



ISSN: 2525-815X

# Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: [www.ufrpe.br/jeap](http://www.ufrpe.br/jeap)

<http://dx.doi.org/10.24221/jeap.1.1.2016.965.34-42>



## Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores do impacto urbano

### Benthic macroinvertebrates as biological indicators of urban impact

Lívia Borges dos Santos<sup>a</sup>, Davi Leandro Santos Correia<sup>b</sup>, Jean Carlos Santos<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais-PPGECRN, Universidade Federal de Uberlândia-UFU, Av. Pará, Umuarama, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: [lilabs.07@hotmail.com](mailto:lilabs.07@hotmail.com).

<sup>b</sup> Pós-Graduação em Gestão Ambiental-PPGGA, Instituto Federal do Triângulo Mineiro-IFTM, Rua João Batista Ribeiro, 4000, Distrito Industrial, Uberaba, Minas Gerais, Brasil.

<sup>c</sup> PPGECRN-UFU.

#### ARTICLE INFO

Recebido 20 Sep 2016

Aceito 27 Sep 2016

Publicado 13 Oct 2016

#### ABSTRACT

On the past years, the natural sources and its unsustainable usage have become an increasing subject on academic studies. This contribution aimed to evaluate the impact of the Uberaba city over the Uberaba River, using ten metrics with benthic macroinvertebrates to classify the water quality (abundance, richness, EPT richness, Shannon-Weiner diversity, dominance, BMWP, EPT (%), EPT/Chironomidae (%), Odonata (%), Oligochaeta (%)). Four sampling points were measured, two before and two after the city. The results have shown that the points before the city are better preserved, and were better classified by the metrics, while the others have shown urban impacts and are considered with worse quality by the metrics. Evaluating the selected metrics, six metrics were totally efficient to represent the preservation state of the river.

**Keywords:** Benthos; city; degradation, multimetric index, water quality.

#### RESUMO

Nos último anos, os recursos naturais e seu uso insustentável tornaram alvo de estudo entre os pesquisadores. O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto que a cidade Uberaba tem sobre o Rio Uberaba, utilizando dez métricas com macroinvertebrados bentônicos para classificar a qualidade da água (abundância, riqueza, riqueza EPT, diversidade Shannon-Wiener, dominância, BMWP, EPT (%), EPT/Chironomidae (%), Odonata (%), Oligochaeta (%)). Foram aferidos quatro pontos de coleta, dois à montante e dois à jusante da cidade. Os resultados mostraram que os pontos à montante da cidade são mais preservados, e foram melhor classificados pelas métricas, enquanto os pontos à jusante apresentam impactos urbanos como e foram considerados com qualidade ruim pelas métricas. Ao avaliar as métricas utilizadas, seis das dez métricas selecionadas foram totalmente eficientes para representar o grau de conservação dos pontos amostrados e o impacto urbano da cidade de Uberaba sobre o rio Uberaba.

**Palavras-Chave:** Bentos, cidade, degradação, índice multimétrico, qualidade da água.

#### Introdução

A quantidade de rios que correm em áreas urbanizadas vem aumentando desde o século XX e possivelmente continuará a aumentar no futuro (Meyer et al., 2005). As bacias hidrográficas e a qualidade da água são crescentemente impactadas

pela urbanização, devido ao uso indevido dos recursos hídricos, tais como, a lavagem das ruas, transporte de material sólido e ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial (Tucci, 1999). Como consequência, a biodiversidade dos ecossistemas de água doce também sofre intensa

degradação por atividades antrópicas (Klemm et al., 2003). Muitos destes impactos antrópicos estão concentrados em rios urbanos, onde maior parte da população humana vive. A “síndrome de corrente urbana” (Fitzpatrick et al., 2007) se refere às diversas alterações que ocorrem sobre os rios, em função do somatório de impactos ambientais que advêm da intensa atividades humana nas cidades. Entre os diversos impactos, pode-se destacar: altas concentrações de nutrientes e contaminantes, menor número de pequenos rios nas bacias, alteração da morfologia do canal e de sua estabilidade, e redução da riqueza da biota com a dominância de espécies mais tolerantes, entre outros (Walsh, 2000).

Nos últimos anos os recursos naturais e seu uso insustentável tornaram alvo de estudo entre os pesquisadores. As pesquisas sugerem a importância de compreender os mecanismos de degradação da água em ambientes urbanos como base para projetos de recuperação, manutenção e uso sustentável desse recurso natural (Karr & Chu, 1999; Walsh, 2000). Neste sentido, o biomonitoramento é de fundamental importância para avaliar a conservação e qualidade dos ecossistemas aquáticos. Ele tem como propósito caracterizar o status do recurso aquático e monitorar tendências na condição das comunidades biológicas associadas a impactos antropogênicos (Resh et al., 1995). As comunidades de macroinvertebrados bentônicos tem sido amplamente utilizadas para a avaliação de impactos ambientais e monitoramento biológico (Goulart & Callisto, 2003; Bonada et al., 2006).

Os macroinvertebrados bentônicos são eficientes para o monitoramento e avaliação de impactos ambientais, devido à 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 (Esteves, 1988). No Brasil, o uso dos macroinvertebrados bentônicos ainda é limitado (Junqueira et al., 2000), pois muitos programas de monitoramento de ecossistemas aquáticos consideram apenas as análises químicas da água. Entretanto, agências brasileiras de proteção ambiental e instituições de pesquisa tem realizado estudos com os macroinvertebrados bentônicos para mensurar a qualidade dos cursos d'água (Baptista et al., 2007). Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto que a cidade Uberaba (MG) provoca sobre o rio que a corta, o Rio Uberaba, baseando em métricas com macroinvertebrados bentônicos para avaliar a qualidade da água. Assim, é esperado que nos pontos à montante da área urbana tenha uma qualidade de água boa, devido à presença da uma

unidade de conservação por onde o Rio Uberaba nasce e corre; nos pontos dentro da cidade e à jusante espera-se que a qualidade da água seja ruim, pois a área urbana irá influenciar negativamente a comunidade de macroinvertebrados bentônicos e qualidade da água.

## **Material e Métodos**

### *Área de estudo*

O rio Uberaba pertence à bacia hidrográfica do Rio Grande e possui uma área de 2.374,5 km<sup>2</sup> e extensão de cerca de 150 km nascendo na Área de Preservação Ambiental Rio Uberaba (APA) do município de Uberaba (MG), na Serra da Ponte Alta, no Distrito de Ponte Alta a uma altitude média de 1.012 m. O rio passa pelos municípios de Uberaba (MG), Veríssimo (MG), Conceição das Alagoas (MG) e Planura (MG) e desaguando no Rio Grande.

A APA Rio Uberaba é uma Unidade de conservação de Uso direto, reconhecida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação, destinada à conservação da biodiversidade, onde se permite utilizar os recursos naturais de forma sustentável, estabelecendo modelos de desenvolvimento (SEMEA, 2004).

### *Coleta de dados*

Para a coleta dos Macroinvertebrados Bentônicos (definido neste estudo como “MB”), foi utilizada a rede “D” (malha 250 micra) para amostrar, por dois minutos, uma área pré-selecionada de um metro e explorar todos os micro habitats existentes no trecho, garantindo a representatividade dos organismos (CETESB, 2003; Inag, 2008). O material amostrado foi transferido para sacos plásticos resistentes e devidamente etiquetados, com álcool 70% e corante rosa de bengala para preservar e corar os organismos.

No laboratório, as amostras foram lavadas com auxílios de peneiras granulométricas (malhas de 2 cm e 250 micra), para se retirar troncos, folhas e pedras, e outras impurezas. O material restante foi triado com o auxílio do estereomicroscópio (Marca Tecnival, aumento 80X) e bandeja transluminada - para otimizar a visualização dos organismos -, os indivíduos encontrados foram preservados em vidros etiquetados com álcool 70%. A identificação foi feita até o menor nível taxonômico possível, classificados e contados com o auxílio das mesmas lupas e da chave de identificação especializadas (Trivinho-Strixino & Strixino, 1995; Merrit & Cummins, 1996; Perez, 1996).

Os pontos de coleta no Rio Uberaba foram escolhidos de forma a testar as hipóteses deste trabalho, ou seja: P01 um ponto à montante e distante ( $\approx 17$  km) da área urbana, P02 à montante

e próximo ( $\approx 1$  km) à cidade, P03 dentro da malha urbana de Uberaba e, P04 à jusante ( $\approx 23$  km) da cidade (Figura 1).

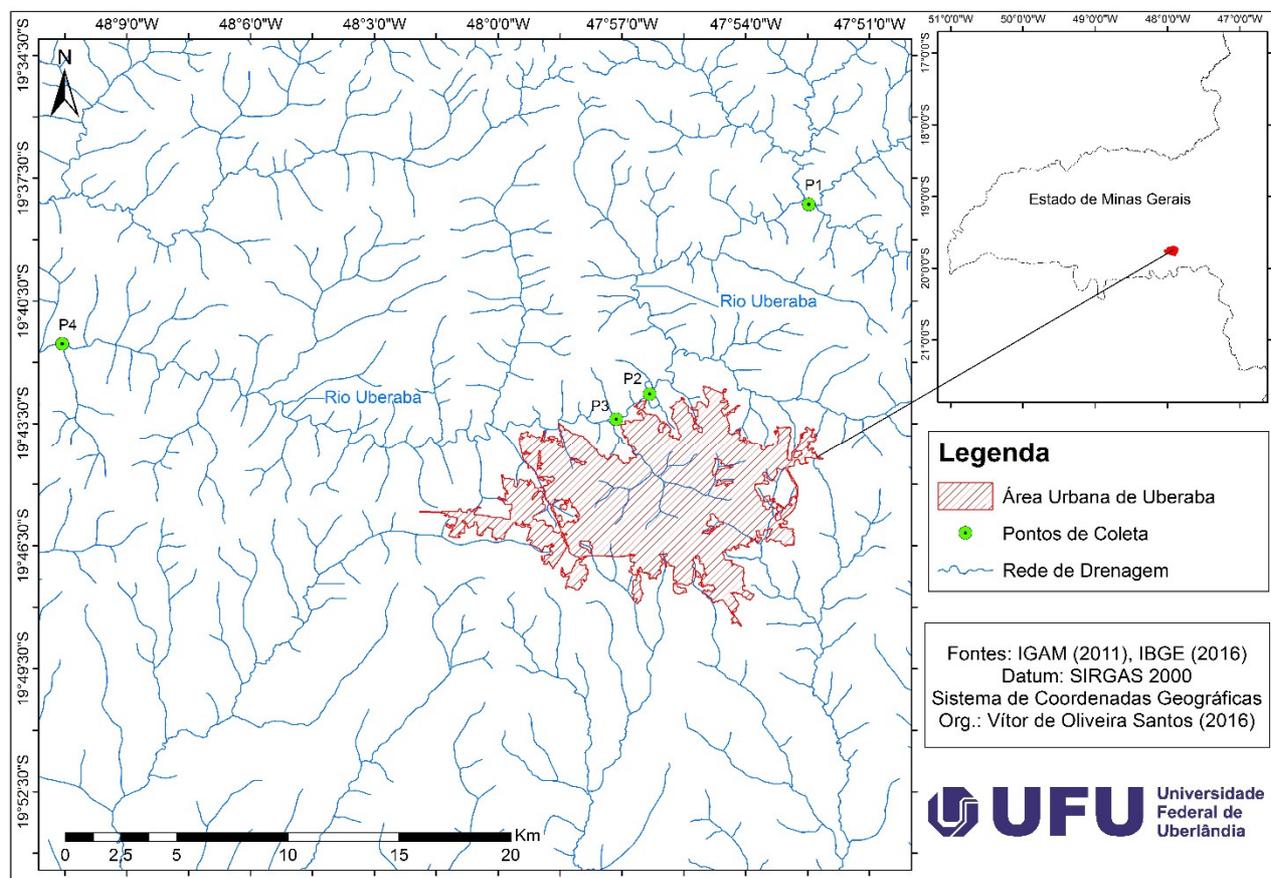


Figura 1. Pontos de amostragem ao longo do Rio Uberaba, Uberaba (MG).

#### Tratamento dos dados

A fim de avaliar o impacto urbano ao Rio Uberaba foram estabelecidas as métricas biológicas: abundância, riqueza, riqueza EPT, diversidade Shannon-Wiener, dominância, BMWP, EPT (%), EPT/Chironomidae (%), Odonata (%) e Oligochaeta (%), baseadas em MB.

A abundância foi considerada como a soma do número de indivíduos coletados. Na presença de poluição orgânica, o número de indivíduos pode ser elevado, principalmente os mais tolerantes (Thorne & Williams, 1997). Riqueza é o somatório do número de famílias (Hughes, 1978) amostradas em cada ponto. Essa métrica sofre muita influência por impactos antrópicos (Brittain & Saltveit, 1989), e seu valor baixo é um dos indicativos de degradação mais confiáveis para muitos grupos aquáticos (Dahl et al., 2004).

A riqueza EPT foi considerada como o número total de famílias que pertencem às ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera. Muitos organismos destas ordens são intolerantes à poluição, por isso, quanto maior o valor da métrica,

melhor a qualidade do ambiente (Plafkin et al., 1989).

A Diversidade Shannon-Wiener pode ser aplicada ao nível taxonômico de família (Hughes, 1978). A alta diversidade está relacionada com a boa saúde do ecossistema e indica que o habitat e recursos alimentares são suficientes para sustentar a sobrevivência e reprodução das espécies (Norris & Georges, 1993). A dominância é a proporção de indivíduos da família mais abundante em relação ao número total de indivíduos. Essa métrica indica que uma comunidade dominada por poucos táxons, ou seja, alto valor de dominância, reflete um ambiente em desequilíbrio (Barbour et al., 1999).

O BMWP foi criado para classificar a água em diferentes qualidades (excelente, boa, satisfatória, ruim e muito ruim). A classificação é feita por um sistema de escores padronizados, que é uma pontuação atribuída a diferentes famílias de macroinvertebrados de acordo com seu grau de tolerância à poluição orgânica. Depois de atribuir a todas as famílias na amostra uma pontuação, a soma é calculada (Armitage et al., 1983). Neste

estudo optou-se por utilizar os valores de classificação atribuídos por Monteiro (2008) em seu trabalho sobre o Rio Meia Ponte em Goiás (Tabela 1).

Tabela 1. Sistema de classificação da qualidade da água estabelecido por Monteiro et al. (2008) para os macroinvertebrados bentônicos na Bacia do Rio Meia Ponte – GO. Fonte: Monteiro et al. (2008).

CLASSE	Valor BMWP	Qualidade
I	$\geq 150$	Excelente
II	149-100	Boa
III	99-60	Satisfatória
IV	59-20	Ruim
V	$\leq 19$	Muito Ruim

A EPT (%) foi considerada como a razão entre a abundância de indivíduos representantes das ordens de EPT e o número total de indivíduos. Grande parte dos indivíduos pertencentes à essas ordens é sensíveis à poluição, assim, quando maior o valor da métrica, melhor a qualidade ambiental

(Resh & Jackson, 1993). A EPT/Chironomidae (%) foi considerada como a divisão entre a abundância relativa de EPT e porcentagem de Chironomidae, que é uma família considerada tolerante, enquanto as famílias de EPT são intolerantes à poluição. Desta maneira, a métrica apresenta baixos valores diante à poluição (Rosenberg & Resh, 1993). A Odonata (%) expressa a proporção entre a abundância de Odonata e a soma total de indivíduos presentes na amostra. Odonata pode ser considerada sensível à poluição (Junqueira et al., 2000). Por fim, a Oligochaeta (%) se refere à divisão entre a abundância de Oligochaeta e a densidade total de indivíduos presentes na amostra. Por Oligochaeta ser beneficiada pela entrada de matéria orgânica, quanto maior sua porcentagem, pior a qualidade do ambiente (Gerritsen, 1999).

### Resultados

A abundância de MB foi 108, 231, 883 e 31 indivíduos, respectivamente, nos pontos P01, P02, P03 e P04 (Figura 2).

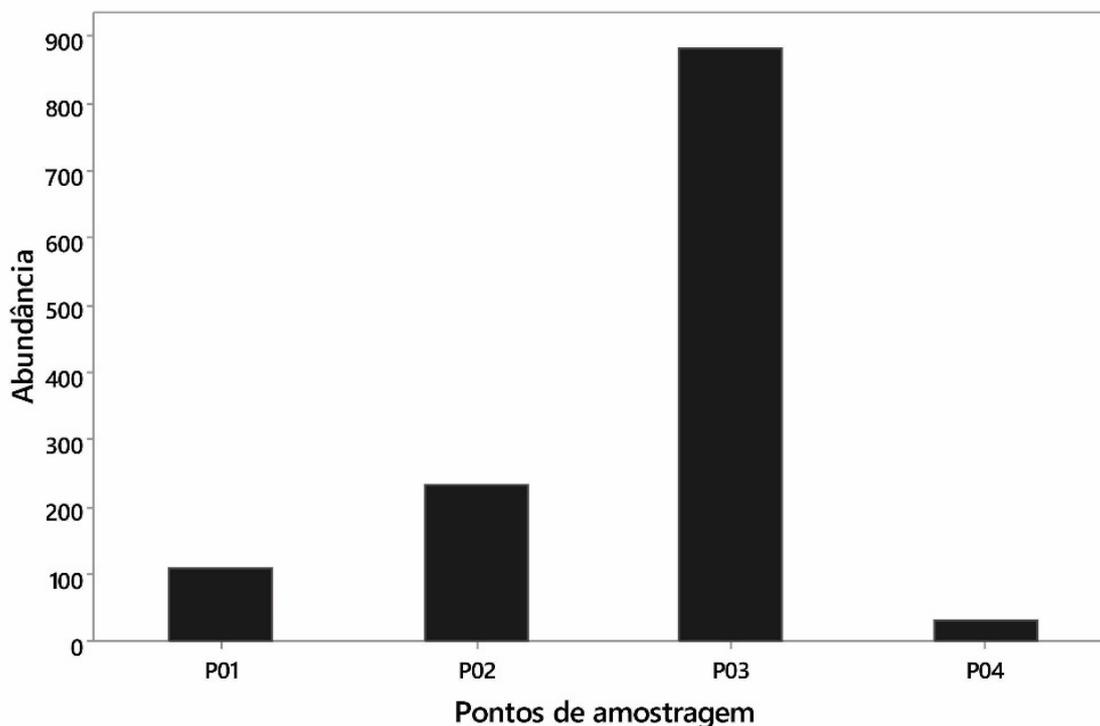


Figura 2. Métrica biológica Abundância dos Macroinvertebrados bentônicos utilizados como bioindicadores de qualidade ambiental para o Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.

A riqueza no P01 foi de 11 táxons, no P02 de 12 táxons, no P03 de 10 táxons e no P04 de 4 táxons (Figura 3A).

A riqueza de EPT no P01 foi 3 táxons, de P02 4 táxons e em P03 e P04 de 1 táxon (Figura 3B).

A diversidade de Shannon-Wiener no P01 apresentou valor de 1,461, no P02 de 1,362, no P03 de 0,661 e no P04 de 0,9682 (Figura 3C).

A dominância do P01 totalizou 54,63%, do P02 foi de 41,56%, do P03 foi de 81,99% e do P04 foi de 58,06% (Figura 4A). O índice de BMWP atribuiu uma pontuação de 49 (qualidade ruim) ao

P01, 67 pontos (qualidade satisfatória) ao P02, 43 pontos (qualidade ruim) ao P03 e 22 pontos (qualidade ruim) ao P04 (Figura 4B). A EPT (%) do P01 foi de 12,96%, do P02 foi de 27,71%, do P03 foi de 0,11% e do P04 foi de 6,45% (Figura 4C).

A EPT/Chironomidae (%) no P01 foi de 87,50%, no P02 foi de 104,92%, no P03 foi de

0,89% e no P04 foi de 20% (Figura 5A). A Odonata (%) totalizou 2,78% no P01, 0,43% no P02, 1,36% no P03 e 0% no P04 (Figura 5B). A Oligochaeta (%), os valores ficaram em 11,11%, 41,56%, 81,99% e 58,06%, respectivamente, nos pontos P01, P02, P03 e P04 (Figura 5C).

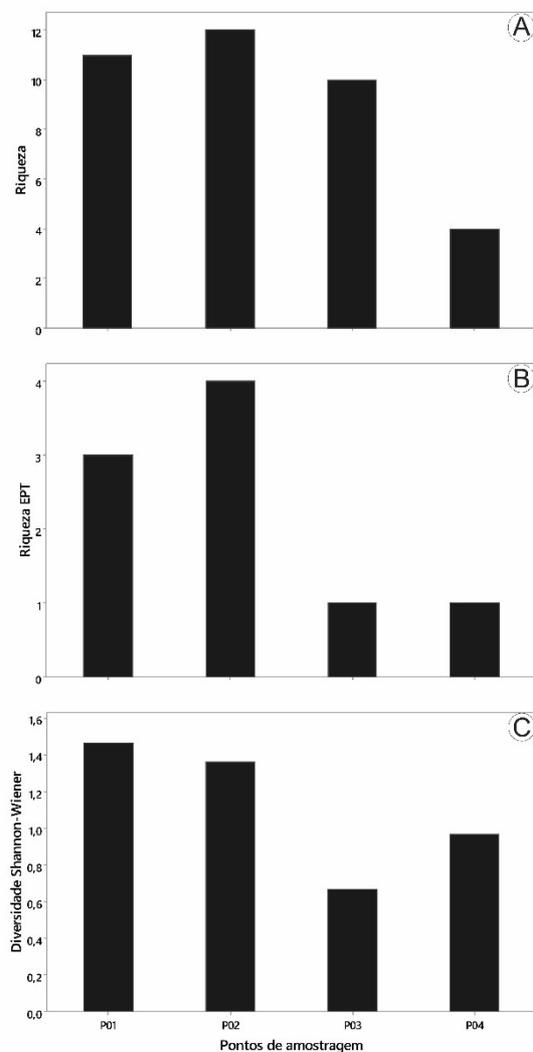


Figura 3. Métricas biológicas Riqueza (A), Riqueza EPT (B) e diversidade de Shannon-Wiener (C) dos Macroinvertebrados bentônicos utilizados como bioindicadores de qualidade ambiental para o Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.

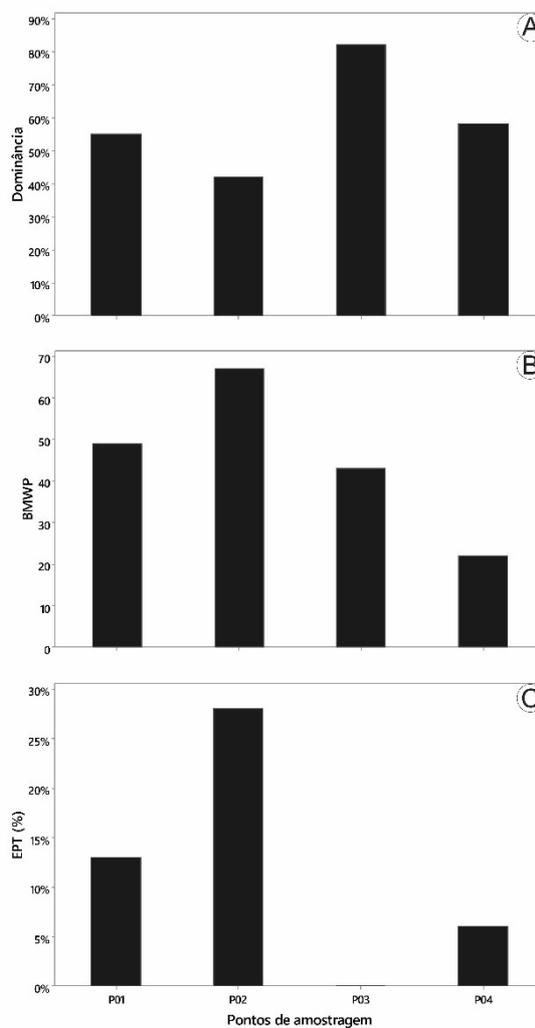


Figura 4. Métricas biológicas Dominância (A), BMWP (B) e EPT (%) (C) dos Macroinvertebrados bentônicos utilizados como bioindicadores de qualidade ambiental para o Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.

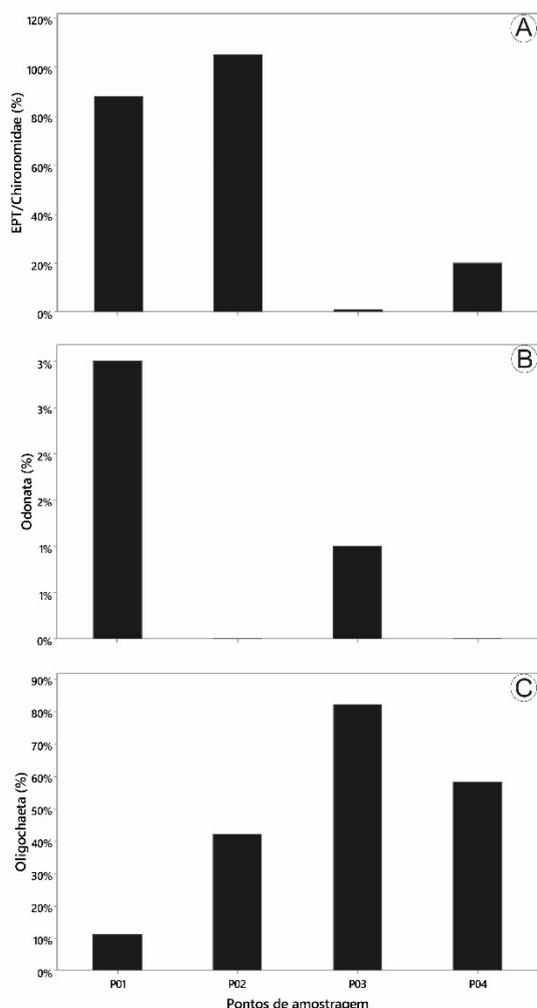


Figura 5. Métricas biológicas EPT/Chironomidae (5) (A), Odonata (%) (B) e Oligochaeta (%) (C) dos Macroinvertebrados bentônicos utilizados como bioindicadores de qualidade ambiental para o Rio Uberaba, Uberaba, Minas Gerais.

## Discussão

De maneira geral, os pontos P03 e P04 apresentaram os piores resultados de qualidade de água, enquanto os pontos P01 e P02 obtiveram os melhores, ou seja, as métricas indicaram que existe um impacto urbano na qualidade da água do Rio Uberaba, que fica deteriorada após passar na pela cidade de Uberaba. A maioria das métricas biológicas utilizadas se mostraram capazes de descrever a situação dos pontos amostrados: ambientes mais conservados à montante da área urbana (P01 e P02) e qualidade da água ruim à jusante da cidade (P03 e P04), devido à sua influência e impacto sobre o rio.

Em relação às métricas empregadas, a abundância se mostrou incapaz de representar os pontos amostrados, com muita variação nos resultados, independentemente da presença de impactos antrópicos. Butcher et al. (2003) rejeita sua eficiência, pois sua resposta à matéria orgânica

presente no ambiente se dá só até determinado ponto. Como neste trabalho, em que a abundância indicou um ponto altamente impactado (P03 = 883 indivíduos), mas não os pontos em ambientes mais preservados (P01 ou P02 não apresentaram o menor valor, como a métrica propõe, e sim P04). De acordo com Resh et al. (1995) medidas de densidade podem ser questionadas quanto à sua utilidade, pois são altamente variáveis.

Esperava-se que a riqueza em ambientes não degradados teriam valores altos, pois esta fica depreciada com a queda da qualidade do ambiente (Resh & Jackson, 1993). Nos pontos P01 e P02 essa métrica indicou uma boa qualidade dos ambientes ( $n = 11$  e  $12$  táxons, respectivamente), assim como no P04, que obteve um valor baixo ( $n = 4$  táxons), indicando um ambiente degradado. Porém, o P03, que também possui um contexto de degradação por sua localização dentro da área urbana de Uberaba, apresentou um valor relativamente alto ( $n = 10$  táxons), devido a presença de alguns táxons tolerantes que não foram registrados em P04 - por exemplo, alguns Heteroptera e Odonata, de acordo como Callisto et al. (2001). A riqueza de táxons com declínio é um dos indicadores de degradação mais confiáveis para os invertebrados bentônicos (Kerans & Karr, 1994; DeShon, 1995), apesar de, neste estudo, não ter sido um bom indicador para o P03. A riqueza de famílias de EPT é efetiva para diferenciar ambientes impactados daqueles não degradados (Barbour et al., 1992). Neste estudo, essa métrica representou muito bem os pontos amostrados, pois os pontos não impactados apresentaram os maiores valores (P01 = 3 táxons e P02 = 4 táxons) e os pontos degradados (P03 e P04) apresentaram a riqueza EPT de apenas um táxon.

O aumento da diversidade está relacionado com o aumento da saúde do ecossistema e os ecossistemas estáveis e saudáveis são consistentes quanto ao aspecto proporcional da fauna (Epa-Ohio, 1987). Ou seja, quando não há dominância expressiva de alguns táxons (dominância baixa) a diversidade é alta, e vice e versa. A diversidade de Shannon-Wiener e Dominância foram eficientes em representar os pontos de amostragem, pois indicou baixa dominância e alta diversidade nos pontos P01 e P02 (Dominância = 54,63% e  $H' = 1,461$ ; Dominância = 41,56% e  $H' = 1,362$ , respectivamente), representando a boa qualidade de ambientes conservados, assim como indicou os pontos P03 e P04 como impactados (Dominância = 81,99% e  $H' = 0,661$ ; Dominância = 58,06% e  $H' = 0,968$ , respectivamente), devido à alta dominância e baixa diversidade.

O BMWP adaptado por Monteiro (2008) apesar de ter indicado os pontos P03 e P04 como

qualidade ruim e o P02 como qualidade satisfatória, não foi apropriado para o P01, pois o classificou como qualidade ruim, apesar de ser um ponto conservado. Monteiro (2008) indica que o índice precisa de adaptação a condições regionais, pois a alteração ambiental na bacia hidrográfica é um processo que reflete a história da ocupação humana na mesma. Além disso, especificamente para o P01, o índice não atribui pontuação para alguns táxons encontrados, como a família Veliidae, que poderia ser suficiente para elevar a classificação do ponto para qualidade satisfatória (acima de 59 pontos, Tabela 1).

As métricas EPT (%) e EPT/Chironomidae (%), que diminuem o valor frente à poluição orgânica e aumenta diante de ambientes mais conservados, foram igualmente apropriadas em classificar o ponto P02 como melhor qualidade (27,71% e 104,94%, respectivamente), seguido do P01 (12,96% e 87,50%, respectivamente), e o ponto P03 como de pior qualidade (0,11% e 0,89%, respectivamente), seguido do P04 (6,45% e 20%, respectivamente). A porcentagem de Odonata, que segue o mesmo padrão das anteriores diante à poluição, não foi eficiente para descrever os pontos, pois apesar de ter classificado o P01 como o mais conservado (2,78%) e o P04 como o mais impactado (0%), classificou o P03 como qualidade superior ao P02 (1,36% e 0,43%, respectivamente), o que não condiz com a realidade encontrada nesses ambientes. A porcentagem de Oligochaeta, que aumenta o valor diante de ambientes impactados e diminui o valor frente à ambientes conservados, foi boa indicadora da qualidade dos ambientes amostrados, pois o P01 apresentou menor valor (11,11%), indicando um ambiente conservado e P03 apresentou maior valor, indicando um ambiente fortemente impactado.

Em geral, as métricas individuais são importantes para avaliar informações sobre uma característica da comunidade (Gerritsen, 1995), e por isso não são totalmente seguras para avaliar a qualidade do ambiente como o índice multimétrico (agrupamento de várias métricas). O uso de um índice multimétrico fornece atributos mais completos da comunidade, propondo uma visão geral da comunidade (Barbour et al., 1995), e por isso é muito importante.

### Conclusão

Ao avaliar as métricas utilizadas neste trabalho, foi possível indicar que seis das dez métricas selecionadas foram totalmente eficientes para representar o grau de conservação dos pontos amostrados e o impacto urbano da cidade de Uberaba sobre o rio Uberaba, são elas: diversidade de Shannon-Wiener, dominância, riqueza EPT,

EPT (%), EPT/Chironomidae (%) e Oligochaeta (%). Apenas uma das métricas (abundância) foi ineficiente em representar os pontos de coleta, e três [riqueza, BMWP e Odonata(%)] foram parcialmente capazes, pois apenas diferenciaram impactados de preservados, sem indicar o grau de preservação ou impacto.

Os resultados obtidos foram de acordo com o esperado pelas hipóteses e pelas condições de cada ponto de amostragem. Os pontos à montante da cidade são mais preservados e há presença de vegetação ripária (importante em disponibilizar habitats e recursos alimentares para as comunidades aquáticas) – e foram melhor classificados pelas métricas – enquanto os pontos à jusante apresentam impactos urbanos como presença de lixo e ausência da mata ciliar – sendo considerados com qualidade ruim pelas métricas.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Ms. Vítor de Oliveira Santos, Sr. Celso dos Santos e Sra. Izilda de Paula Borges Santos pelo apoio logístico e acompanhamento durante as coletas. Nós também agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais-PPGCRN da Universidade Federal de Uberlândia-UFU e à empresa Duratex pelo apoio financeiro.

### Referências

- ARMITAGE, P. D.; MOSS, D.; WRIGTH, J. F.; FURSE, M. T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research*, v.17, p.333-337.
- BAPTISTA, D. F.; BUSS, D. F.; EGLER, M.; GIOVANNELLI, A.; SILVEIRA, M. P.; NESSIMIAN, J. L. 2007. A multimetric index based on benthic macroinvertebrates for evaluation of Atlantic Forest streams at Rio de Janeiro State, Brazil. *Hydrobiologia*, v.575, p.83.
- BARBOUR, M. T.; GRAVES, C. G.; PLAFKIN, J. L.; WISSEMAN, R. W.; BRADLEY, B. P. 1992. Evaluation of EPA's rapid bioassessment benthic metrics: metric redundancy and variability among reference streams site. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v.11, p.437-499.
- BARBOUR, M. T.; STRIBLING, J. B.; KARR, J. R. 1995. The multimetric approach for stablishing biocriteria and measuring conditions. In: DAVIS, W.; SIMON, T. (Orgs.). *Biological assessment and criteria: tools for water resource planning and*

- decision-making. Lewis Publishers, Ann. Arbor., pp.63-76.
- BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. 1999. Revision to rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. Washington: Environmental Protection Agency: Office of Water.
- BONADA, N.; PRAT, N.; RESH, V. H.; STATZNER, B. 2006. Developments in aquatic insect biomonitoring: a comparative analysis of recent approaches. *Annu. Rev. Entomol.*, v.51, p.495-523.
- BRITAIN, J. E.; SALTVEIT, S. J. 1989. A review of the effects of river regulation on mayflies (Ephemeroptera). *Regulated Rivers: Research and Management*, v.3, p.91-204.
- BUTCHER, J. T.; STEWART, P. M.; SIMON, T. P. 2003. A benthic community index for streams in the northern lakes and forests ecoregion. *Ecological Indicators*, v.3, p.181-193.
- CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. 2001. Macroinvertebrados Bentônicos como Ferramenta para avaliar a Saúde de Riachos. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.6, n.1, p.71-82.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2003. Norma Técnica L5.309: Determinação de bentos de água doce – macroinvertebrados: métodos qualitativo e quantitativo.
- DAHL, J.; JOHNSON, R. K.; SANDIN, L. 2004. Detection of organic pollution of streams in southern Sweden using benthic macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, v.516, p.161-172.
- DESHON, J. E. 1995. Development and application of the invertebrate community index (ICI). In: DAVIS, W.; SIMON, T. (Orgs). *Biological assessment and decision making*. Lewis Publishers, Boca Raton: Florida, pp.217-243.
- EPA-OHIO. 1987. Biological criteria for the protection of aquatic life: User's manual for biological field assessment of Ohio surface Waters. Columbus: Division of water quality monitoring and assessment.
- ESTEVEZ, F. A. 1988. *Fundamentos em limnologia*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda.
- FITZPATRICK, M. L.; LONG, D. T.; PIJANOWSKI, B. C. 2007. Exploring the effects of urban and agricultural land use on surface water chemistry, across a regional watershed, using multivariate statistics. *Applied Geochemistry*, v.22, p.1825-1840.
- GERRITSEN, J. 1995. Additive biological indices for resource management. *Journal of the North American Benthological Society*, v.14, p.451-457.
- GERRITSEN, J. 1998. Lake and reservoir bioassessment and biocriteria – technical guidance document. Washington: Ú.S.E.P.A Office of Water.
- GOULART, M. D. C.; CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Rev FAPAM*, v.2, p.156-164.
- HUGHES, B. D. 1978. The influence of factor other than pollution on the value of the Shannon's diversity index for benthic macroinvertebrates. *Water Research*, v.12, p.359-364.
- INAG, I. P. 2008. Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água Protocolo de amostragem e análise para macroinvertebrados bentônicos. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional. Instituto da água, I.P.
- JUNQUEIRA, M. V.; AMARANTE, M. C.; DIAS, C. F. S.; FRANÇA, E. S. 2000. Biomonitoramento da qualidade das águas da bacia do alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.12, p.73-87.
- KARR, J. R.; CHU, E. W. 1999. *Restoring life in running waters: better biological monitoring*. Island Press, Covelo, CA.
- KERANS, B. L.; KARR, J. R. 1994. A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee Valley. *Ecol. Appl.*, v.4, p.768-785.
- KLEMM, D. J.; BLOCKSOM, K. A.; FULK, F. A. 2003. Development and Evaluation of a Macroinvertebrate Biotic Integrity Index (MBII) for Regionally Assessing Mid-Atlantic Highlands

Streams. Environmental Management, v.31, p.656-669.

MERRIT, R.; CUMMINS, K. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Hunt Publishing: Kendall.

MONTEIRO, T. R.; OLIVEIRA, L. G.; GODOY, B. S. 2008. Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP' à bacia do Rio Meia Ponte-GO. Oecologia Brasiliensis, v.12, p.553-563.

NORRIS, R. H.; GEORGES, A. 1993. Analysis and interpretation of benthic macroinvertebrates surveys. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Orgs.). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. New York: Chapman e Hall, pp.234-286.

PÉREZ, G. R. 1996. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia.

PLAFKIN, J. L.; BARBOUR, M. T.; PORTER, K. D.; GROSS, S. K.; HUGHES, R. M. 1989. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish. Washington: Environmental Protection Agency, Assessment and watershed division.

RESH, V. H.; JACKSON, J. K. 1993. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Orgs.) Freshwater

biomonitoring and benthic macroinvertebrates. New York: Champan e Hall, pp.1-9.

RESH, V. H.; NORRIS, R. H.; BARBOUR, M. T. 1995. Design and implementation of rapid assessment approaches for water resource monitoring using benthic macroinvertebrates. Australian Journal of Ecology, v.20, p.108-121.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. 1993. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (Orgs.) Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. New York: Champan e Hall, pp.1-9.

SEMEA. Secretaria de Meio Ambiente de Uberaba. 2004. Diagnóstico Ambiental APA – Rio Uberaba. Uberaba, Brasil.

THORNE, R. S. J.; WILLIAMS, P. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: A multimetric system of bioassessment. Freshwater Biology, v.37, p.671-86.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. 1995. Larvas de Chironomidae (Diptera do Estado de São Paulo: guia de identificação de diagnose dos gêneros. PPG-ERN; UFSCar, São Carlos.

WALSH, C. J. 2000. Urban impacts on the ecology receiving waters: a framework for assessment, conservation and restoration. Hydrobiology, v.431, p.107-114.