



Comparação entre a eficiência de amostragem de dois tipos de substratos artificiais instalados em córregos do Cerrado

Cyntia Goulart Corrêa Bruno ¹, Jaqueline Eterna Batista ¹, Jefferson Rodrigues de Souza¹, Sandro Mayrink Paula ¹, Bruna Alves de Brito ¹, Flávio Roque Bernardes Camelo¹ & Giuliano Buzá Jacobucci¹

¹ Universidade Federal de Uberlândia, Rua Ceará s/n, Uberlândia, Brasil. E-mail: cyntia_bio@yahoo.com.br

Abstract. Comparison of sampling's efficiency of two types of artificial substrates installed in Cerrado's streams. The macroinvertebrate fauna existing in an area can be studied through experiments of colonization. These studies usually use substrates, which are the physical environment on which the macroinvertebrates move, rest, forage, find shelter and lay their eggs. The objective of this study was to compare the efficiency of two types of artificial substrates in collecting benthic macroinvertebrates of lotic environments. The survey was conducted in the dry season (May and June 2010) in four streams of the Cerrado biome, in the city of Uberlândia-MG. A couple of artificial substrates were installed along each stream, one substrate was made by plastic bottles (PET) filled in by vegetable sponge (*Luffa cylindrica* M. Roem) and another made by plastic grille filled in by expanded clays. After 37 days the substrates were removed from the streams and they were sent to laboratory screening, 70% ethanol fixation and taxonomic groups identification. The artificial substrates used didn't result in high differences in terms of sampling effectiveness and benthic macroinvertebrates taxons representativeness. In general, substrates showed similarities to the sampled groups which were highly dominated by Oligochaeta and Chironomidae, especially at the streams exposed to intense urbanization, which can be related to the organic accumulation and the refuge diversity provided by the artificial substrates. Although there weren't many high differences between effectiveness from the benthic macroinvertebrates in these artificial substrates, it can be concluded that there's a strong tendency of Oligochaeta and Chironomidae colonization in the plastic bottles substrates. However, comparative studies between these two substrates are still necessary to determine which sampling method is the most adequate to be used in biomonitoring programs.

Keywords: colonization; diversity; biomonitoring; expanded clay substrate.

Resumo. A fauna de macroinvertebrados existente em uma área pode ser estudada através de experimentos de colonização. Esses estudos são realizados, geralmente, utilizando-se substratos, que constituem o meio físico sobre o qual os macroinvertebrados aquáticos se movem, descansam, procuram alimento, encontram abrigo e depositam ovos. O objetivo deste estudo foi comparar a eficiência de dois tipos de substratos artificiais na coleta de macroinvertebrados bentônicos de ambientes lóticos. A pesquisa foi realizada no período seco, em maio e junho de 2010, em quatro córregos do bioma Cerrado, no município de Uberlândia-MG. Foram instaladas ao longo de cada córrego duplas de substratos artificiais, sendo um substrato formado por garrafas PET preenchidas com bucha vegetal (*Luffa cylindrica* M. Roem) e outro feito de tela de plástico preenchido com esferas de argila. Os substratos foram retirados dos córregos após 37 dias, encaminhados a laboratório para triagem, fixação em etanol à 70% e identificação de grupos taxonômicos. Os substratos artificiais utilizados não demonstraram resultados contrastantes em termos de eficiência de amostragem e representatividade de táxons de macroinvertebrados bentônicos. Em geral, os substratos apresentaram semelhanças com relação aos grupos amostrados, sendo amplamente dominados pelos táxons Oligochaeta e

Chironomidae, principalmente nos córregos com grande interferência da urbanização, o que pode estar relacionado ao acúmulo de matéria orgânica e à diversidade de abrigos proporcionada pelos substratos artificiais. Conclui-se que, apesar de não terem sido registradas diferenças contrastantes entre as eficiências de amostragem de macroinvertebrados bentônicos dos dois tipos de substratos artificiais, notou-se uma tendência de maior colonização de Oligochaeta e Chironomidae nos substratos PET. No entanto, é necessário que sejam desenvolvidos mais estudos comparativos entre estes dois substratos, para que seja possível chegar a um consenso sobre qual método de amostragem mais adequado a ser utilizado em programas de biomonitoramento.

Palavras-chave: colonização; diversidade; biomonitoramento; substrato de argila expandida.

INTRODUÇÃO

Devido a sua importância, os recursos hídricos, assim como seus aspectos ecológicos, devem ser permanentemente avaliados. Nesse sentido, o biomonitoramento de corpos hídricos por meio de macroinvertebrados bentônicos tem sido cada vez mais usado e aceito como uma importante ferramenta na avaliação da saúde dos corpos hídricos (GOULART & CALLISTO, 2003). Segundo MUGNAI & GATTI (2008), o biomonitoramento permite superar os limites de análises baseadas em dados puramente físico-químicos e assim permite avaliar a qualidade ambiental, possibilitando uma abordagem multidisciplinar. Uma ampla gama de abordagens vem sendo utilizada para amostrar a fauna de macroinvertebrados bentônicos de ambientes lóticos, incluindo dragas, Surber, corers e redes D, assim como substratos artificiais (COLLIER *et al.*, 2009).

Os macroinvertebrados bentônicos são bastante utilizados em estudos de ecossistemas aquáticos e suas comunidades estão representadas por numerosos filos, incluindo Arthropoda, Mollusca, Annelida, Nematoda e Platyhelminthes (HAUER & RESH, 1996). Estes organismos são fundamentais em diversos processos biológicos, pois participam da decomposição de matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes e reduzem o tamanho de partículas, facilitando a ação de microorganismos decompositores (WHILES

& WALLACE, 1997; CALLISTO *et al.*, 2001). Além disso, são componentes vitais da cadeia alimentar, tanto de ecossistemas lóticos quanto lênticos, por fazerem parte da dieta de diversos organismos, como peixes, anfíbios e aves (CUMMINS & MERRITT, 2001).

Diversos fatores podem influenciar a composição e distribuição da fauna de macroinvertebrados bentônicos, como, por exemplo, a velocidade da corrente, a mobilidade das espécies, o tipo e a textura superficial do substrato e a disponibilidade de alimento aderido à superfície (ALLAN, 1995; RIBEIRO & UIEDA, 2005). Por meio de experimentos de colonização é possível caracterizar a fauna de macroinvertebrados presente em determinada área, e sua análise permite descrever as mudanças que ocorrem na composição da comunidade ao longo do tempo (ANJOS & TAKEDA, 2010).

Os estudos de colonização podem ser realizados utilizando-se substratos artificiais, que possuem a vantagem de proporcionar melhor padronização da amostragem, possibilitar análises de sucessão ecológica (RESH & JACKSON, 1993) e ter baixo custo, pois demandam materiais baratos e de fácil aquisição e confecção. Estas estruturas também podem apresentar algumas desvantagens, como serem seletivas a determinados organismos, além de estarem sujeitas ao vandalismo quando mantidas em locais públicos (KUHLMANN *et al.*, 2003). No entanto,

RESH & JACKSON (1993) destacam a importância da padronização da amostragem através da redução da variabilidade entre as amostras como uma vantagem no emprego dos substratos artificiais. Em função dessas características, diferentes tipos de substratos artificiais têm sido propostos e utilizados em levantamentos e programas de biomonitoramento. Entretanto, não há um consenso sobre o melhor tipo de substrato a ser adotado (SCHER *et al.*, 2010).

O objetivo desta pesquisa foi comparar a eficiência de colonização por macroinvertebrados bentônicos em dois tipos de substratos artificiais, sendo um com características mais próximas ao substrato natural (composto por esferas de argila expandida) e outro preenchido por bucha vegetal, que apresenta conformação com numerosos espaços intersticiais. De acordo com a estrutura dos dois tipos de substratos supracitados, a hipótese do estudo é que o substrato artificial de garrafa PET seja mais eficiente na amostragem de macroinvertebrados bentônicos quando comparado ao substrato de argila.

MATERIAL E MÉTODOS

2. 1. Área de estudo

A pesquisa foi realizada em quatro córregos de primeira ordem situados no município de Uberlândia-MG, região do Triângulo Mineiro (Figura 1). Os córregos Panga ($19^{\circ}10'51,3''S$; $48^{\circ}23'42,6''O$) e Cabeceira do Lageado ($18^{\circ}59'24,7''S$; $48^{\circ}18'07,3''O$) estão situados em Unidades de Conservação e apresentam margens íntegras e estáveis, sem sinais de erosão e/ou assoreamento do leito. Os córregos Lobo ($18^{\circ}52'41,0''S$; $48^{\circ}17'18,7''O$) e Bons Olhos ($18^{\circ}56'56,0''S$; $48^{\circ}18'00,4''O$) se localizam em áreas de intensa urbanização e estão sujeitos a processos de assoreamento do leito e erosão, além de apresentarem margens com vegetação ciliar degradada (GUIMARÃES *et al.*, 2009). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (megatérmico) com duas estações bem definidas: uma seca, com estiagem de maio a setembro e outra úmida de outubro a abril (SILVA & ASSUNÇÃO, 2004).



Figura 1. Mapa com a localização da área de estudo, região do município de Uberlândia-MG. Legenda: 1) córrego Panga; 2) córrego Cabeceira do Lageado; 3) córrego Bons Olhos; 4) córrego Lobo. (Autor: PINESE JUNIOR, 2012)

2.2. Delineamento experimental

O estudo foi conduzido durante o período seco, nos meses de maio e junho de 2010. Para a amostragem dos macroinvertebrados bentônicos, foram utilizados pares formados por dois tipos de substratos artificiais, a saber: 1) substrato de argila expandida: possui formato cilíndrico e dimensões equivalentes ao substrato PET, sendo constituído por cestos de grade de polietileno com aproximadamente 1 cm de abertura, costurados com fio de polipropileno e preenchidos com argila expandida com diâmetro entre 5 e 13 mm (utilizada em jardinagem); 2) substrato PET: possui formato cilíndrico, formado por duas garrafas de polietileno (PET), cujas dimensões são 31 cm de altura x 60 cm de diâmetro e capacidade para 2 litros, preenchido com bucha vegetal (*Luffa cylindrica* M. Roem), segundo protocolo estabelecido por VOLKMER-RIBEIRO *et*

al. (2004). As garrafas foram cortadas em tiras para permitir a entrada dos organismos e a bucha vegetal foi utilizada para reter os sedimentos e servir como local de colonização para estes organismos (Figuras 2a e 2b).

A escolha dos dois tipos de substratos foi feita com base em estudos anteriores que haviam utilizado os substratos como métodos de amostragem em ambientes aquáticos e obtido resultados satisfatórios quanto à colonização por macroinvertebrados bentônicos (GUERESCHI, 2004; VOLKMER-RIBEIRO *et al.*, 2004; SOUSA, 2008; PARESCHI, 2008), tendo registrado valores representativos das faunas locais. No entanto, como não há registros na literatura de pesquisas comparativas entre substratos com bucha vegetal e com argila expandida, que possui características mais próximas ao substrato natural, a presente pesquisa propõe esta abordagem.

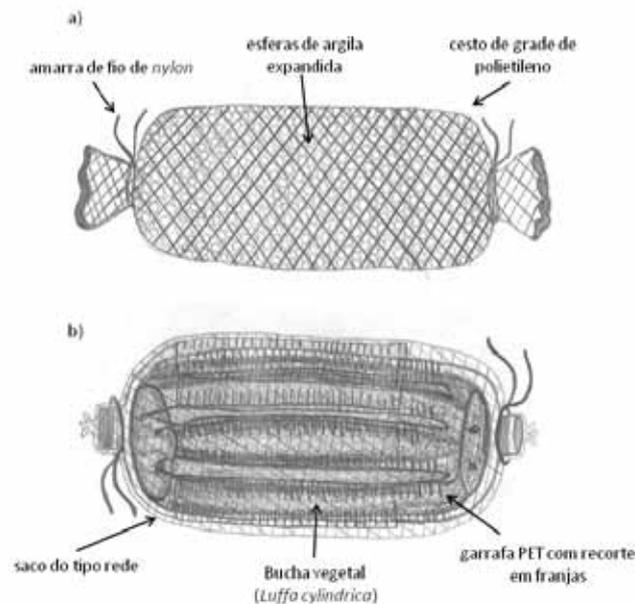


Figura 2. Ilustrações dos substratos artificiais utilizados na pesquisa. a) substrato de grade de polietileno preenchido com esferas de argila expandida; b) garrafa de polietileno (PET) preenchida com bucha vegetal (*Luffa cylindrica*). Escala da ilustração: 1:5 cm. Desenho: Jaqueline Eterna Batista.

Para instalação dos pares de substratos, foi selecionado um trecho de 50 metros em cada um dos córregos. Os pares foram instalados com uma distância de dez metros entre si, totalizando seis réplicas de pares por córrego. Em cada córrego, portanto, foram utilizados 12 substratos artificiais, sendo seis de argila expandida e seis de PET. Os pares de substratos foram instalados em diferentes microambientes para incorporar a variabilidade dos trechos amostrados. Dessa forma, mesmo que houvesse variação entre microambientes, ambos os tipos de substratos seriam igualmente sujeitos às mesmas variações. Lastros de metal foram adicionados a cada substrato, para mantê-los junto ao leito dos ambientes aquáticos de coleta. Os pares de substratos foram presos por fio de *nylon* a estruturas das margens (raízes/troncos ou arbustos) para fixação, e permaneceram nos córregos por 37 dias, período geralmente adotado em estudos de monitoramento da qualidade da água. Segundo KLEMM *et al.* (1990) e HOLMES *et al.* (2005), a riqueza de espécies, abundância total e biomassa geralmente alcançam um platô/equilíbrio em aproximadamente 30 dias e, em estudos práticos de monitoramento, os substratos artificiais geralmente permanecem no local a ser monitorado por um período de quatro a seis semanas.

Após o período supracitado, os substratos artificiais foram retirados de cada córrego com auxílio de rede tipo D (malha de 0,25 mm) e encaminhados ao laboratório, onde foram cuidadosamente lavados e inspecionados. As paredes internas e externas das garrafas e das telas de plástico também foram investigadas e os organismos que estavam aderidos foram removidos com pinça. O material proveniente das lavagens foi transferido para frascos individuais e fixado em álcool a 70%.

A identificação da fauna foi realizada ao nível taxonômico de família, com exceção de Hirudinea, Hemiptera, Acari, Collembola e Turbellaria, utilizando-se chaves de identificação específicas (MORRETES, 1949; WIGGINS, 1977; MERRITT & CUMMINS, 1984; RIGHI, 2002; COSTA *et al.*, 2004). Ressalta-se que a identificação em grandes grupos facilita os trabalhos que têm como objetivo a avaliação ambiental, que pode ser realizada por pessoas não especialistas, porém treinadas para executar atividades desta natureza.

Análise de dados

Para caracterização das comunidades de macroinvertebrados, foi calculada a riqueza de táxons, a abundância e o índice de diversidade de Shannon-Wiener. Para comparar a riqueza, a abundância e a diversidade entre os diferentes tipos de substratos foi realizado um teste t-pareado. Para atender às premissas estatísticas do teste os dados foram transformados quando necessário (ZAR, 1999).

RESULTADOS

Com relação à riqueza taxonômica, foram registrados 24 táxons para os substratos PET e 23 para os substratos de argila (Tab. 1). De acordo com o teste t-pareado, a colonização nos substratos não diferiu entre si quanto à riqueza taxonômica ($t= 0,533$; $df= 20$; $p= 0,6$).

Os substratos, em geral, apresentaram semelhanças em relação aos grupos amostrados, sendo amplamente dominados por Oligochaeta - sendo que a maior contribuição para estes valores nos dois tipos de substratos deve-se aos córregos Lobo e Bons Olhos -, e Chironomidae, tendo este último táxon apresentado distribuição semelhante nos substratos de todos os córregos pesquisados (Tab. 1).

Foi registrado um total de 15.619 indivíduos, sendo 4.770 nos substratos de argila e 10.849 nos substratos PET (Tabela 1). A diferença na abundância entre os dois tipos de substrato foi significativa ($t= 3,408$; $df= 20$; $p= 0,003$) com o substrato tipo PET apresentando maior abundância.

Quanto ao Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H'), os valores foram 0,714 para o substrato tipo PET e 0,947 para o substrato de argila. Para este índice, o teste t-pareado não revelou disparidade entre os substratos, não havendo diferença significativa ($t= -1,627$; $df= 20$; $p= 0,119$).

Tabela 1. Composição taxonômica (média + desvio padrão), abundância e riqueza de macroinvertebrados bentônicos amostrados nos substratos de garrafa PET e argila.

Grupos taxonômicos	PET LOBO	ARG LOBO	PET BO	ARG BO	PET PANGA	ARG PANGA	PET CL	ARG CL
Annelida								
Hirudinea	3,4 ($\pm 4,3$)	30 ($\pm 33,4$)	0	0,2 ($\pm 0,4$)	0	0	0	0
Oligochaeta	1013,8 ($\pm 733,6$)	447,3 ($\pm 382,4$)	953,3 (± 1120)	147 ($\pm 244,3$)	1,2 ($\pm 2,4$)	0,5 ($\pm 0,8$)	2,5 ($\pm 3,4$)	2,7 ($\pm 2,3$)
Diptera								
Calliphoridae	0	0	0	0	0	0	0	0,2 ($\pm 0,4$)
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0	0,2 ($\pm 0,4$)	0	0,2 ($\pm 0,4$)
Chironomidae	208,6 ($\pm 47,8$)	420,3 ($\pm 553,1$)	88 ($\pm 46,6$)	68,7 ($\pm 60,2$)	97 ($\pm 29,9$)	87,8 ($\pm 40,7$)	100 (± 51)	18,2 ($\pm 12,5$)
Empididae	0	0	0	0	0,2 ($\pm 0,4$)	0	0	0
Simuliidae	29,4 ($\pm 38,7$)	3 ($\pm 2,6$)	0	0,3 ($\pm 0,8$)	0,5 ($\pm 0,8$)	0	0	0,2 ($\pm 0,4$)
Tabanidae	0	0	0	0,2 ($\pm 0,4$)	0	0	0	0
Culicidae	0,4 ($\pm 0,9$)	0,3 ($\pm 0,6$)	0	0	0,3 ($\pm 0,8$)	0	0	0
Plecoptera								
Perlidae	0	0	0	0	0	0,2 ($\pm 0,4$)	0,2 ($\pm 0,4$)	0
Coleoptera								
Elmidae	0	0	0	0	0,8 ($\pm 1,6$)	0	0,3 ($\pm 0,8$)	0,2 ($\pm 0,4$)
Hydrophilidae	0	0	0,2 ($\pm 0,4$)	0	0	0	0	0
Girinidae	2 ($\pm 1,6$)	3,7 (± 4)	0	0	0	0	0,2 ($\pm 0,4$)	0

Tabela 1 - continuação

Grupos taxonômicos	PET LOBO	ARG LOBO	PET BO	ARG BO	PET PANGA	ARG PANGA	PET CL	ARG CL
Ephemeroptera								
Baetidae	0	0,3 (± 0,6)	0	0	4,7 (± 3,1)	1,5 (± 0,8)	1,8 (± 2,6)	0
Euthyplociidae	0	0	0	0	0	0	0,2 (± 0,4)	0
Leptophlebiidae	0	0	0	0	1,8 (± 2,4)	0,7 (± 0,5)	3 (± 3,9)	1,2 (± 1,3)
Oligoneuridae	0	0	0	0	0	0	0,2 (± 0,4)	0
Gastropoda								
Planorbidae	6 (± 4,7)	6,3 (± 10,1)	10,3 (± 21,2)	0	0	0	0	0
Physidae	0	0	0	1,5 (± 2,3)	0	0	0	0
Hemiptera	0	0	0	0	0,5 (± 0,8)	0,7 (± 0,8)	0,2 (± 0,4)	0
Odonata								
Coenagrionidae	0,6 (± 0,5)	3,3 (± 3,1)	0	0	0	0	0	0
Libellulidae	0,4 (± 0,5)	0	0	0	0	0	0	0
Calopterygidae	0	0	0	0	0	0,2 (± 0,4)	0	0,2 (± 0,4)
Acari (Hydracarina)	0	0	0,2 (± 0,4)	0	5,8 (± 3,1)	3 (± 3,7)	0	0
Collembola	0	0	0,70,2 (± 1,2)	0	0,2 (± 0,4)	0,3 (± 0,5)	0,2 (± 0,4)	0
Trichoptera								
Leptoceridae	0	0	0	0	0,2 (± 0,4)	0,2 (± 0,4)	0,7 (± 0,8)	0,5 (± 0,8)
Hydroptilidae	0,2 (± 0,4)	0	0	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydropsychidae	0,2 (± 0,4)	0	0	0	0	0	0	0,2 (± 0,4)
Turbellaria (Planaria)	0,6 (± 0,9)	1,7 (± 2,9)	0	0,3 (± 0,8)	0	0	0	0
Abundância	3198	2749	6316	1309	679	571	656	141
Riqueza	11	10	6	7	12	11	12	10

Legenda: PET LOBO - substrato PET do córrego LOBO; ARG LOBO - substrato de argila do córrego Lobo; PET BO - substrato PET do córrego Bons Olhos; ARG BO - substrato de argila do córrego Bons Olhos; PET PANGA - substrato PET do córrego Panga; ARG PANGA - substrato de argila do córrego Panga; PET CL - substrato PET do córrego Cabeceira do Lageado; ARG CL - substrato de argila do córrego Cabeceira do Lageado.

DISCUSSÃO

Os resultados do teste t-pareado demonstraram não ter havido diferença estatisticamente significativa entre a riqueza amostrada pelos dois tipos de substratos, demonstrando que estes são capazes de amostrar uma ampla representatividade de macroinvertebrados bentônicos. Os substratos, que permaneceram no fundo dos cursos d'água durante o período de colonização, são geralmente envolvidos por matéria orgânica e algas, o que pode gerar uma boa fonte de alimento para várias espécies, além de proporcionar abrigos e esconderijos (JOHNSON *et al.*, 2001; PÉRY *et al.*, 2003).

Já com relação à abundância, o Teste T-pareado detectou diferença significativa entre os dois tipos de substratos, sendo esta maior no substrato PET do que no substrato de argila, com grande contribuição de representantes da família Oligochaeta, principalmente nos córregos Lobo e Bons Olhos. A abundância de Oligochaeta nestes córregos indica o enriquecimento orgânico no ambiente e uma baixa qualidade da água. O grupo Oligochaeta é abundante em condições de baixa concentração de oxigênio e elevada concentração de matéria orgânica, por serem detritívoros (GIERE *et al.*, 1999; MORENO & CALLISTO, 2006; GUIMARÃES, 2008). Este resultado, que também teve boa contribuição de Chironomidae, indica uma baixa qualidade ambiental dos córregos, uma vez que estes organismos costumam ser tolerantes à poluição orgânica como também demonstrado por TRIVINHO-STRIXINO *et al.* (2008).

Segundo BRINKHURST & MARCHESE (1989), os Oligochaeta, assim como algumas espécies de Chironomidae, geralmente estão presentes em grandes densidades, em sedimento enriquecido organicamente de ambientes lóticos e lénticos. A elevada abundância, portanto, pode ter sido influenciada

pelas condições do habitat físico, devido à alta complexidade de habitat proporcionada pela bucha vegetal, que pode ter favorecido um maior ambiente deposicional para acumulação de sedimento, propiciando uma maior produção e deposição de matéria orgânica sobre a bucha, assim como de perífiton e biofilme (SOUSA, 2008; BPOYERO, 2009; COLLIER *et al.*, 2009), o que torna o ambiente propício para estes organismos, uma vez que são detritívoros (CARVALHO & UIEDA, 2004). Segundo CASEY & KENDALL (1996), a quantidade de matéria orgânica aderida ao substrato é o principal fator que influencia na colonização de invertebrados, pois altera a área de superfície e a homogeneidade física.

Outro fator que pode ter contribuído para os maiores valores de abundância no substrato PET foi a conformação deste substrato. As finas fendas laterais na parte externa da garrafa e o interior desse substrato, constituído por bucha vegetal, podem proporcionar um microambiente com maior estabilidade e resistência ao fluxo d'água, fornecendo condições mais adequadas para o crescimento das populações (ANJOS & TAKEDA, 2010). Segundo WAY *et al.* (1995), fendas podem servir como refúgios contra certos predadores, promover a retenção de matéria orgânica, além de criar um microambiente favorável ao fluxo d'água. Além disso, segundo Resh & Rosemberg (1984), a estabilidade do substrato refere-se ao grau de resistência ao movimento. Por outro lado, o substrato de argila pode ter dificultado a fixação e sobrevivência dos macroinvertebrados, possivelmente devido ao tamanho da abertura das grades de polietileno e também em função da disposição das esferas de argila, que podem ter deixado espaços grandes entre si, podendo assim ter dificultado a colonização devido à maior intensidade de fluxo de água.

A elevada abundância de Chironomidae detectada nos dois tipos de substratos artificiais pode ser explicada, pois, em geral, o número de espécies deste grupo nos corpos d'água continentais é mais representativo que qualquer outro grupo taxonômico (INT PANIS, 1995). Segundo Fend & Carter (1995), as larvas de Chironomidae destacam-se devido à sua alta densidade e diversidade, associadas a diversos tipos de substratos, além do grande número de hábitos alimentares e estratégias adaptativas. Além disso, a presença marcante de Chironomidae nos substratos artificiais pode ter ocorrido devido à sua habilidade de dispersão na coluna d'água (HARRISON & HILDREW, 2001). De acordo com DOEG *et al.* (1989), organismos com maior habilidade natatória são melhores colonizadores que organismos rastejantes ou de movimento limitado.

Conclui-se que o substrato de garrafa PET possui maior eficiência na amostragem de número de indivíduos que o substrato de argila, vindo ao encontro da hipótese do trabalho, de que este tipo de substrato apresenta conformação favorável à colonização, como espaços intersticiais e fendas, o que pode promover um ambiente propício à maior proteção e ocupação de organismos colonizadores.

Os resultados desta pesquisa ampliam espaço para uma maior discussão acerca da utilização de substratos artificiais, sendo necessário o desenvolvimento de mais estudos comparativos entre o substrato de bucha vegetal e o de argila expandida, ou ainda destes substratos com o substrato natural, para que seja possível se chegar a um consenso sobre quais os métodos de amostragem mais adequados para ser utilizados em programas de biomonitoramento.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Instituto de Biologia pela disponibilização de transporte aos locais de pesquisa. À CAPES e à SESu/MEC pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, J.D. 1995. **Stream ecology: structure and function of running waters**. London, Chapman & Hall, 388p.
- ANJOS, A.F. & TAKEDA, A.M. 2010. Estrutura da comunidade das larvas de Chironomidae (Insecta: Diptera), em diferentes substratos artificiais e fases hídricas, no trecho superior do rio Paraná, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum** 32(2): 131-140.
- BOYERO, L. 2009. The effect of substrate texture on colonization by stream macroinvertebrates. **Annales de Limnologie/International Journal of Limnology** 39 (3): 211-218.
- BRINKHURST, R.O. & MARQUESE, M.R. 1989. **Guia para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de sud y centroamerica**. Santa Fé, Clímax, 207p.
- CALLISTO, M.; MORENO, P. & BARBOSA, F.A.R. 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia** 61(2): 259-266.
- CARVALHO, E.M. & UIEDA, V.S. 2004. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da Serra de Itatinga, São Paulo-SP, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 21(2): 287-293. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-81752004000200021. Acesso em: set. 2010.

- CASEY, R.J. & KENDALL, S.A. 1996. Comparison among colonization of artificial substratum types and natural substratum by benthic macroinvertebrates. **Hydrobiologia** 341: 57-64.
- COLLIER, K.J.; HAMER, M. & CHADDERTON, L. 2009. A new substrate for sampling deep river macroinvertebrates. **New Zealand Natural Sciences** 34: 49-61.
- COSTA, J.M.; SOUZA, L.O. & OLDRINI, B.B. 2004. Chave para as famílias e gêneros das larvas de Odonata citadas para o Brasil: Comentários e Registros Bibliográficos. **Publicações Avulsas do Museu Nacional do Rio de Janeiro** 99: 1-43.
- CUMMINS, K.W. & MERRITT, R.W. 2001. Application of invertebrate functional feeding and habitat groups to wetland ecosystem function and biomonitoring. In: Rader, R.B.; Batzer, D.P.; Wissinger, S. (ed.). **Biomonitoring and management of North American freshwater wetlands**. New York, John Wiley & Sons Inc., 376p.
- DOEG, T.J.; MARCHANT, R.; DOUGLAS, M. & LAKE, P.S. 1989. Experimental colonization of sand, gravel and stones by macroinvertebrates in the Icheron River, southeastern Australia. **Freshwater Biology** 22:57-64.
- FEND, S.V. & CARTER, J.L. 1995. The relationship of habitat characteristics to the distribution of Chironomidae (Diptera) as measured by pupal exuviae collection in a large river system. **Journal of Freshwater Ecology** 10(4): 343-359.
- GIERE, O.; PREUSSE, J. H. & DUBILIER, N. 1999. Tubificoides benedii (Tubificidae, Oligochaeta) – a pioneer in hypoxic and sulfidic environments. An overview of adaptive pathways. **Hydrobiologia** 406: 235-241.
- GOULART, M.D. & CALLISTO, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista FAPAM** 2: 153-163.
- GUERESCHI, R.M. 2004. **Macroinvertebrados bentônicos em córregos da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP: subsídios para monitoramento ambiental. 82f. Tese** (Doutorado em Ciências com ênfase em Ecologia) – Universidade Federal de São Carlos.
- GUIMARÃES, R.M. 2008. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade ambiental de afluentes do Rio Uberabinha, Uberlândia - MG. 99 f. Dissertação** (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia.
- GUIMARÃES, R.M.; FACURE, K.G.; PAVANIN, L.A. & JACOBUCCI, G.B. 2009. Water quality characterization of urban streams using benthic macroinvertebrate community metrics. **Acta Limnologica Brasiliensia** 21(2): 217-226.
- HARRISON, S.S.C. & HILDREW, A.G. 2001. Epilithic communities and habitat heterogeneity in a lake littoral. **Journal of Animal Ecology** 20:692-707.
- HAUER, F.R. & RESH, V.H. 1996. Benthic Macroinvertebrates, pp. 339-369. In: Hauer, F.R.; Lamberti, G.A. (ed.). **Methods in stream ecology**. San Diego, Academic Press, 674p.
- HOLMES, R.W.; VLAMING, V.; MARKIEWICZ1, D. & GODING, K. 2005. Benthic Macroinvertebrate Colonization of Artificial Substrates in Agriculture-dominated Waterways of the Lower Sacramento River Watershed. **Surface Water Ambient Monitoring Program (SWAMP)**. Rancho Cordova, California Environmental Protection Agency, 95p.
- INT PANIS, L. 1995. **The spatial distribution of benthic invertebrates in standing waters**. Antwerpen, Universitaire Instelling Antwerpen, 181p.
- JOHNSON, R.K.; WIEDERHOLM, T. & ROSENBERG, D.M. 2001. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages

- of benthic macroinvertebrates, pp. 40-158. In: Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (eds.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. Norwell, Kluwer Academic Publishers.
- KLEMM, D.J.; LEWIS, P.A.; FULK, F. & LAZORCHAK, J.M. 1990. **Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters**. Environmental Monitoring Systems Laboratory, Cincinnati. U.S. Environmental Protection Agency, 256 p.
- KUHLMANN, M.L.; IMBIMBO, H.R.V. & WATANABE, H.M. 2003. Macrofauna Bentônica de Água Doce: Avanços Metodológicos – III. **Relatório Técnico**, 74 p.
- MERRIT, R.W. & CUMMINS, K.W. 1984. **An introduction to the aquatic insects of North America**. Dubuque, Kendal/Hunt Publishers, 722 p.
- MORENO, P. & CALLISTO, M. 2006. Benthic macroinvertebrates in the watershed of an urban reservoir in southeastern Brazil. **Hydrobiologia** 560: 311-321.
- MORRETES, F.L. 1949. Ensaio de catálogo dos moluscos do Brasil. **Arquivos do Museu Paranaense** 7 (1): 5-216.
- MUGNAI, R. & GATTI, M.J. 2008. Infra-estrutura básica de suporte para o estudo de ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis** 12 (3): 506-519.
- PARESCHI, D.C. 2008. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade de água em rios e reservatórios da bacia hidrográfica do Rio Tietê-jacaré**. 190f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos.
- PAST. PALEONTOLOGICAL STATISTICS. VERSION 2.04. 1999-2010. **Natural History Museum**. Oslo, University of Oslo.
- PÉRY, A.R.R.; SULMON, V.; MONS, R.; FLAMMARION, P.; LAGADIC, L. & GARRIC, J. 2003. A model to understand the confounding effects of natural sediments in toxicity tests with *Chironomus riparius*. **Environmental Toxicology Chemistry** 22: 2476-2481. Disponível em: http://jacquet.stephan.free.fr/Pery_ETC_2003.pdf. Acesso em: out. 2010.
- RESH, V.H. & ROSENBERG, D.M. 1984. **The ecology of aquatic insects**. New York, Praeger Publishers, 625p.
- RESH, V.H. & JACKSON, J.K. 1993. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates, pp.195-233. In: Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (ed.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York, Chapman & Hall.
- RIBEIRO, L.O. & UIEDA, V.S. 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 22(3):613-618.
- RIGHI, G. 2002. Anelídeos Oligoquetos, pp. 81-84. In: Ismael, D.; Valenti, W.C.; Matsumura -Tundisi, T. & Rocha, O. (ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Invertebrados de água doce**. São Paulo, FAPESP.
- SCHER, O.; MCNUTT, K. & THIERY, A. 2010. Designing a standardised sampling method for invertebrate monitoring: a pilot experiment in a motorway retention pond. **Limnetica** 29(1): 121-132. Disponível em: http://www.limnetica.net/Limnetica/limne29a/L29a121_sampling_method_invertebrate_monitoring.pdf. Acesso em: out. 2010.
- SILVA, E.M. & ASSUNÇÃO, W.L. 2004. O clima na cidade de Uberlândia - MG. **Sociedade & Natureza** 3 (16): 91-107. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadenatureza/article/view/9181>. Acesso em: set. 2010
- SOUSA, E.F. 2008. **Distribuição e variação sazonal da fauna de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera em ambientes aquáticos de uma área**

de Cerrado em Uberlândia – MG. 34f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Uberlândia.

Recebido: 24/10/2011

Revisado: 21/05/2012

Aceito: 24/05/2012

SYSTAT INC. 2002. SYSTAT 10.2 SYSTAT Software Inc.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; QUEIROZ, J.F.; NASCIMENTO, V.M.C.; FREIRE, C.F.; HERMES, L.C.; SILVA, A. S. & TOLEDO, L.G. 2008. Estudo de Caso: a comunidade macrobentônica como instrumento na avaliação da qualidade do submédio São Francisco (PE e BA) e seu potencial para biomonitoramento ambiental. In: Queirós, J.F.; Silva, A.S.G.M. & Trivinho-Strixino, S. (org.). **Organismos bentônicos: biomonitoramento da qualidade da água.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente 1:35-66.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; GUADAGNIN, D.L.; DE ROSA-BARBOSA, R.; SILVA, M.M.; DRÜGG-HAHN, S.; LOPES-PITONI, V.L.; GASTAL, H.A.O.; BARROS, M.P. & DEMAMAN, L.V. 2004. Polyethylenetherephthalate (PET) device for sampling freshwater benthic macroinvertebrates. **Brazilian Journal of Biology** 64(3A): 531-541.

WAY, C.M.; BURKY, A.J.; BINGHAM, C.R. & MILLER, A.C. 1995. Substrate roughness, velocity refuges and macroinvertebrate abundance on artificial substrates in the lower Mississippi River. **Journal of North American Benthological Society** 14: 510-518.

WHILES, M.R. & WALLACE, J.B. 1997. Leaf litter decomposition and macroinvertebrate communities in headwater streams draining pine and hardwood catchments. **Hydrobiologia** 353: 107-119.

WIGGINS, G.B. 1977. **Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera).** Toronto, University of Toronto, 401p.

ZAR, J.H. 1999. **Biostatistical Analysis.** Prentice Hall, London, 4th ed., 663 pp.