	1, 2
Arthropoda/Insecta	Diptera	Psychodidae	10	2, 6, 10, 11
Arthropoda/Insecta	Diptera	Stratiomidae	3	6, 10, 11
Arthropoda/Insecta	Diptera	Culicidae	1	7
Arthropoda/Insecta	Coleoptera	Elmidae	26	1, 2, 4, 10, 11
Arthropoda/Insecta	Lepidoptera	Pyralidae	6	1, 10
Arthropoda/Insecta	Hemiptera	Belostomatidae	1	1
Arthropoda/Insecta	Odonata	Dictyrididae	2	2
Arthropoda/Insecta	Odonata	Calopterygidae	14	2, 3
Arthropoda/Insecta	Odonata	Perilestidae	2	2
Arthropoda/Insecta	Odonata	Libellulidae	7	1, 2
Arthropoda/Insecta	Odonata	Aeshnidae	3	2
Arthropoda/Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	443	1, 3, 4
Arthropoda/Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	28	1
Arthropoda/Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	20	2, 4
Arthropoda/Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	16	1, 3, 4
Arthropoda/Insecta	Plecoptera	Perlidae	6	1, 3
Arthropoda/Insecta	Collembola		173	2, 3, 6, 8 - 13
Annelida/Oligochaeta			877	1 - 7, 9 - 13
Annelida/Hirudinia			231	2 - 5
Molusca/Gastropoda			3	10
Molusca/Bivalvia			218	2
Nematoda			37	2, 3, 9, 11, 13
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>21</b>	<b>3031</b>	<b>-</b>

A partir da abundância dos táxons amostrados foi calculado o índice biótico BMWP para a classificação da qualidade da água nas seguintes classes: para o córrego Tarumã da sua nascente à foz o nível de qualidade é classificado pela classe IV (duvidosa – são evidentes efeito moderados de poluição) à classe VII (fortemente poluída – sistema fortemente alterado). Os pontos de coleta nos córregos Touro e Cumandaí foram classificados entre V (poluídos – águas contaminadas) e VII (fortemente poluída) (Tabela 4).

**Tabela 4:** Comparação da abundância total das amostragens de invertebrados aquáticos e pontuação do índice BMWP.

Pontos	Córrego	Abundância Total	Pontuação BMWP	Classificação BMWP
1	Tarumã	338	63	IV - Duvidosa
2	Tarumã	1746	64	IV - Duvidosa
3	Tarumã	513	40	V - Poluída
4	Touro	118	28	VI - Muito Poluída
5	Touro	15	8	VII - Fortemente Poluída
6	Touro	11	11	VII - Fortemente Poluída
7	Tarumã	8	4	VII - Fortemente Poluída
8	Tarumã	7	3	VII - Fortemente Poluída
9	Tarumã	8	3	VII - Fortemente Poluída
10	Cumandaí	78	27	VI - Muito Poluída
11	Cumandaí	134	20	VI - Muito Poluída
12	Cumandaí	40	7	VII - Fortemente Poluída
13	Cumandaí	15	3	VII - Fortemente Poluída

Com relação à análise de correlação canônica (CCA), somente a primeira raiz apontou correlação significativa entre as variáveis abióticas e bióticas ( $R$  canônico=0,98;  $p=0,02$ ). As variáveis condutividade, pH e largura (que compõem o CP1) se mostraram negativamente correlacionadas com a abundância de Diptera, Odonata, Trichoptera, Annelida e Nematoda (Tabela 5).

**Tabela 5:** Correlações entre os componentes abióticos (CPs) e bióticos com a primeira raiz obtida na Análise de Correlação Canônica. As correlações com valor em módulo maior que 0,5, em negrito, foram consideradas significativas.

Variáveis	Correlação com a Raiz 1
Componente Principal 1	<b>-0.9531</b>
Componente Principal 2	-0.3027
Diptera	<b>0,6206</b>
Collembola	0,1550
Coleoptera	0,4890
Odonata	<b>0,5300</b>
Ephemeroptera	0,4323
Trichoptera	<b>0,5349</b>
Annelida	<b>0,5747</b>
Nematoda	<b>0,5321</b>

## DISCUSSÃO

A avaliação dos córregos localizados nos arredores do perímetro urbano de Naviraí – MS permitiu classificá-los entre menos impactados a extremamente impactados, visto que não foram encontrados pontos não impactados, ou seja, pontos íntegros. Foi possível identificar a predominância de insetos da ordem Diptera e de anelídeos da classe Oligochaeta em todos os pontos de coleta (com fundo pedregoso, arenoso ou matéria orgânica), visto que esses grupos são, em geral, mais tolerantes às perturbações do ecossistema aquático (ESTEVES, 2011). Nos trabalhos desenvolvidos por Flor & Souto (2016) e Bem et al. (2015), os autores também observaram o domínio desses grupos devido à presença de ambientes alterados.

De acordo com Queiroz et al. (2008) ambientes impactados são ideais para a proliferação de macroinvertebrados tolerantes, como os encontrados nas áreas de estudo. Kikuchi & Uieda (2005), estudando a composição e distribuição de macroinvertebrados bentônicos em diferentes substratos, também apontaram a predominância de Diptera comumente associado a fundos rochoso, vegetal e sedimento. Nesse estudo, esse grupo foi encontrado em todos os pontos amostrais, com ênfase nas famílias Chironomidae e Simuliidae. A ocorrência de quironomídeos em todos os pontos de coleta dos riachos pode estar relacionada à sua alimentação, visto que estes consomem partículas finas dos substratos aquáticos (KIKUCHI & UIEDA, 2005), que é um alimento abundante, ou seja, há recurso para sua existência.

Do ponto de vista ecológico as larvas de Diptera ocupam todos os tipos de ambientes aquáticos, devido a vários mecanismos usados para respiração, que pode ser do tipo branquial, aérea ou mista (STERZ, 2011). Segundo Trivinho-Strixino (2014) a razão pelo qual isso acontece é pertinente a sua adaptação à respiração, sendo estas apnêusticas, capazes de respirar o oxigênio dissolvido na água através da superfície do corpo, pois possuem hemoglobina, fazendo com que armazenem maior quantidade de oxigênio possibilitando habitarem ambientes com baixa concentração de oxigênio.

No trabalho realizado por Sanseverino & Nessimian (2008), a representatividade da ordem Diptera foi elevada devido à tolerância a eventos extremos que levam ao enriquecimento da matéria orgânica no sedimento, sendo esses organismos menos

dependentes de fatores ambientais específicos como outros invertebrados mais sensíveis a alterações do meio.

A família Chironomidae foi a mais representativa do total dos indivíduos. Segundo Roque & Trivino-Strixino (2001), a alta abundância de Chironomidae, em relação aos demais grupos, pode ocorrer devido aos aspectos dos recursos hídricos do bioma Cerrado, que apresentam leitos arenosos e de baixa declividade proporcionando baixa heterogeneidade, fato também que pode ser observado nos córregos estudados. Pinto et al. (2011), em seu trabalho de levantamento de macroinvertebrados também observou alta expressividade para a família Chironomidae, estando presente em todos os pontos de coleta. Esses organismos conseguem sobreviver em ambientes de anóxia (depleção de oxigênio) por muito tempo, além de serem organismos detritívoros, o que também favorece sua adaptação aos mais variados tipos de ambientes (GOULART & CALLISTO, 2003).

A família Simuliidae, da ordem Diptera, representou 2,94% do total de indivíduos coletados. Esteve presente principalmente em ambientes menos impactados do córrego Tarumã (pontos 1, 2 e 3), possivelmente devido ao estabelecimento de vegetação herbácea, instituindo variados microhabitats. Apenas um exemplar foi capturado em ambiente altamente impactado (ponto 5, córrego do Touro). Kikuchi & Uieda (2005) constataram a presença de Simuliidae em períodos chuvosos e em corredeiras, sendo relacionado à corrente da água, obtendo alimento por meio dessa ação e a presença de estruturas que permitem a sua fixação em objetos submersos. Buffolo et al. (2016), pesquisando a preferência de habitat dos Simuliidae, apontam que esses organismos se desenvolvem em vários microhabitats, bem como submersos em ambientes lóticos, serrapilheira, algas ou plantas. Corroborando os resultados obtidos neste trabalho, Hamada et al. (2014) destacam ainda que os simuliídeos são encontrados em ambientes lóticos de pequeno a grande curso fixados em substratos submersos, utilizando uma seda secretada pelas suas glândulas salivares.

As classes Oligochaeta e Hirudinea, do filo Annelida, apresentam resistência às alterações de causa antrópica que ocorrem no meio aquático, pois conseguem sobreviver em ambientes com baixa concentração de oxigênio e se alimentam de matéria orgânica, algas e bactérias que crescem nesses locais (BIS & KOSMALA, 2010). Mugnai et al. (2010) apontam que a classe Hirudinea é abundante em riachos poluídos com dejetos

domésticos, mas com água corrente que propicia boa oxigenação. Os pontos de coleta 2, 3, 4 e 5, nos quais o grupo Hirudinea foi encontrado, apresentaram concentração de oxigênio dissolvido entre 5,5 e 6,7 mg L<sup>-1</sup>, e estão enquadrados na classe 3 de qualidade de água (moderadamente impactados), segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

A classe Oligochaeta, de acordo com Carvalho & Uieda (2004), tem sua ocorrência relacionada à correnteza moderada, pouca profundidade, ampla quantidade de matéria orgânica, que conseqüentemente pode apresentar afinidade com os detritos presentes em sedimento arenoso, o que coincide com as características da maioria dos locais de coleta, explicando a grande representatividade deste filo entre as amostras. Mugnai et al. (2010) também afirmam que a classe Oligochaeta é encontrada em todo tipo de ambiente, desde solos úmidos a ambientes aquáticos; vivem tanto em águas correntes quanto estagnadas, no fundo, sobre pedras e em restos de vegetação, o que vai ao encontro dos resultados obtidos nesse estudo, que registrou ausência desse grupo em apenas um ponto de coleta (ponto 7).

As ordens de insetos consideradas mais sensíveis às alterações do meio aquático, utilizadas em muitos trabalhos como bioindicadores de qualidade da água, são Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, cujo conjunto é chamado de EPT (MUGNAI et al., 2010; ESTEVES, 2011). Dentre a macrofauna aquática, o papel dessas ordens aplica-se não somente a sua ocorrência em um ecossistema aquático, mas especialmente à sua abundância na estrutura dos grupos bentônicos e contribuição à diversidade de espécies (CALLISTO et al. 2001). Neste trabalho observou-se pouca representatividade desses grupos, corroborando a constatação de que todos os locais de coleta apresentam algum tipo de impacto.

Dentre as ordens mais sensíveis, Ephemeroptera foi a mais frequente, demonstrando ser um grupo dominante entre as demais comunidades de invertebrados sensíveis. Tal fato pode estar relacionado às características dos pontos amostrais menos impactados (nascentes e área de várzea associada à vegetação de galeria), os quais foram alvos das coletas, pois, de acordo com Copatti et al. (2010), esse grupo é dominante em substrato pedregoso, por ser composto de organismos raspadores, filtradores e coletores.

A família da ordem Ephemeroptera mais significativa foi Baetidae, seguida de Leptohephyidae e Leptophlebiidae. Shimano et al. (2010), em um estudo na bacia do Rio Suiá-Miçú, no estado de Mato Grosso, também encontraram essas famílias de

Ephemeroptera mais abundantes. Assim, o mesmo autor observando resultados de estudos de vários pesquisadores com o mesmo grupo de invertebrado, ressalta que estas podem ser reflexo da maior diversidade das mesmas que comportam a diversidade específica do Brasil.

Os ambientes lóticos amostrados neste estudo não possuem sombreamento de mata ciliar, e, conseqüentemente, há maior entrada de luz, proporcionando uma maior produção autóctone e maior presença de macrófitas aquáticas. Esses fatores promovem maior oferta de alimento (FRANCISCHETTI, 2004), colaborando para a ocorrência dos indivíduos nesses ambientes. Por ser uma ordem menos tolerante à poluição, Plecoptera (MUGNAI et al. 2010) foi encontrada apenas nos pontos 1 e 3, totalizando 6 indivíduos da família Perlidae. A menor abundância desse grupo pode estar relacionada ao fato de os córregos estudados terem seus cursos próximos e dentro da zona urbana, limitando a ocorrência dessa ordem em maior abundância, pois são indivíduos que habitam águas limpas e correntes.

A presença desses indivíduos demonstra que os pontos onde se concentram estão menos impactados, apresentando baixa condutividade elétrica e concentração de oxigênio variando entre 5 e 6 mg L<sup>-1</sup>. Silva et al. (2011), estudando a distribuição das famílias de Plecoptera, encontraram maior ocorrência dessa ordem associada a folhiços, mesmo fato registrado nesta investigação. O acúmulo de folhas gera maior diversidade de micro ambientes.

As espécies da ordem Trichoptera, assim como as da ordem Plecoptera, também apresentaram abundância relativamente baixa, pois também vivem preferencialmente em ambientes bem oxigenados, com águas correntes e limpas (ESTEVES, 2011). Pode-se observar que os pontos em que os EPT foram encontrados estão localizados no córrego Tarumã antes da confluência com o córrego do Touro (pontos 1, 2 e 3) e na nascente do Touro (ponto 4), antes desse córrego atravessar a região urbana.

Esses locais são menos impactados e reúnem condições para o estabelecimento destes grupos, embora também estejam moderadamente degradados. Portanto, esses grupos mostraram-se adequados para diferenciar ambientes degradados de não impactados, sendo de fundamental importância a presença/ausência destes grupos em trabalhos de

biomonitoramento indicando o aumento de EPT com a saúde do ecossistema, além da presença dos organismos tolerantes.

Neste estudo, observou-se que as variáveis mais importantes para explicar a distribuição espacial dos grupos amostrados foram a condutividade, o pH e a largura do córrego (variáveis que compõe o primeiro componente principal dos fatores ambientais), que se mostraram negativamente correlacionadas com a abundância de Diptera, Odonata, Trichoptera, Annelida e Nematoda. Isso indica que mesmo grupos tolerantes (como Diptera e Annelida) apresentam menor abundância em locais mais impactados, evidenciado o alto grau de impacto ambiental a que os córregos estudados estão submetidos.

Os fatores físicos e químicos são importantes para a organização ecológica dos ecossistemas aquáticos e determinam, de acordo com Ribeiro & Uieda (2005), a ocorrência e distribuição dos organismos. A presença ou ausência de grupos de macroinvertebrados nas áreas estudadas mostraram-se como indicativos do nível de impacto destes locais, já que os pontos amostrais se situam em áreas antropizadas com lançamento de efluentes no perímetro urbano, o que pode resultar em aumento da carga orgânica e consequente diminuição nas concentrações de oxigênio dissolvido. De acordo com Barbola et al. (2011), baixas taxas de oxigênio dissolvido dificultam a manutenção da vida dos organismos aquáticos, fato este que pôde ser observado pela ausência de grupos mais sensíveis nas áreas mais impactadas.

Entre todas as variáveis ambientais, Bueno et al. (2003) destacam que os fatores de maior significância para os invertebrados bentônicos são a velocidade da correnteza, a temperatura e o oxigênio dissolvido na água. Giuliatti & Carvalho (2009) ressaltam que a velocidade da correnteza influencia no tamanho das partículas do substrato, afetando a distribuição do alimento e a remoção dos nutrientes. Assim, esse efeito exerce resultado direto sobre os organismos, sendo que em períodos de grande vazão os sedimentos do fundo dos córregos são deslocados provocando a remoção dos organismos presentes nesses locais. Segundo Kikuchi & Uieda (2005), alguns macrobentos têm a necessidade fundamental da ação da correnteza seja ela para auxílio na alimentação ou por exigências respiratórias. As corredeiras apresentam fluxo turbulento (irregular) da água, que interage com o substrato criando microcorrentezas com diferentes velocidades e direções. Assim,



são formados microhabitats entre as pedras com correntezas menores, onde acumulam-se grãos de areia e folhas (CRISCI-BISPO et al., 2007).

Os pontos de coleta classificados como de qualidade de água duvidosa pela aplicação do índice BMWP são locais em que foram encontrados organismos sensíveis a alterações do meio aquático, e também grupos tolerantes à degradação ambiental. Os locais classificados como poluídos a extremamente poluídos, por sua vez, são ambientes em que foram encontrados apenas grupos tolerantes e com abundância relativamente baixa de indivíduos. Levando em consideração a elevada precipitação observada no período das coletas, possivelmente a redução na riqueza e abundância de invertebrados aquáticos esteja relacionada a essa variação sazonal, que influencia no ciclo de vida dos insetos e pelo arraste dos organismos decorrente do aumento do volume e da velocidade das águas na estação chuvosa.

Silva et al. (2011), em trabalho desenvolvido no Rio Correntoso, Pantanal de Mato Grosso do Sul, avaliaram a estrutura da comunidade de insetos aquáticos indicadora da qualidade ambiental, utilizando três índices bióticos (BMWP, BMWP-ASP e IBF), sendo o índice BMWP o que melhor representou as condições do ambiente estudado. Yoshida & Uieda (2013), também avaliaram três índices bióticos (BMWP, ASPT e ICB<sub>RIO</sub>) no estudo de três riachos no estado São Paulo, concluindo que estes não se mostraram tão sensíveis aos impactos difusos pois esses índices medem somente impactos orgânicos. Sendo assim, é necessária cautela na interpretação dos resultados obtidos por meio do índice BMWP, pois essas variações podem ser decorrentes tanto de impacto ambiental quanto das características bioecológicas dos invertebrados bentônicos (YOSHIDA & UIEDA, 2013).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os grupos indicadores de boa qualidade ambiental, como Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, apresentaram abundância relativamente baixa em nossas amostragens, indicando que o sistema estudado se apresenta impactado como um todo. Apesar disso, ainda foi possível constatar que alguns pontos, no córrego Tarumã e na nascente do Touro, se apresentaram menos impactados e nestes locais foi registrada a ocorrência de grupos sensíveis à poluição. Os organismos tolerantes foram encontrados distribuídos em todos os córregos, com maior abundância nos locais menos impactados, indicando que a intensidade da degradação observada nos córregos Touro e Cumandá afeta inclusive os grupos menos sensíveis à poluição aquática. Dessa forma, recomenda-se que ações de recuperação e preservação dos córregos estudados sejam implementadas a fim de reestabelecer o equilíbrio ecológico e, conseqüentemente, a oferta de recursos naturais importantes para a população que vive no entorno desses corpos d'água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOLA, I. F.; MORAES, M. F. P. G.; ANAZAWA, T. M. Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui, Paraná, Brasil. **Iheringia Série Zoologia**, Porto Alegre - RS, v. 1-2, n. 101, p.15-23, jun. 2011.

BEM, C. C.; HIGUTI, A.; AZEVEDO, J. C. R. de. Qualidade da água de um ambiente lótico sob impacto antropogênico e sua comunidade bentônica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre - RS, v. 20, n. 2, p.418-429, jun. 2015.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**. Brasília, 21 de março de 2005.

BIS, B.; KOSMALA, G. Chave para identificação de macroinvertebrados bentônicos de água doce. **Programa Sócrates: Educação e cultura**, Polônia, 20p. 2010.

BISPO, P. C.; CRISCI-BISPO, V. L. Plecoptera. In: COSTA, S.; IDE, S.; SIMONKA, C.E. **Insetos Imaturos. Metamorfose e Identificação**. Ribeirão Preto: Ed. Holos, p.67-70. 2006.

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

BUFFOLO, I. R. A.; SOUZA, T. M. M.; SANTOS, S. S.; RODRIGUES, T.; BERBERT, L. C.; DOCILE, T. N.; FIGUEIRÓ, R. Desvendando os padrões de preferência de habitat de larvas de Simuliidae (Diptera) neotropicais e suas implicações para o controle do vetor. **Acta Biomedica Brasiliensia**: Rio de Janeiro, v. 7, n.1., 2016.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramenta para Avaliar a Saúde de Riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**: Belo Horizonte - MG, v. 6, n. 1, p. 71-82, 2001.

COPATTI, C. E.; SCHIRMER, F. G.; MACHADO, J. V. De V. Diversidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no Sul do Brasil. **Perspectiva**, Cruz Alta - RS, v. 34, n. 125, p.79-91, mar. 2010.

CARVALHO, E. M.; UIEDA, V. S. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 2, p. 287-293, 2004.

CRISCI-BISPO, V. L.; BISPO, P. C.; FROEHLICH, C. G. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera assemblages in litter in a mountain stream of the Atlantic Rainforest from



Southeastern Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Ribeirão Preto - SP, v. 3, n. 24, p.545-551, set. 2007.

ESTEVES, F. De A. Fundamentos de limnologia. 3 ed. Rio de Janeiro: **Interciência**, 2011, 826p.

FLOR, T. R.; SOUTO, H. N. Biomonitoramento do Lago Poço Verde na região de Coromandel (MG), utilizando macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade da água. **Revista Getec**, Coromandel - MG, v. 5, n. 10, p.12-30, 2016.

FRANCISCHETTI, C. N.; DA-SILVA, E. R.; SALLES, F. F.; NESSIMIAN, J. L. A Ephemeroptera (Insecta Ephemeroptera) do trecho ritral do Rio Campo Belo, Itatiaia, RJ: composição e mesodistribuição. **Lundiana**, v.5, n.1, p.33-39. Rio de Janeiro, 2004.

GAFNY, S.; GOREN, M.; GASITH, A. Habitat condition and fish assemblage structure in a coastal Mediterranean stream (Yarqon, Israel) receiving domestic effluent. **Hydrobiology**. 422/423: p. 319–330, 2000.

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

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

HAMADA, N.; SILVA, J. O Da.; PEPINELLI, M. TRINDADE, L. R. R Da. Ordem Diptera família Simuliidae. In: In: HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus – AM: INPA, 2014, 724p.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia. Manaus - AM: **Editora do INPA**, 2014. 724 p.

IAP. Instituto Ambiental do Paraná. **SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**. 26p. 2003. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/pagina-415.html>. Acesso em: 07 abr. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mato Grosso do Sul – Naviraí**. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/37T>. Acesso em: 04 de out. 2016.

IMASUL. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do sul. **Caderno Geoambiental: região Cone-sul**. 2011. Disponível em: <http://www.semade.ms.gov.br/caderno-geoambiental/>. Acesso em: 20 out. 2016.



KIKUCHI, R. M.; UIEDA, V. S. Composição e distribuição dos macroinvertebrados em diferentes substratos de fundo de um riacho no município de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Entomol. Vect.**, Botucatu - SP, v. 2, n. 12, p.193-231, 2005.

KUHLMANN, M. L.; JOHNSCHER-FORNASARO, G.; OGURA, L. L.; IMBIMBO, H. R. V. Protocolo para biomonitoramento com as comunidades bentônicas de rios e reservatórios do estado de São Paulo. **CETESB – Companhia Ambiental do estado de São Paulo**. São Paulo, 2012.

MANLY, B. F. J.; NAVARRO ALBERTO, J. A. Multivariate statistical methods: a primer. Fourth edicion. **Boca Raton; CRC Press**, 2017, 271p.

MERRIT, R. W.; CUMMINS, K. W. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. **Duduque: Kendal/ Hunt**, 2003.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: **Technical Books**, 2010. 176 p.

OLIVEIRA, M. L. De. Utilização de *Tradescantia Pallida* como bioindicador de contaminação ambiental ao longo do Rio Igarapé, Piauí. **Tese (Doutorado em Geografia)** Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, 125p, Recife - PE, 2014.

PINTO, A. S.; MOURA, D. A.; LIMA, F. P. A.; CORBI, J. J. Levantamento dos macroinvertebrados aquáticos do córrego lagoa serena, instituto de biotecnologia, uniara: avaliação do possível impacto ambiental do represamento. **Revista UNIARA**, v. 13, p. 114-123, 2011.

PINTO, R.; PATRÍCIO, J.; BAETA, A.; FATH, B. D.; NETO, J. M.; MARQUES, J. C. Review and evaluation of estuarine biotic indices to assess benthic condition. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 9, n. 1, p.1-25, jan. 2009. Elsevier BV. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2008.01.005>. Acesso em: 20 set. 2016

QUEIROZ, J. F de. MOURA E SILVA, M. S. G.; TRIVINHO-STRIXINO, S. Organismos bentônicos: Biomonitoramento da qualidade das águas. **EMBRAPA Meio Ambiente**, 92p, 1° ed. Jaguariúna – SP, 2008.

RIBEIRO, O. L.; UIEDA, V. S. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um Riacho de Serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.22, n.3, p613-618, 2005.

ROQUE, F.O.; TRIVINO-STRIXINO, S. Bentic macroinvertebrates in mesohabitats of diferents spatial dimensions in a first order stream (São Carlos -SP). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v.13, n.2, p. 69-77, 2001.

SANSEVERINO, A. M.; NESSIMIAN, J. L. Larvas de Chironomidae (Diptera) em depósitos de folhoso submerso em um riacho de primeira ordem da Mata Atlântica (Rio de Janeiro, Brasil). **Revista Brasileira de Entomologia**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 52, p.95-104, mar. 2008.

SHIMANO, Y. CABETTE, H. S. R., SALLES, F. F., JUEN, L. Composição e distribuição da fauna de Ephemeroptera (Insecta) em área de transição Cerrado-Amazônia, Brasil. **Iheringia, Sér. Zool.**, Porto Alegre, 100(4):301-308, 2010.

SILVA, F. A. C Da., BARBOSA, L. S.; ALMEIDA, G. L De. Distribuição de imaturos de Plecoptera (Insecta) em substratos de riachos da estação biológica de Santa Lucia, Santa Teresa, ES. In: **X Congresso de Ecologia do Brasil**, São Lourenço, 2011. Resumo, Rio de Janeiro: Sociedade de Ecologia do Brasil – SEB, 2011, 3p.

SILVA, F. H Da.; FAVERO, S.; SABINO, J.; GARNÉS, S. J. Dos A. Índices bióticos para avaliação da qualidade ambiental em trechos do rio Correntoso, Pantanal do Negro, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences: Maringá**, v. 33, n. 3, p. 289-299, 2011.

SILVEIRA, M. P. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. Jaguariúna – SP: **EMBRAPA Meio Ambiente**, 2004, 68p. (Documento 36).

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F de. BOEIRA, R. C. Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos. Jaguariúna – SP: **EMBRAPA Meio Ambiente**, 2004, 7p. (Comunicado técnico 19).

SOUZA PAULA, P. M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta na avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (MG). **Tese (Doutorado em Ecologia)**. Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais Instituto de Ciências Biológicas. Belo Horizonte – MG, 106p. 2008)

STERZ, C. ROZA-GOMES, M. F.; ROSSI, E. M. Análise microbiológica e avaliação de macroinvertebrados bentônicos bioindicadores da qualidade da água do Riacho Capivara, município de Mondai, SC. **Unoesc & Ciência – ACBS**. V. 2, n.1, p. 7-16. Joaçaba – SC, 2011.

TRIVINHO-STRIXINO, S. Ordem Diptera. Família Chironomidae. Guia de identificação de larvas In: HAMADA, N.; NESSIMIAN, J. L.; QUERINO, R. B. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia**. Manaus – AM: INPA, 2014, 724p.

YOSHIDA, Claudia Eiko; UIEDA, Virgínia Sanches. Índices bióticos mono e multimétricos de avaliação da qualidade da água em riachos de Mata Atlântica. **Ecologia e Meio Ambiente**, Bioikos, Campinas, v. 2, n. 27, p.79-88, dez. 2013.