UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" - UNESP
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS
Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas
Zoologia

Os macroinvertebrados bentônicos em lagoas marginais ao Rio Paranapanema: avaliação dos hábitos alimentares de Chironomidae e Ephemeroptera através de análise do conteúdo estomacal

Erika Mayumi Shimabukuro

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Botucatu, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas, Área de Concentração: Zoologia.

.

Orientador: Prof. Dr. Raoul Henry

Botucatu - SP

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU – UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: SELMA MARIA DE JESUS

Shimabukuro, Érika Mayumi.
A fauna de macroinvertebrados bentônicos em uma lagoa marginal ao Rio Paranapanema, na Zona de desembocadura na represa de Jurumirim (SP, Brasil) / Erika Mayumi Shimabukuro. – Botucatu : [s.n.], 2009.

Trabalho de conclusão (bacharelado – Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2009
Preceptor: Raoul Henry

1. Fauna bentônica - Paranapanema, Rio(SP)

Palavras-chave: Biodiversidade; Fauna bentônica; Rio Paranapanema; Variáveis ambientais

Dedico este trabalho aos meus pais, Hilomi Shimabukuro e Antônio Shimabukuro, meus maiores exemplos de força, coragem e determinação.

"Tell me and I'll forget
Show me and I may remember
Involve me and I'll understand."

Chinese Proverb

"Foi o tempo que dedicastes a tua
rosa que a fez tão importante"

Antoine de Saint-Exupéry

"A verdadeira viagem de
descobrimento não consiste em
procurar novas paisagens, mas
em ter novos olhos"

Marcel Proust

"The show must go on
I'll face it with a grin
I'm never giving in
On - with the show"

Queen

SUMÁRIO

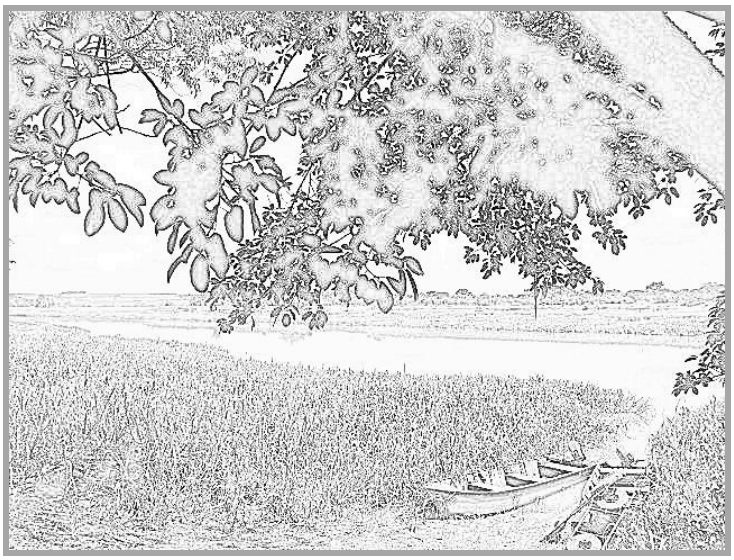
RESUMO 1
INTRODUÇÃO GERAL 2
CAPÍTULO I 13
Resumo 14
Abstract 15
Introdução 16
Material & Métodos 18
Resultados 23
Discussão 32
Conclusão 40
Referências 41
CAPÍTULO II 48
Resumo 51
Abstract 52
Introdução 53
Material & Métodos 55
Resultados 60
Discussão 65
Conclusão 74
Referências 75
CONSIDERÇÕES FINAIS 81
ANEXOS 84

RESUMO

Os macroinvertebrados bentônicos em lagoas marginais ao Rio Paranapanema: avaliação dos hábitos alimentares de Chironomidae e Ephemeroptera através de análise do conteúdo estomacal. Em ecossistemas aquáticos lênticos, o material orgânico de origem autóctone é o recurso basal de maior destaque, sendo a principal fonte de energia para consumidores primários, que por sua vez podem sustentar uma complexa rede trófica nesses ambientes. As principais fontes de material orgânico particulado em lagos, os detritos orgânicos, têm procedência do fitoplâncton e das macrófitas, e se acumulam no sedimento. Os macroinvertebrados bentônicos são, portanto, componentes fundamentais do processo de transferência de energia e nutrientes, de forma que sua sobrevivência nesses ecossistemas está relacionada, dentre outros fatores, a disponibilidade de recursos alimentares. Assim, é importante compreender, de acordo com as particularidades morfológicas, fisiológicas e comportamentais de cada táxon, como se mostram seus hábitos alimentares, frente às condições ambientais. O principal objetivo do trabalho foi evidenciar as diferenças na estruturação da fauna de macroinvertebrados bentônicos em duas lagoas marginais ao Rio Paranapanema, partindo-se do princípio que a presença de plantas aquáticas em uma delas afetaria significativamente a organização desses organismos. Buscou-se demonstrar ainda que essa influência seria resultado da contribuição que as plantas aquáticas têm para a alimentação dos grupos de macroinvertebrados bentônicos. Os itens alimentares consumidos por Chironomidae e Ephemeroptera foram verificados em ambas as lagoas e períodos de estudo através da análise do conteúdo estomacal das larvas. Neste trabalho concluiu-se que o material orgânico particulado fino é o item mais explorado por estes dois grupos, favorecendo o desenvolvimento de muitos táxons e interferindo na estruturação da fauna em ambas as lagoas e períodos analisados.

Palavras-chave: material orgânico particulado, sedimentação, itens alimentares, ambientes lênticos, variação espacial

INTRODUÇÃO GERAL



Lagoas são habitats muito diversos que desempenham um papel fundamental na biodiversidade aquática. São definidos como pequenos corpos d'água que podem ser permanentes ou temporários (Biggs et al., 2005). A principal característica que diferencia lagos de lagoas diz respeito a sua profundidade. Ambientes lacustres com incidência luminosa em toda a extensão da coluna de água recebem a designação de lagoas.

Para lagoas situadas em áreas alagáveis, como no presente estudo, a água do canal principal do rio pode alimentar a planície adjacente formando uma conexão com os ambientes lênticos marginais, e o pulso de inundação é considerado o fator mais importante a afetar a organização das comunidades e a composição das espécies bentônicas (Henry, 2003; Takeda, 1999). A freqüência, duração e amplitude do pulso de inundação são determinadas pelas variações nos níveis hidrológicos dos ecossistemas lóticos e resultam em diferentes graus de conexão entre esses ambientes durante o ano (Ward & Stanford, 1995; Galat et al., 1997). Se houver desconexão, lagos podem ser mantidos isolados ou desaparecer completamente, por evaporação, infiltração ou fluxo subterrâneo para outros ecossistemas (Henry, 2005).

De acordo com Schindler & Scheuerell (2002), os ecossistemas aquáticos lênticos apresentam grande complexidade e são constituídos por diferentes habitats. Esteves (1998) dividiu o lago em quatro regiões distintas: a região litorânea, representando um ecótono entre o ecossistema terrestre e o lacustre; a região limnética, onde reside o plâncton e o nécton; a interface ar-água, cujos organismos habitantes (nêuston e plêuston) dependem do fenômeno de tensão superficial para se manterem nessa zona; e a região profunda, onde se situa a comunidade bentônica.

A comunidade bentônica (*benthos*, tem origem do grego, e significa profundidade) é uma das mais diversificadas, com representantes de diversos filos do reino animal, desde protozoários até os invertebrados de grande dimensão, além de vertebrados (Wetzel & Likens, 1991). Recebe esse nome, pois vive associada ao sedimento dos ambientes aquáticos onde passam pelo menos a fase inicial do seu ciclo de vida. O presente estudo restringe-se aos macroinvertebrados bentônicos, que por convenção, refere-se à fauna invertebrada dos ambientes profundos que pode ser retida em uma malha de 200 a 500 micrômeros (Hauer & Resh, 1996) e, portanto são visíveis a olho nu.

O sedimento nos ambientes límnicos deve ser considerado como resultado da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático, envolvendo processos biológicos, químicos e físicos que influenciam o metabolismo de todo o sistema. Além disso, pode explicar os eventos que determinaram a evolução do ambiente aquático com o ecossistema terrestre adjacente, seja esse histórico marcado por impactos ambientais ou não (Esteves, 1998; Costa-Boddeker et al., 2012).

Os macroinvertebrados bentônicos são considerados componentes-chave na estrutura e no funcionamento de lagos rasos (Callisto & Esteves, 1995). Isso se deve ao seu papel fundamental nas teias alimentares, representando funcionalmente o elo entre os recursos basais e os consumidores de ordens mais elevadas, especialmente a comunidade de peixes. Além de fragmentar a matéria orgânica, tornando-a disponível para outros organismos, a atividade dos macroinvertebrados nos interstícios do sedimento resulta na transferência dos nutrientes adsorvidos no substrato para a coluna de água (Real et al., 2000; Leal et al., 2003; Caliman et al., 2007; Callisto et al., 2009); são portanto, grandes responsáveis pela ciclagem dos nutrientes dentro dos ecossistemas

aquáticos (Callisto & Esteves, 1995). Como resultado de seu metabolismo, os macroinvertebrados são capazes de auxiliar na autodepuração dos ambientes aquáticos em que habitam, reduzindo a concentração de determinados poluentes no meio. Essa capacidade depende, contudo, de sua tolerância frente ao impacto. Em função das inúmeras repostas que os organismos da comunidade bentônica podem mostrar quando confrontados às condições ambientais, são considerados importantes indicadores da qualidade da água (Rosemberg & Resh, 1993).

A distribuição dos macroinvertebrados bentônicos nos corpos de água pode ser determinada por fatores físicos e químicos do meio, como a natureza do sedimento, a profundidade do ambiente e o teor de oxigênio dissolvido na água próximo à interface com o sedimento (Corbi & Trivinho-Strixino, 2002). Muitos estudos mostram a influência das variáveis ambientais sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos de ambientes lênticos (Marques et al., 1999; Davanso & Henry, 2006; Pamplim et al., 2006; Lucca et al. 2010). A importância das relações tróficas para a estruturação da comunidade, apesar de ser reconhecida, poucas vezes é utilizada complementarmente nos trabalhos de ecologia descritiva. Assim sendo, a disponibilidade recursos alimentares como um fator controlador da variação espaço-temporal na comunidade bentônica é, na maior parte das vezes, desconsiderada.

Com base no modo de alimentação dos macroinvertebrados, Merrit & Cummins (1996), apresentaram uma categorização funcional trófica da comunidade para ambientes lóticos, agrupando os organismos em cinco categorias: (1) coletores-catadores - alimentam-se de pequenas partículas de matéria orgânica por coleta nos depósitos de sedimento; (2) coletores-filtradores – capturam, por filtração, pequenas partículas de matéria orgânica em suspensão na coluna d'água; (3) fragmentadores -

mastigam folhas ou tecido de planta vascular vivo ou escavam madeira; (4) predadores - engolem a presa inteira ou ingerem os fluidos do tecido corporal; (5) raspadores - adaptados a raspar superfícies duras, alimentam-se de algas, bactérias, fungos e matéria orgânica morta adsorvidos aos substratos. Contudo, a classificação desses grupos funcionais ("Functional Feeding Groups") deve ser feita com cautela, pois além de ter sido elaborada para o Hemisfério Norte, desconsidera a plasticidade alimentar existente em muitos táxons, por exemplo, para as espécies de Chironomidae (Berg, 1995; Cummins & Klug, 1979) e para Ephemeroptera (López-Rodríguez et al., 2008) de ambientes lóticos. Para ecossistemas lênticos, as informações acerca da alimentação desses organismos são ainda mais escassas.

Dentre os macroinvertebrados bentônicos predominantes nos ecossistemas lênticos, encontram-se os insetos. Os principais representantes desse grupo costumam pertencer à ordem Diptera, como a família Chironomidae. Os indivíduos dessa família têm grande destaque nos estudos ecológicos de águas continentais em função de sua elevada riqueza e abundância nesses ambientes. Além de ser o grupo de insetos mais bem distribuído pelo globo, com representantes até mesmo na Antártida (Cranston, 1995), esses organismos possuem uma gama de características morfológicas, fisiológicas e mecanismos comportamentais adaptativos que os tornam capazes de tolerar as mais diversas condições ambientais, inclusive aquelas desfavoráveis para a maior parte da comunidade aquática, como condições de anoxia (Trivinho-Strixino, 2011). Contudo, não são os únicos que apresentam elevadas abundâncias nesses ambientes, outras famílias como Chaoboridae e Ceratopogonidae, ainda da ordem Diptera, são bem adaptadas às condições lênticas, e alguns anelídeos, como Oligochaeta e Hirudinea podem também ser encontrados em elevada densidade nesses corpos

d'água. Muitos desses grupos, além de mostrarem grande representatividade numérica, podem contribuir substancialmente em termos de biomassa local, como indivíduos de Ephemeroptera, que apresentam um rápido crescimento (Benke, 1984; Leal & Esteves, 2000). Esse aspecto tem particular relevância, visto que expressa a necessidade energética desses organismos, o potencial de acumulação e de transferência de energia dentro de um nível trófico.

Os macroinvertebrados obtêm energia para desempenhar suas funções vitais através da metabolização dos recursos disponíveis no ecossistema aquático. Em razão dos lagos serem ambientes de acumulação de materiais orgânicos dentre os ecossistemas naturais (Knoppers, 1994), os detritos orgânicos são os recursos alimentares de maior disponibilidade nesses tipos de ambiente. Segundo Darnell (1964), o detrito orgânico é formado por diferentes tipos de material biogênico em estágios variados de decomposição microbiana, sendo considerado o principal item da dieta da maioria dos insetos aquáticos. A matéria orgânica nos ecossistemas aquáticos, formada por um complexo de material vegetal e animal (Uieda & Motta, 2007), pode ter origem autóctone ou alóctone (Ward et al., 1994). Com relação à produção autóctone, as algas têm uma notável importância, compondo o fitoplâncton em ambientes lênticos e o perifíton em ambientes lóticos, e têm ganho destaque nos estudos que envolvem a produtividade nos ecossistemas aquáticos. As macrófitas, apesar de representarem muitas vezes os seres fotossintéticos dominantes nos corpos d'água, têm sido pouco investigadas quanto a sua contribuição para o material orgânico autóctone (Bertilsson & Jones, 2003). Para alguns ecossistemas lacustres, a produção da biomassa das macrófitas pode constituir até a metade do aporte de carbono orgânico e uma pequena quantidade deste permanece na sua forma reduzida através do tempo geológico, sendo

assim um recurso indispensável para a manutenção do metabolismo no ecossistema aquático em questão (Bianchini, 1999). A fonte alóctone é de origem terrestre, e tem grande importância para ambientes que apresentam conexão com os ecossistemas lóticos, onde o aporte é muito significativo.

A despeito da elevada disponibilidade de detritos orgânicos nesses ambientes, os macroinvertebrados bentônicos utilizam uma grande diversidade de recursos em sua alimentação, o que contribui grandemente para a boa adaptação desses grupos. Mesmo sendo considerados generalistas em muitos casos, a seleção pelo alimento pode seguir critérios bem definidos, que vão desde o tamanho das partículas e disponibilidade, até seu valor nutricional. Sendo assim, é fundamental levar em consideração as diferenças nas necessidades e nos hábitos alimentares de cada táxon, os quais devem ser analisados preferencialmente em níveis específicos.

Os resultados obtidos nesta investigação foram relatados em dois capítulos separados na dissertação, a fim de facilitar sua abordagem e compreensão.

Capitulo I

Esse capítulo buscou evidenciar as diferenças na estruturação da fauna de macroinvertebrados bentônicos em duas lagoas, partindo-se do principio que a presença de plantas aquáticas em uma delas afetaria significativamente a organização desses organismos. Esperou-se uma influência positiva dessas plantas aquáticas sobre a fauna, com maiores valores de densidade e riqueza de táxons na lagoa com macrófitas, relacionados à maior taxa de sedimentação de material orgânico particulado proveniente das mesmas. Por outro lado, a lagoa sem influência de macrófitas, sustentaria menor número de táxons e de indivíduos, em função do material orgânico sedimentado nesse local ser majoritariamente composto por detritos planctônicos.

Capitulo II

As diferenças na estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos observadas entre as lagoas, bem como as variações espaciais constatadas na lagoa com macrófitas, instigaram a elaboração do segundo capítulo. Buscou-se verificar se a presença dessas plantas exercia influência, pelo suprimento de recursos alimentares, na organização espacial e temporal da comunidade bentônica. Dois grupos de organismos foram escolhidos para análise de seus conteúdos estomacais. A família Chironomidae foi um dos grupos, devido a sua grande abundância e riqueza no presente estudo, o que possibilitou encontrar diferenças espaço-temporais de seus representantes. Além disso, a existência de chave de identificação para o estado tornou possível sua identificação ao nível de gênero e espécie. A ordem Ephemeroptera, representada pelo gênero *Campsurus,* foi outro, em função de sua distribuição na lagoa, com elevada densidade na região sob influência das macrófitas. Adicionalmente, estes grupos mostraram grande correlação com o conteúdo de matéria orgânica presente no sedimento.

REFERÊNCIAS

Benke, A.C. 1984. Secondary production of aquatic insects. In: Resh, V.H. & Rosenberg, D.M. (Eds.). The ecology of aquatic insects. Praeger Publishers, New York, p. 289-322.

Berg, H.B. 1995. Larval food and feeding behaviour. In: Armitage, P.D.; Cranston, P. S. & Pinder, L.C.V. (Eds.). The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall, London, UK, p. 136-168.

Bertilsson, S. & Jones, J.B. 2003. Supply of dissolved organic matter to aquatic ecosystems: autochthonous sources. In: Findlay, S.E.G. & Sinsabaugh, R.L. (Eds.). Aquatic Ecosystems Interactivity of Dissolved Organic Matter. p. 3-19.

Bianchini-Jr., I. 1999. Aspectos do processo de decomposição nos ecossistemas aquáticos continentais. In: Pompêo, M.L.M. (Ed.). Perspectivas da Limnologia no Brasil. São Luis: Gráfica e Editora União, p. 21-43.

Biggs, J.P.; Williams, M.; Whitfield, P.; Nicolet & Weatherby, A. 2005. 15 years of pond assessment in Britain: results and lessons learned from the work of Pond Conservation. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 15: 693–714.

Caliman, A.; Leal, J.J.F.; Esteves, F.A.; Carneiro, L.S.; Bozelli, R.L. & Farjalla, V.F. 2007. Functional bioturbator diversity enhances benthic-pelagic processes and properties in experimental microcosms. Journal of the North American Bentological Society, 26: 450-459.

Callisto, M. & Esteves, F.A. 1995. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita, Lago Batata (Pará, Brasil). In: Esteves, F.A. (Ed.). p. 281-291, Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Callisto, M.; Leal, J.J.F.; Figueredo-Barros, M.P.; Moreno, P. & Esteves, F.A. 2009. Effect of bioturbation by *Chironomus* on nutrient fluxes in an urban eutrophic reservoir. In: Proceedings of the 7 International Symposium on Ecohydraulics. Concepcion: Universidad de Concepcion, 1: 76-86.

Corbi, J.J. & Trivinho-Strixino, S. 2002. Spatial and bathymetric distribution of the macrobenthic fauna of the Ribeirão das Anhumas reservoir (Américo Brasiliense - SP, Brasil). Acta Limnologica Brasiliensia, 14: 35–42.

Costa-Boddeker, S.; Bennion, H.; Jesus, T.A. de; Albuquerque, A.L.S.; Figueira, R.C.L. & Bicudo, D. de C. 2012. Paleolimnological inferred eutrophication of a shallow, tropical, urban reservoir in southeast Brazil. Journal of Paleolimnology, 48: 751-766.

Cranston, P.S. 1995. Introduction. In: Armitage, P.D., Cranston, P.S. & Pinder, L.C.V. (Eds.) The Chironomidae. Biology and ecology of non–biting midges. Londres: Chapman & Hall. p. 1-7.

Cummins, K. W. & Klug, M. J. 1979. Feeding ecology on stream invertebrates. Annual Review of Ecology and Systematic, 10: 147-172.

Darnell, R.M. 1964. Organic detritus in relation to secondary production in aquatic communities. Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie, 15: 462-470.

Davanso, R.C.S. & Henry, R. 2006. A biodiversidade bentônica em lagoa marginal ao rio Paranapanema na zona de sua desembocadura, na represa de Jurumirim. Acta Scientiarum. Biological Sciences, 28(4): 347-357.

Esteves, FA. 1998. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência. 602p.

Galat, D.L.; Kubiasiak, J.F.; Hooker, J.B. & Sowa, L.M. 1997. Geomorphology, distribution and connectivity of lower Missouri River floodplain waterbodies scoured by the flood of

1993. Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie, 26(2): 869-878.

Hauer, F.R. & Resh, V.H. 1996. Benthic macroinvertebrates. In: Hauer, F.R. & Lamberti, G.A. (Eds.).Stream ecology. San Diego, Academic Press, p. 339-369.

Henry, R. 2003. Os ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos: conceitos, tipos, processos e importância. Estudo de aplicação em lagoas marginais ao rio Paranapanema na zona de sua desembocadura na represa de Jurumirim. In: Henry, R. (Ed.). Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos. São Carlos: Fundibio, Rima, p. 1-28.

Henry, R. 2005. The connectivity of the Paranapanema River with two lateral lakes in its mouth zone into Jurumirim Reservoir. Acta Limnologica Brasiliensia, 17(1): 57-69.

Knoppers, B. 1994. Aquatic primary production in coastal lagoons. In: Kjerfve, B. (Ed.). Coastal lagoon processes. Elsevier. Amsterdan. Oceanographyc Series 6, p. 243–286.

Leal, J.J.F.; Enrich-Prast, A.; Esteves, F.A. & Farjalla, V.F. 2003. Effect of *Campsurus notatus* on NH4, DOC fluxes, O2 uptake and bacterioplankton production in experimental microcosms with sediment-water interface of an Amazonian lake impacted by bauxte tailings. International Review of Hydrobiology, 88(2): 167-178.

Leal, J.J.F. & F.A. Esteves, 2000. Life cycle and production of *Campsurus notatus* (Ephemeroptera, Polymitarcyidae) in an Amazonian lake impacted by bauxite tailings (Pará, Brazil). Hydrobiologia, 437: 91–99.

López-Rodríguez, M.J.; Tierno de Figueroa, J.M. & Alba-Tercedor, J. 2008. Life history and larval feeding of some species of Ephemeroptera and Plecoptera (Insecta) in the Sierra Nevada (Southern Iberian Peninsula). Hydrobiologia, 610: 277–295.

Lucca, J.V.; Pamplin, P.A.Z.; Gessner, A.F.; Trivinho-Strixino, S.; Spadano-Albuquerque, A.L. & Rocha, O. 2010. Benthic macroinvertebrates of a tropical lake: Lake Caçó, MA, Brazil. Brazilian Journal of Biology, 70(3): 593-600.

Marques, M.G.S.M.; Ferreira, R.L. & Barbosa, F.A.R. 1999. A comunidade de macroinvertebrados aquáticos e características limnológicas das lagoas Carioca e da Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. Brazilian Journal of Biology, 59(2): 203-210.

Merritt, R.W. & Cummins, K.W. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. Dubuque, Kendall/Hunt, 3rd ed., 722p.

Pamplin, P.A.Z.; Almeida, T.C.M. & Rocha, O. 2006. Composition and distribution of benthic macroinvertebrates in Americana Reservoir (SP, Brazil). Acta Limnologica Brasiliensia, 18(2): 121-132.

Real, M.; Rieradevall, M. & Prat, N. 2000. *Chironomus* species (Diptera: Chironomidae) in the profundal benthos of Spanish reservoirs and lakes: factors affecting distribution patters. Freshwater Biology, 43(1): 1-18.

Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. 1993. Freshwater Biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, NewYork. p. 10-27.

Schindler, D.E. & Scheuerell, M.D. 2002. Habitat coupling in lake ecosystems. Oikos, 98: 177-189.

Takeda, A.M. 1999. Oligochaeta community of alluvial upper Paraná River, Brazil: spatial and temporal distribution (1987-1988). Hydrobiologia, 412: 35-42.

Trivinho-Strixino, S. 2011. Larvas de Chironomidae. Guia de identificação. São Carlos: Ed. UFSCar; 371p.

Uieda, V.S. & Motta, R.L. 2007. Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review. Acta Limnologica Brasiliensia, 19(1): 15-30.

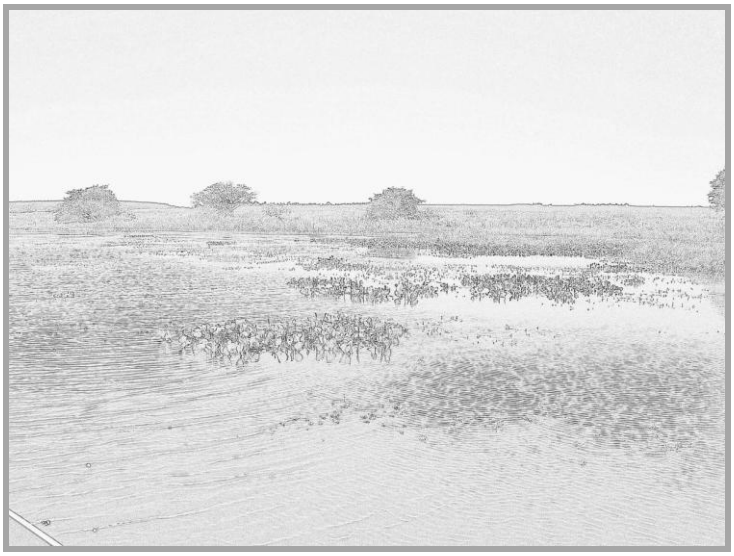
Ward, G.M.; Ward, A.K.; Dahm, C.N. & Aumen, N.G. 1994. Origin and formation of organic and inorganic particles in aquatic systems. In: Wotton, R.S. (Ed.), The Biology of Particles in Aquatic Systems, 2nd edition. Lewis Publishers, Boca Raton: 45–74.

Ward, J.V. & Stanford, J.A. 1995. The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. Regulated Rivers: Research and Management, 10: 159-16.

Wetzel, R.G. & Likens, G.E. 1991. Limnological Analises, 2nd edition, Springer-Verlag, New York, 391p.

CAPÍTULO I

Macrófitas como fator gerador de heterogeneidade espacial na estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em lagoas marginais



RESUMO

Macrófitas como fator gerador de heterogeneidade espacial na estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em lagoas marginais. As macrófitas aquáticas além de servirem de habitat, contribuindo para a grande diversidade encontrada na região litorânea de ambientes lênticos, são uma das principais fontes de detrito orgânico, o que tem consequências diretas para a fauna bentônica. O objetivo do presente estudo foi comparar a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, espacialmente e temporalmente, em duas lagoas marginais com distintas fontes de material orgânico sedimentado, sem plantas aquáticas e outra com bancos restritos a um de seus compartimentos. Esperou-se encontrar maior riqueza e maior densidade de macroinvertebrados bentônicos, maior sedimentação de material particulado e variação espacial das variáveis ambientais e biológicas na lagoa com macrófitas, em função de sua maior complexidade em comparação àquela que não possui plantas aquáticas. Foram mensuradas variáveis da água e do sedimento, e a taxa de sedimentação em cada lagoa e estação de estudo. As características do sedimento foram as principais responsáveis pela diferenciação das lagoas, o que teve forte influencia sobre os macroinvertebrados bentônicos. Na estação seca, a riqueza de táxons foi maior na lagoa com macrófitas, devido, especialmente, aos organismos que habitaram exclusivamente a porção sob domínio de macrófitas. Contudo, a densidade foi similar em ambas, com dominância de *Chironomus paragigas* na lagoa sem macrófitas, que se mostrou um ambiente homogêneo, e Oligochaeta, *Chaoborus* sp. *e Campsurus* sp. na lagoa com macrófitas. A irregularidade da linha marginal da lagoa com macrófitas possibilitou a heterogeneidade observada, com a formação de dois compartimentos na distribuição espacial da fauna bentônica, um na zona de influencia das macrófitas e outro fora. Na estação chuvosa, a conexão da lagoa sem macrófitas e a elevada demanda bioquímica de oxigênio na lagoa com macrófitas, mudaram profundamente a estrutura da comunidade de ambas as lagoas. Ainda assim, as diferenças espaciais entre os compartimentos, sem influencia de macrófitas e sob influencia dessas plantas, foram mantidas dentro dessa lagoa, mostrando sua importância como fator regulador da fauna nesses ambientes.

Palavras-chave: taxa de sedimentação, plantas aquáticas, detritos particulados, morfometria, planície de inundação.

ABSTRACT

Macrophytes as a generator factor of spatial heterogeneity in benthic macroinvertebrates community structure in marginal lakes. Aquatic macrophytes besides serving as habitat, contribute to the great diversity found in the littoral region of lentic environments, are a major source of organic detritus, which has direct consequences for the benthic fauna. The objective of this study was to compare the community structure of benthic macroinvertebrates, spatially and temporally, in two marginal lakes with different sources of autochthonous organic material, one without aquatic plants and another with stands restricted to one of its compartments. It has been expected to find greater taxa richness and greater density of benthic macroinvertebrates; increased sedimentation of particulate material; and spatial variation of environmental and biological variables in the pond with macrophytes, due to its greater complexity in comparison that does not have aquatic plants. Water and sediment variables were measured, and the sedimentation rate in each pond and station of study. The characteristics of the sediment were the main responsible for ponds differentiation, which had a strong influence on the benthic macroinvertebrates. In the dry season, taxa richness was higher in the pond with macrophytes, especially because of the organisms that inhabited exclusively the territory dominated by macrophytes. However, density of both was similar, with dominance of *Chironomus paragigas* in the pond without macrophytes, which showed to be an homogeneous environment, and Oligochaeta, *Chaoborus* sp. and *Campsurus* sp. in the pond with macrophytes. The irregular shape of marginal zone of the pond with macrophytes allowed the heterogeneity observed, with the formation of two compartments in spatial distribution of benthic fauna, one in the region of influence of macrophytes and another outside. In the rainy season the connection of the pond without macrophytes and the high biochemical demand for oxygen in the pond with macrophytes profoundly changed the structure of the community of both lakes. Moreover, the differences between spatial compartments, under the influence of macrophytes and without the influence of these plants, were maintained within this pond, showing their importance as a regulator factor of fauna in such environments.

Key-words: Sedimentation rate, aquatic plants, organic detritus, morphometry, floodplain.

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas da América do Sul apresentam como característica marcante, extensas planícies de inundação que estão em constante interface com os rios e os ambientes adjacentes a eles (Bonetto, 1993). Em planícies de inundação, os picos de precipitação anual geram o pulso de inundação, o qual proporciona o extravasamento do rio, conectando-o aos sistemas lênticos laterais (Domitrovic, 2003; Hamilton, et al.; 1998, Junk, 1980). Este importante processo possibilita a troca de partículas, nutrientes e organismos entre os ambientes aquáticos, o que faz das planícies de inundação nas regiões tropicais um dos sítios mais produtivos do mundo.

Dentre os grupos zoológicos mais notáveis, estão os macroinvertebrados bentônicos, componentes-chave dos ecossistemas aquáticos continentais pela sua participação substancial nos processos de ciclagem de nutrientes e fluxo de energia, representando o principal elo entre os recursos basais e os níveis tróficos superiores (Gardner et al., 1983; Fukuhara & Sakamoto, 1988; Van den Brink et al., 1994). Em resposta às condições ambientais, a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, geralmente avaliada por atributos ecológicos, sofre variações em escala temporal e espacial (Resh & Rosenberg, 1989).

A distribuição dos macroinvertebrados associados ao sedimento não segue padrões randômicos (Thrush, 1991). A estrutura da comunidade tende a ser marcada por uma grande heterogeneidade espacial gerada, principalmente, pelo fluxo da água em ecossistemas lóticos (Pringle et al., 1988; Townsend, 1989; Vanotte et al., 1980) e pelo gradiente horizontal em ecossistemas lênticos, de maneira que a região litorânea é detentora dos maiores valores de diversidade nesses ambientes, tratando-se de um ecótono (Margalef, 1983).

As macrófitas aquáticas, frequentemente associadas às margens dos ambientes lênticos, contribuem significativamente para a grande diversidade dessa região (Merritt & Cummins 1996; Ward, 1992). Diversos estudos têm focado a interação das macrófitas com os demais organismos aquáticos, principalmente em razão da importância que essas plantas apresentam como hábitat, local para refúgio, alimentação e desova de muitos desses organismos (Thomaz & Cunha, 2010; Bianchini Junior, 2003; Peiró & Alves, 2004; Moretti et al., 2003). Entretanto, poucos trabalhos enfatizaram a importância das plantas aquáticas para os organismos que vivem no fundo dos ecossistemas aquáticos, em especial, os macroinvertebrados (Palmer, 2000).

As macrófitas aquáticas podem levar a redução da turbidez (Petticrew & Kalff, 1992) aumentando a estabilidade do meio (Sand-Jensen, 1998; Madsen et al., 2001) e podem representar as principais produtoras de matéria orgânica dos ambientes lênticos, atingindo cerca de 100 ton de peso seco/ha/ano (Piedade et al., 1991). Estas plantas aquáticas são responsáveis pela formação de um grande pool de nutrientes, e, portanto, são componentes fundamentais da cadeia de pastagem e de detritos, interferindo no processo metabólico de todo o ecossistema (Wetzel, 1990; Esteves, 1998). Portanto, presume-se que a presença de macrófitas pode afetar, não apenas as condições abióticas do meio aquático onde se encontram, mas também a fauna que habita o sedimento logo abaixo.

O objetivo do presente estudo foi comparar, em duas estações do ano, a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em duas lagoas, uma apresentando macrófitas aquáticas e outra sem plantas, em conseqüência, com distintas fontes de matéria orgânica no sedimento. Em função destas diferenças, pretende-se responder as seguintes questões: 1. A lagoa com macrófitas apresenta maior riqueza de táxons e maior densidade de organismos bentônicos que a lagoa sem plantas aquáticas?; 2. A

maior taxa de sedimentação de matéria particulada (total e orgânica) ocorre na lagoa com macrófitas?; 3. O ambiente lacustre com ausência de macrófitas e em função de sua simplicidade estrutural não apresenta variação espacial das características físicas e químicas da água, ao contrário da outra lagoa?

MATERIAL & MÉTODOS

Área de Estudo

Foram selecionadas para estudo duas lagoas marginais ao Rio Paranapanema (um importante tributário da margem esquerda do rio Paraná), na região de sua desembocadura na Represa de Jurumirim, sudeste do estado de São Paulo, Brasil (Figura 1). Esta região possui uma grande diversidade de ambientes aquáticos, formados pelo canal principal do rio e uma série de lagoas laterais a ele, as quais apresentam diferentes graus de conexão com o mesmo. No local do presente estudo, a conectividade hidrológica não segue a dinâmica peculiar das planícies de inundação, pois o processo de inundação sofre influencia direta do reservatório à jusante, que tem uma ação regulatória sobre a expansão lateral do curso d'água (Henry 2003).

Informações sobre as alterações limnológicas na região podem ser encontradas em Henry (2005), Granado & Henry (2012), sobre os macroinvertebrados bentônicos (Davanso & Henry, 2006 a,b; Zerlin, 2011; Shimabukuro & Henry, 2011), e macrófitas aquáticas (Afonso, 2002; Stripari & Henry, 2002; Fulan & Henry, 2007a,b; 2008; Fulan et al., 2011; Silva & Henry, 2013 – no prelo).

A Lagoa dos Cavalos (23˚29'12.81"S e 48˚37'02.34"O), um dos ambientes lacustres, sistema isolado do Rio Paranapanema, conectando-se ao rio somente em episódios de cheia extrema, como observado em 1997 e 2004. A lagoa é perene, sendo alimentada pela chuva e por fluxo subterrâneo de água, proveniente do rio (Carmo,

2007; Henry, 2005). Neste estudo, o intenso período chuvoso não foi capaz de proporcionar a conexão da Lagoa com o rio, mas sim com uma lagoa próxima (Lagoa do Camargo - permanentemente conectada ao Rio Paranapanema). A conexão foi sutil, através de um fluxo estreito e superficial, formando uma grande região alagada entre elas. A Lagoa dos Cavalos apresenta vegetação de entorno limitada a uma gramínea invasora, a *Echinochloa polystachya*. A lagoa tem um formato próximo ao circular e apresenta pequenas dimensões (comprimento máximo: 100 m, largura máxima: 100 m, área de superfície: 8.600 m^2, perímetro: 420 m, volume: 11.600 m^3) (Henry, 2005).

A Lagoa do Barbosa (23˚30’13.11”S e 48˚37’45.17”O), outro ambiente lêntico, possui um formato alongado e levemente ramificado (comprimento máximo: 1420 m, largura máxima: 550 m, área de superfície: 203.000 m^2, perímetro: 6270 m) (Silva & Henry, 2013 - no prelo). Como vegetação marginal, apresenta um cinturão de *Echinochloa polystachya* e macrófitas flutuantes (*Eichhornia azurea* e *Salvinia auriculata*) e enraizadas (*Myriophyllum aquaticum*), que estão concentradas apenas em uma porção da lagoa. O domínio das macrófitas se restringe à região dos pontos 14 a 20 da Lagoa do Barbosa na porção final da lagoa, enquanto que a região fora do domínio de vegetação aquática, a porção inicial, compreendem os pontos de 1 a 13 (Figura 1).

As coletas foram realizadas no mês de agosto de 2011 e janeiro de 2012, com o intuito de evidenciar possíveis diferenças na estruturação da fauna entre a estação seca de inverno e a estação chuvosa de verão.

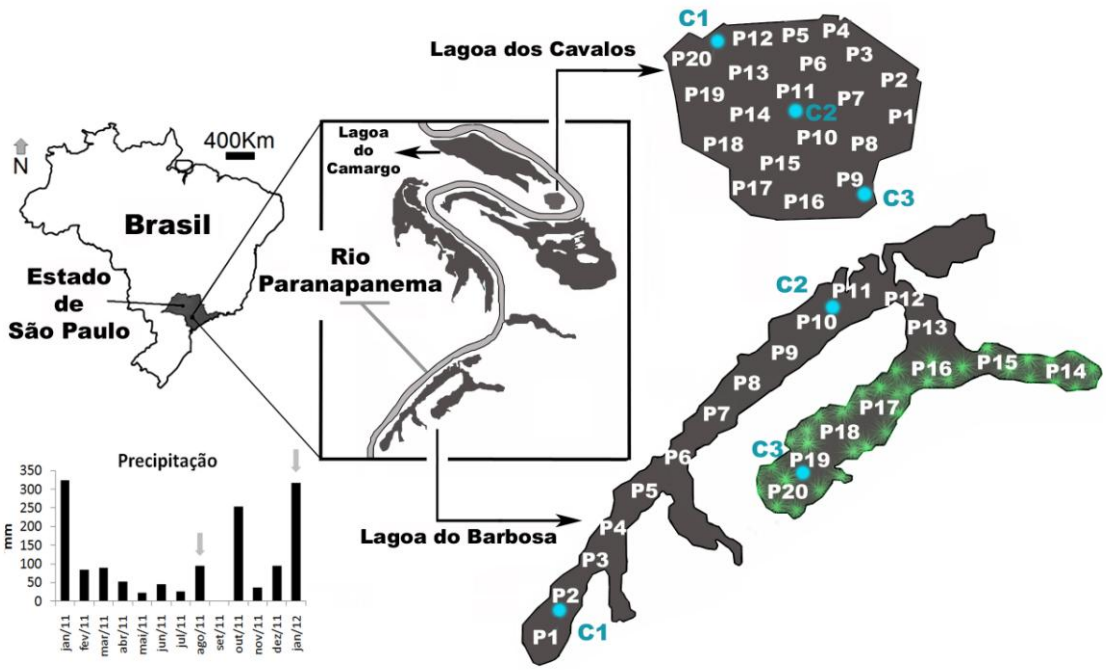


Figura 1. Mapa da região de estudo com os vinte pontos de amostragem em cada lagoa, locais onde foram instaladas as câmaras de sedimentação (C1, C2, C3) e dados de precipitação mensal com destaque para os meses de amostragem (agosto de 2011 e Janeiro de 2012). Destaque, em verde, para a porção final da Lagoa do Barbosa, colonizada por macrófitas aquáticas.

Variáveis abióticas

Foram mensuradas as seguintes variáveis da água: temperatura (através de termistor Toho Dentram ET-3); transparência (através de disco de Secchi); teor de oxigênio dissolvido (através do método de Winkler, Golterman et al., 1978); pH (através de pHmetro Micronal B-380); e condutividade elétrica (através de condutivímetro Hatch model 2511, dados corrigidos para 25 °C de acordo com Golterman et al., 1978), em cada um dos 20 pontos de amostragem em cada lagoa, a 10 cm de distância do fundo. Os dados de pluviosidade foram obtidos na estação pluviométrica E5-017 do D. A. E. E. – Departamento de Águas e Energia Elétrica, em Angatuba (SP).

A sedimentação de matéria particulada em cada lagoa foi obtida por meio da incubação de câmaras (conjuntos com quatro tubos de PVC, com razão altura/diâmetro

de 3:1), instalados em três pontos no fundo de cada lagoa por aproximadamente 24h, como descrito por Henry (2009). O material sedimentado, total e orgânico, foi determinado segundo método gravimétrico (Teixeira & Kutner, 1962). O intuito da instalação das câmaras foi verificar possíveis diferenças na quantidade de material orgânico introduzido no sedimento, a partir de então, um recurso disponível para os organismos bentônicos. Foram feitas comparações entre os dois ambientes estudados, entre os dois períodos avaliados e também entre os pontos de cada lagoa.

A composição granulométrica do sedimento foi determinada através do método de Suguio (1973) e o conteúdo de matéria orgânica foi estimado através de calcinação de amostra em mufla a 550 °C por 1 hora.

Macroinvertebrados bentônicos

Foi coletado sedimento em vinte pontos distribuídos por cada lagoa. Em cada ponto, três amostras para a análise dos macroinvertebrados bentônicos e uma suplementar para análise granulométrica e de teor de matéria orgânica foram recolhidas com auxílio de pegador de Van Veen (área: 0,064m^2). No campo, uma primeira triagem das amostras de sedimento foi feita através de sua transferência em rede de 250µm de malha. A seguir, foram fixadas em formaldeído 4%, posteriormente transferidas para etanol 70%. Em laboratório, os organismos foram submetidos à outra triagem, identificação e contagem em microscópio estereoscópico e óptico. A família Chironomidae, o grupo mais abundante, foi identificada ao menor nível taxonômico possível (gênero ou espécie) em dez pontos intercalados de cada lagoa (pontos pares). *Chironomus* spp, no presente estudo, representa um agrupamento de três espécies (*C. strenzkei*, *C. columbiensis*, *C. reissi*, de difícil distinção). A identificação dos grupos de macroinvertebrados bentônicos foi feita de acordo com bibliografia especializada (Trivinho-Strixino & Strixino, 2011; Merrit & Cummins, 1996; Brinkhurst & Marchese,

1991; Mugnai et al., 2010). Para cada amostra foi calculada a densidade dos táxons (expressa em ind.m^{-2}) e, para os pontos pares onde os táxons de Chironomidae foram identificados ao menor nível taxonômico, foi calculada a riqueza.

Análises dos dados

Os dados foram previamente transformados em Log x+1 e o teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a normalidade dos dados. Testes comparativos (análise de variância – ANOVA - para dados normais/paramétricos, e Kruskall-Wallis para dados não normais/não paramétricos) foram utilizados para detectar variações na densidade dos táxons simultaneamente entre as lagoas e os períodos amostrados.

Grupos homogêneos para diferenças significativas apontadas pela ANOVA foram identificados com o teste de Tukey HSD ($p<0,05$), e na análise de Kruskal-Wallis pelo teste de comparações múltiplas das médias ($p<0,05$).

Variações espaciais da abundância dos táxons foram identificadas por análise de cluster, utilizando o índice de City-block (Manhattan) *distances* e o método de Ward, para pontos e períodos de amostragem (Kindt & Coe, 2005). Devido à grande variação observada para as lagoas ao comparar os períodos amostrados, foi feito uma análise de cluster para cada período.

A ordenação espacial e temporal das variáveis ambientais, visando verificar sua homogeneidade ou heterogeneidade dentro das lagoas, foi feita através de análise de componentes principais (ACP).

Para verificar a influência das variáveis ambientais sobre os macroinvertebrados bentônicos, os grandes grupos foram analisados separadamente dos níveis taxonômicos menores, devido ao distinto número de repetições.

Para os níveis taxonômicos menores (gêneros de Chironomidae), a abundância foi correlacionada com as variáveis ambientais através de análise de correspondência

canônica (ACC), com 1.000 permutações e nível de significância de 0.1, abrangendo somente os pontos de amostragem representados por números pares.

Os efeitos das variáveis ambientais sobre os grandes grupos foram verificados através de regressões lineares.

A ANOVA e respectivos testes associados (Shapiro-Wilk, Tukey), análises de cluster e regressões lineares foram elaborados no software Statistic 6.0 (Statsoft, 2002). A ACP e ACC foram feitas no software de livre distribuição R Cran Project (2012).

RESULTADOS

Variáveis abióticas entre as lagoas

Ao se comparar as lagoas não houve grandes diferenças nas condições abióticas da água, tanto na estação seca quanto na chuvosa (Tabela 1). A profundidade foi a única variável que não mostrou diferença significativa entre os ambientes e as estações. A temperatura, o oxigênio dissolvido e a condutividade mostraram pouca diferença entre os ambientes, em contrapartida, a variação sazonal dessas variáveis foi significativa. Destaque para os baixos níveis de oxigênio de ambas as lagoas no verão, especialmente na Lagoa do Barbosa. O pH foi a única variável da água que apresentou diferença significativa entre as lagoas, contudo sem alterações entre os períodos de estudo. O mesmo foi verificado para as características do sedimento, todas as frações de areia e de teor de matéria orgânica mostraram padrões bem diferentes entre os ambientes, mas não se alteraram em escala temporal dentro de cada lagoa (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios (±desvio-padrão) das variáveis ambientais que apresentaram diferenças significativas entre as lagoas e períodos estudados, com valores dos testes ANOVA (F) ou Kruskall-Wallis (H) – conforme a normalidade dos dados - e respectivos testes de significância (p), ao nível de 0,05. As letras sobrescritas indicam grupos homogêneos apontados pelos testes post-hoc de Tukey HSD ($p<0,05$) ou de

comparação múltipla das médias. (Legenda: MO: matéria orgânica; AMG: areia muito grossa; AG: areia grossa; AM: areia média; AF: areia fina; AMF: areia muito fina; SA: silte e argila; M.S. Total: material sedimentado total; MSO: material sedimentado orgânico).

Lagoa/Período	Cavalos Seco	Barbosa Seco	Cavalos Chuvoso	Barbosa Chuvoso	F	H	p
Profundidade (m)	1,88±0,28	2,24±0,80	1,93±0,46	3,27±0,79	2,26	-	0,09
Temperatura (°C)	15,81±0,51[a]	19,12±3,30[a]	27,8±1,15[b]	25,1±1,17[b]	-	68,52	**0,00**
Transparência (cm)	137±22,03[c]	113,5±17,55[ab]	130,3±29,67[bc]	98,75±23,06[a]	10,24	-	**0,00**
O_2 Dissovido ($mg.L^{-1}$)	6,11±0,62[a]	5,32±0,96[a]	3,11±0,91[b]	1,72±1,22[b]	-	68,73	**0,00**
pH	6,37±0,10[a]	6,71±0,26[b]	6,33±0,07[a]	6,01±0,12[b]	-	59,37	**0,00**
Condutividade ($\mu S.cm^{-1}$)	103,61±1,29[a]	92,15±6,85[a]	63,64±7,00[b]	44,5±3,84[b]	-	72,8	**0,00**
MO (%)	7,78±5,09[a]	13,99±8,81[b]	7,5±4,56[a]	11,1±5,49[ab]	4,84	-	**0,00**
AMG (%)	0,65±0,62[a]	0,15±0,20[b]	1,24±0,85[a]	0,11±0,25[b]	-	46,66	**0,00**
AG (%)	1,18±1,11[a]	0,24±0,30[b]	0,78±0,38[a]	0,15±0,15[b]	-	43,79	**0,00**
AM (%)	4,02±3,15[a]	0,61±0,85[b]	3,11±1,58[a]	0,45±0,57[b]	-	49,64	**0,00**
AF (%)	41,07±18,43[a]	5,61±10,73[b]	38,12±14,28[a]	7,41±14,25[b]	-	45,74	**0,00**
AMF (%)	18,11±6,43[a]	12,04±12,48[b]	22,11±6,63a	12,63±13,33[b]	7,89	-	**0,00**
SA (%)	34,94±19,83[a]	82,23±21,59[b]	34,62±19,24[a]	79,22±26,49[b]	-	38,61	**0,00**
M.S. Total ($mg.m^{-2}.dia$)	12132,46±4374,21[a]	34556,46±12988,35[b]	12351,33±5792,06[a]	19320,56±7767,91[c]	43,48	-	**0,00**
MSO (%)	43,22±8,08[a]	1,67±0,54[b]	42,16±7,53[a]	28,90±8,29[c]	67,82	-	**0,00**

Na estação seca, a taxa de sedimentação total na Lagoa do Barbosa foi significativamente maior que a da Lagoa dos Cavalos (Figura 2). Por outro lado, a porcentagem de material orgânico que sedimentou na Lagoa dos Cavalos foi superior, o que significa que há grande quantidade de material inorgânico sendo depositado na Lagoa do Barbosa. As taxas de sedimentação variaram espacialmente dentro das duas lagoas, mas mais expressivamente na Lagoa do Barbosa. Menor taxa de sedimentação foi verificada no local C3 dessa lagoa, mostrando uma tendência de redução na taxa de sedimentação à medida que se aproxima de sua porção final (em direção ao ponto 20). Contudo, foi observada uma maior porcentagem de matéria orgânica é sedimentada neste local em comparação às duas outras estações de medida. Na Lagoa dos Cavalos, houve maior taxa de sedimentação na porção central da lagoa, representada pelo local C2. Na estação chuvosa, a tendência geral de sedimentação de matéria particulada foi mantida para ambas as lagoas. A taxa de sedimentação de matéria particulada total na Lagoa do Barbosa foi reduzida, mas a de matéria orgânica aumentou expressivamente.

Para a Lagoa dos Cavalos a alteração de maior destaque foi o aumento na sedimentação de matéria particulada total no local correspondente à câmara 1. De maneira geral, quando os valores de material sedimentado total foram elevados, a porcentagem de matéria orgânica reduziu-se, enquanto que a alta porcentagem de matéria orgânica esteve relacionada a menores taxas de sedimentação total. (Tabela 1 e Figura 2).

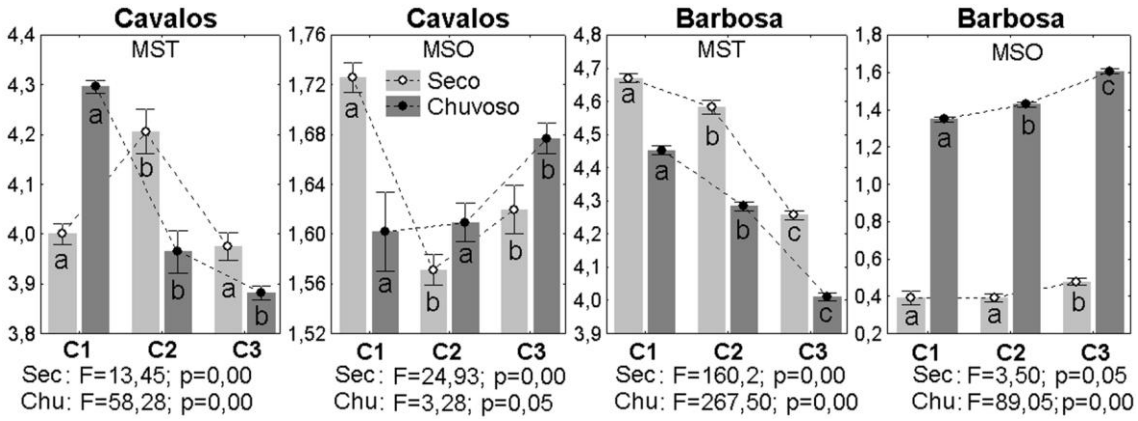


Figura 2. Taxa de sedimentação total e de matéria orgânica (dados transformados em log) na Lagoa dos Cavalos e na Lagoa do Barbosa nos três pontos onde foram instaladas as câmaras, na estação seca e chuvosa. Os valores dos testes ANOVA (F) e respectivos testes de significância (p), ao nível de 0,05, são apresentados logo abaixo do eixo x. As letras dentro das barras indicam grupos homogêneos apontados pelo teste de Tukey HSD ($p<0,05$). (Legenda: MST: material sedimentado total; MSO: material sedimentado orgânico; C1: câmara de sedimentação 1; C2: câmara de sedimentação 2; C3: câmara de sedimentação 3; Sec: período seco; Chu: Período chuvoso).

Macroinvertebrados bentônicos

A Lagoa do Barbosa apresentou maior riqueza de táxons que a Lagoa dos Cavalos e valores semelhantes de densidade média durante a estação seca (Tabela 2; Figura 3). Diferentemente da Lagoa dos Cavalos, na estação seca, a Lagoa do Barbosa mostrou alterações espaciais dos atributos da comunidade dos macroinvertebrados, separando a lagoa em pelo menos dois compartimentos distintos (Figura 3) um deles nas proximidades da região de macrófitas (porção final da lagoa) e o outro fora deste local. Na estação chuvosa, houve um decréscimo acentuado na densidade dos organismos em

ambas as lagoas e a riqueza de táxons na Lagoa dos Cavalos superou àquela encontrada na Lagoa do Barbosa. (Figura 3).

Dentre a Família Chironomidae, o gênero *Chironomus* foi o único a apresentar diferenças significativas entre os ambientes e as estações analisadas. Este gênero foi dominante no presente estudo representando mais de 40% dos organismos encontrados, seguidos por *Chaoborus* sp. (21%), Oligochaeta (13%) e *Campsurus* sp. (10%).

Tabela 2. Valores médios (±desvio-padrão) da abundância (ind.m^{-2}) dos macroinvertebrados bentônicos que apresentaram diferença significativa entre as lagoas e períodos estudados, com valores da ANOVA (F) ou Kruskall-Wallis (H) – conforme a normalidade dos dados - e respectivos testes de significância (p), ao nível de 0,05. As letras indicam grupos homogêneos apontados pelos testes de Tukey HSD (p<0,05) e de comparação múltiplas das médias.

Lagoa/Período	**Cavalos Seco**	**Barbosa Seco**	**Cavalos Chuvoso**	**Barbosa Chuvoso**	**F**	**H**	**p**
Chironomidae	372 ±170^{a}	261±309^{a}	20±27^{b}	16±23^{b}	-	55,4	**0,00**
C. *paragigas*	36 ±218^{c}	34±56^{b}	3±8^{a}	1±2^{a}	46,59	-	**0,00**
C. *sancticaroli*	28±35^{a}	64±74^{a}	0^{b}	0^{b}	13,97	-	**0,00**
Chironumus spp.	14±17^{ab}	56±82^{b}	3±4^{a}	0^{a}	6,22	-	**0,00**
Outros macroinvertebrados							
Chaoboridae	35±36^{b}	175±174^{c}	13±23^{a}	18±17^{a}	14,43	-	**0,00**
Ephemeroptera	23±6^{a}	36±49^{b}	13±22^{ab}	31±115^{ab}	8,23	-	**0,00**
Ceratopogonidae	34±32^{c}	25±35^{bc}	11±12^{ab}	5±10^{a}	9,31	-	**0,00**
Hirudinea	3±4^{ab}	5±9^{a}	18±21^{b}	10±17^{ab}	3,10	-	**0,03**
Oligochaeta	5±9^{a}	113±214^{b}	1±4^{a}	68±78^{b}	-	33,5	**0,00**
Hydracarina	0^{a}	5±10^{b}	1±1^{a}	2±4^{ab}	5,60	-	**0,00**

A análise de cluster (Figura 3) mostrou maior homogeneidade entre pontos na Lagoa dos Cavalos, especialmente na estação seca, quando comparados aos nítidos agrupamentos formados na Lagoa do Barbosa em ambas as estações do ano, evidenciando dois grupos principais. O primeiro abrangeu os pontos iniciais e intermediários da lagoa, fora do alcance dos estandes de macrófitas, e o segundo, os pontos da porção final da lagoa, sob influência delas. Na estação chuvosa, a Lagoa dos Cavalos mostrou uma maior compartimentalização, com a separação em dois grupos também.

Chironomus paragigas foi a espécie dominante no presente estudo, apresentando elevada abundância durante a estação seca na Lagoa dos Cavalos e contribuindo para a grande homogeneidade na estrutura da comunidade desta lagoa. No período chuvoso, sua população reduziu-se drasticamente em ambas as lagoas. *Chironomus sancticaroli* também foi dominante na estação seca e não foi encontrado durante a estação chuvosa, mas ao contrário de *C. paragigas*, predominou na Lagoa do Barbosa. Assim como *C. sancticaroli*, outras três espécies de *Chironomus* (Chironomus spp) foram encontradas em maior densidade na Lagoa do Barbosa durante o período de seca. Na estação chuvosa, foram encontradas em baixa densidade e apenas na Lagoa dos Cavalos (Figura 3).

Chaoboridae, representado pelo gênero *Chaoborus*, Ephemeroptera, representado pelo gênero *Campsurus* e o grupo Oligochaeta, foram dominantes na Lagoa do Barbosa durante a estação seca, embora valores expressivos de densidade de *Campsurus* tenham sido observados na porção final da lagoa mesmo na estação chuvosa. Assim como o grupo Oligochaeta que também foi abundante durante a estação chuvosa, mas em outras regiões da Lagoa do Barbosa. Hirudinea foi o único grupo que parece ter sido favorecido na estação chuvosa (Figura 3).

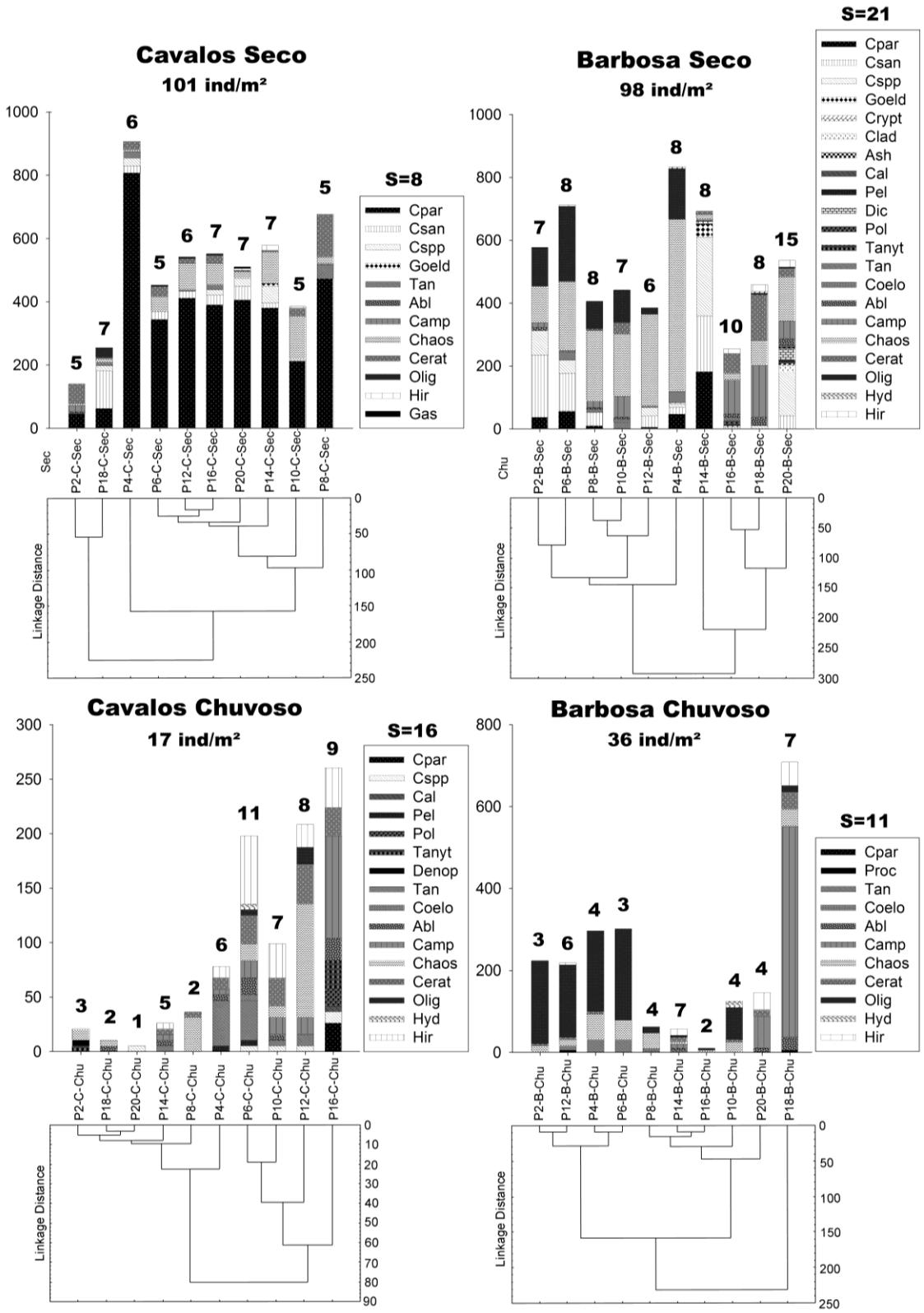


Figura 3. Variação espacial e temporal da densidade (ind.m^{-2}) e da riqueza (valores sobre as barras) dos macroinvertebrados bentônicos apenas nos pontos onde foram identificados em nível de gênero ou espécie e agrupamentos de pontos similares quanto à densidade de macroinvertebrados bentônicos resultantes da análise de cluster.

(Legenda: B: Lagoa do Barbosa; C: Lagoa dos Cavalos; Sec: Estação Seca; Chu: Estação Chuvosa; Cpar: *Chironomus paragigas*; Csan: *Chironomus sancticaroli*; Cspp: *Chironomus* spp; Goeld: *Goeldchironomus* sp.; Crypt: *Cryptochironomus* sp.; Clad: *Cladopelma* sp.; Ash: *Asheum* sp.; Cal: *Caladomyia* sp.; Pel: *Pelomus* sp.; Dic: *Dicrotendipes* sp.; Pol: *Polypedilum* sp.; Denop: *Denopelopia* sp.; Tanyt: *Tanytarsus* sp.; Tan: *Tanypus* sp.; Coelo: *Coelotanypus* sp.; Abl: *Ablabesmyia* sp.; Proc: *Procladius* sp.; Camp: *Campsurus* sp.; Chaos: *Chaoborus* sp.; Cerat: Ceratopogonidae; Olig: Oligochaeta; Hyd: Hydracarina; Hir: Hirudinea; Gas: Gastropoda).

Segundo a ACP houve uma clara distinção entre as lagoas quanto à importância das variáveis físicas e químicas da água e do sedimento, nas escalas espacial e temporal. Em especial, as características do sedimento distinguiram a Lagoa dos Cavalos da Lagoa do Barbosa, evidenciando as disparidades existentes entre elas. A fração mais fina de areia, composta por silte e argila, e o teor de matéria orgânica presente no sedimento, caracterizaram muito bem o sedimento na Lagoa do Barbosa. Em contrapartida, o sedimento na Lagoa dos Cavalos foi representado pelas demais frações de areia, mostrando heterogeneidade de sua composição, quando comparada àquela da Lagoa do Barbosa. O oxigênio foi importante para distinção da Lagoa do Barbosa na estação chuvosa da estação chuvosa, visto que durante a estação chuvosa as concentrações desse gás foram muito baixas. As variáveis estudadas (características da água e do sedimento) não determinaram uma separação dos pontos da Lagoa dos Cavalos tampouco nas suas distintas épocas do ano, sugerindo alta homogeneidade espacial e temporal para as variáveis de significativa importância detectadas na analise. Conclui-se que há uma maior similaridade entre os pontos de Lagoa dos Cavalos, quando comparada à lagoa do Barbosa (Figura 4).

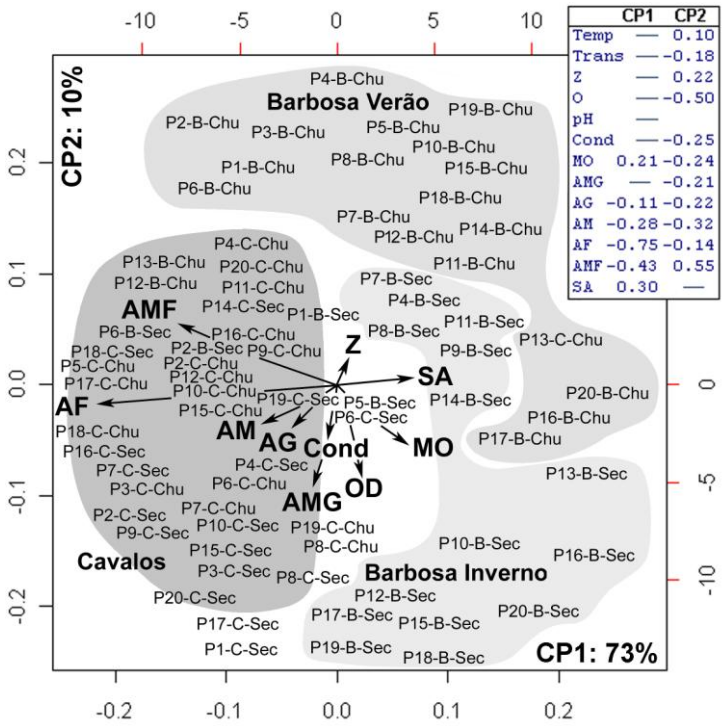


Figura 4. Análise de componentes principais para as variáveis ambientais de ambas as lagoas estudadas. Legenda: P1-P20: Pontos de amostragem; B: Lagoa do Barbosa; C: Lagoa dos Cavalos; Sec: Estação Seca; Chu: Estação Chuvosa. Na tabela, escores (loadings) das variáveis que explicaram significativamente as variações espaciais e temporais observadas.

Segundo a ACC, *Chironomus paragigas* esteve associado às baixas temperaturas na Lagoa dos Cavalos, ao contrário de *C. sancticaroli* e *Chironomus* spp, que se correlacionaram mais fortemente com temperaturas mais elevadas, medidas na Lagoa do Barbosa. *Chironomus paragigas* sofreu influencia positiva da elevada condutividade durante a estação seca. A correlação positiva com a temperatura e a matéria orgânica do sedimento foi importante para a distribuição espacial dos demais gêneros de Chironomidae, cuja maioria esteve presente na porção final da Lagoa do Barbosa, região na qual há o domínio das macrófitas, e na Lagoa dos Cavalos na estação chuvosa (Figura 5).

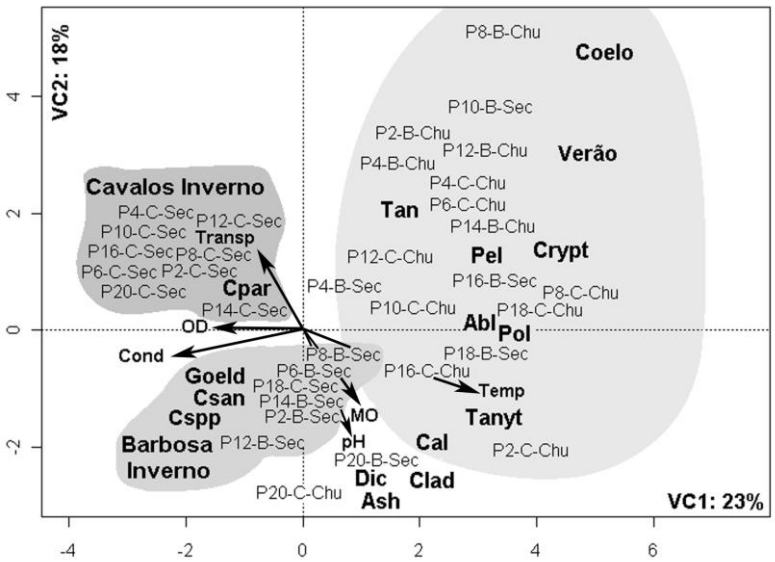


Figura 5: Análise de correspondência canônica para as variáveis ambientais e para a abundância dos gêneros de Chironomidae na Lagoa dos Cavalos e na Lagoa do Barbosa

As regressões lineares entre as variáveis ambientais e os macroinvertebrados bentônicos, com exceção à Família Chironomidae, mostraram que o único grupo que se correlacionou positivamente com a concentração de matéria orgânica no sedimento foi *Campsurus* sp. (Ephemeroptera) (Tabela 3). Os demais grupos, que juntamente com *Campsurus* sp., compõem os mais abundantes no presente estudo, tiveram sua distribuição e densidade determinadas por outros fatores, como teor de oxigênio dissolvido, transparência, e temperatura. *Campsurus* sp., Ceratopogionidae e Hirudinea, foram favorecidos na região final da lagoa do Barbosa (especialmente entre os ponto 16 e 20), onde a temperatura, o oxigênio e a transparência foram maiores. Por outro lado, Oligochaeta e Chaoboridae correlacionaram-se negativamente com a temperatura e transparência, restringindo-se à porção inicial da lagoa (do ponto 1 ao 13).

Tabela 3. Resultados (valor do "intercept", valor de beta, valor de R2 (ajustado) e valor de p) das regressões lineares entre os grupos de macroinvertebrados bentônicos e variáveis ambientais mensuradas (N=79).

M. bentônicos *versus* variáveis	**Intercept**	**Valor Beta**	**R2**	**p**
Ephemeroptera x MO	-0,27	0,31	0,08	0,00
Ceratopogonidae x transparência	-4,41	0,42	0,17	0,00
Ceratopogonidae x OD	0,41	0,41	0,19	0,00
Chaoboridae x temperatura	5,35	-0,41	0,16	0,00
Oligochaeta x transparência	7,91	-0,46	0,24	0,00
Hirudinea x temperatura	-2,44	0,34	0,10	0,00
Hirudinea x transparência	-3,30	0,32	0,23	0,00

DISCUSSÃO

Segundo Johnson & Geodkoop (2002), a variabilidade das condições químicas, físicas e biológicas entre lagos é dada por fatores de escala regional e local. O primeiro grupo é resultado do controle pelo clima, geologia, tipo e uso do solo e o segundo pode ser devido, por exemplo, às diferenças nos aspectos morfométricos de cada corpo d'água em questão. No presente estudo, o fator regional de alteração pode ser descartado já que ambas as lagoas são espacialmente muito próximas e sujeitas às mesmas condições externas. As diferenças na composição e abundância de macroinvertebrados bentônicos observadas entre as lagoas tampouco foram reflexo de sua morfometria. Contudo, esse fator parece ter contribuído significativamente para o perfil de distribuição dentro de cada lagoa.

Não foram verificadas fortes diferenças nas variáveis da água, apenas nas condições do sedimento, o que está relacionado aos diferentes padrões temporais de deposição de material orgânico autóctone de cada lagoa. Como esperado, estes foram maiores na Lagoa do Barbosa. Contudo a elevada sedimentação neste ambiente, durante o curto período estudado, está associada mais significativamente à fração inorgânica que a orgânica, não devida, portanto, a uma contribuição direta das plantas aquáticas, conforme mostrado pela menor quantidade total de matéria particulada sedimentada na região próxima aos bancos de macrófitas. A alta deposição de material inorgânico na Lagoa do Barbosa, especialmente na estação seca pode estar associada à rápida decomposição do material orgânico particulado, por bactérias e fungos, favorecida pela temperatura que se apresentou mais elevada nessa lagoa. Um forte indicativo disso é a relação inversa entre a quantidade sedimentada total e aquela referente à matéria orgânica. Na mesma região, Henry (2009), verificou menor taxa de sedimentação em uma lagoa próxima que apresenta conexão permanente ao rio, fato que ressalta a

elevada deposição de material particulado que ocorre na Lagoa do Barbosa, pelo motivo de não receber contribuição do sistema lótico.

Apesar da baixa taxa de sedimentação na Lagoa dos Cavalos, a quantidade total de matéria orgânica sedimentada nessa lagoa superou aquela da Lagoa do Barbosa, mostrando a importância da biomassa planctônica como fonte de material orgânico para a lagoa. Estudos realizados por Henry et al. (2011), Panarelli et al. (2008), Martins & Henry (2004), apontaram elevada abundância de organismos planctônicos nessa lagoa. Contudo, o teor de matéria orgânica no sedimento da Lagoa Barbosa foi maior, o que indica que, a longo prazo, o suprimento deste material para o compartimento de fundo é mais significativo nesta lagoa que na Lagoa dos Cavalos. Wetzel (1990) destaca que as macrófitas são as responsáveis por esse acúmulo, visto que a maior concentração orgânica ocorre na região litorânea, onde elas se encontram, ressaltando a importância desse tipo de detrito para o fluxo de energia e para a estabilidade dos ecossistemas aquáticos. Densos bancos de macrófitas estão associados a um elevado número de nichos disponíveis e um maior provimento de recursos alimentares, tanto para os invertebrados bentônicos, quando para os peixes (Tolonen et al, 2003). A alta concentração de material orgânico no sedimento da Lagoa do Barbosa, especialmente na porção final da lagoa, está associada ao processo de senescência natural das macrófitas que se encontram nessa região; estas, após completarem seu ciclo de vida, formam um reservatório orgânico no fundo da lagoa. De acordo com Junk & Piedade (1993) Camargo & Esteves (1995) e Bianchini-Junior (2003), este processo varia em função da sazonalidade, e possivelmente por esse motivo não pôde ser detectado no período de poucas horas no qual ficaram instaladas as câmaras de sedimentação. Neste caso, é possível inferir que a fração de matéria orgânica sedimentada na lagoa, corresponde mais significativamente aos organismos planctônicos que aos tecidos dessas plantas

vasculares. Na Lagoa dos Cavalos, apesar da elevada quantidade de matéria orgânica sedimentada, no período de estudo, há menor estoque no sedimento, sugerindo que a maior parte que chega até o fundo é consumida, seja pelos macroorganismos, ou por decomposição de bactérias e fungos (Gullberg et al., 1997; Van de Bund et al., 1994; Goedkoop et al., 1997; Herbst, 1980)

Na estação chuvosa, o aumento discrepante na taxa sedimentada na primeira câmara da Lagoa dos Cavalos ocorreu em função da conexão com o ambiente lacustre vizinho (Lagoa do Camargo), garantindo o fornecimento de material particulado para dentro da lagoa. A conexão teve efeitos sobre as condições físicas e químicas da água na Lagoa dos Cavalos, o suficiente para causar profundas alterações na estrutura da fauna na lagoa. Os efeitos da conexão com a lagoa lateral (Lagoa do Camargo) nunca tinham sido observadas, supondo-se tratar de um evento atípico.

No período que a Lagoa dos Cavalos se manteve desconectada, observou-se elevada homogeneidade e densidade na comunidade bentônica, composta predominantemente por C. *paragigas.*, ao contrario do que era esperado, ultrapassando levemente os valores de densidade da fauna bentônica da lagoa do Barbosa. A elevada densidade na Lagoa dos Cavalos pode estar associada à grande capacidade competitiva da espécie. Como observado por Reiss (1974), esta espécie possui um elevado grau de especialização ecológica. A qualidade e quantidade da matéria orgânica no sedimento da Lagoa dos Cavalos parecem baixas o suficiente para impedir que outros grupos detritívoros, com menor eficiência de consumo ou de assimilação de alimento, se desenvolvam. Em conseqüência, há um rápido crescimento e dominância dessa espécie. O aproveitamento desse recurso por uma espécie do mesmo gênero é bem discutido por De Haas et al. (2006), no qual a espécie é definida como oportunista, com capacidade de selecionar itens alimentares de maior qualidade. A ausência ou baixa presença de peixes

com potencial de predação sobre essa espécie também pode ter contribuído para sua dominância. Carvalho et al. (2005) apontaram que a baixa riqueza de peixes nessa lagoa se deve a ausência de conectividade contínua com o rio, que favorece a ictiofauna.

Por outro lado, a conexão da Lagoa dos Cavalos com uma lagoa lateral, permanentemente conectada ao rio, na estação chuvosa, teve efeitos notáveis sobre o ambiente em questão, pondo fim a sua homogeneidade. O processo pode ser dividido em dois momentos principais. No primeiro momento, a entrada de água do ambiente vizinho ocasionou o processo de diluição dos íons dissolvidos, que pode ser confirmado pela queda brusca na condutividade da água, e concomitantemente a contribuição de material particulado, processo similar ao encontrado por Casanova et al. (2009) e Panarelli (2004), em estudos sobre a comunidade zooplanctônica, após o re-estabelecimento da conexão de lagoas com o rio. Essas mudanças levaram a uma sucessão dos organismos bentônicos. Com um aumento do aporte de material orgânico para a lagoa, um maior número de espécies pôde se beneficiar deste recurso. Este resultado confirma a hipótese do distúrbio intermediário (Intermediate Disturbance Hypohesis, *sensu* Connell, 1978), sobre as comunidades, no qual se preconiza que há uma maximização da diversidade após perturbações de intensidade média, pois estes eventos possibilitam a co-existência das espécies competitivamente dominantes e às tolerantes ao distúrbio. Neste sentido, a conexão temporária pode explicar processos reguladores da riqueza de espécies bentônicas (Castella et al., 1984). Paralelamente, Thomaz et al. (2007) chamam atenção para o fato da conexão de ambientes hidrologicamente diferentes, em planícies de inundação, levar a uma homogeneização espacial entre os corpos d'água, o que pode explicar a notável abundância de *Campsurus* durante a estação chuvosa, em comparação com a estação seca, quando o grupo esteve quase ausente. Elevada abundância desse gênero de Ephemeroptera na

lagoa lateral, com a qual a Lagoa dos Cavalos se conectou, foi relatada por (Zerlin, 2011). No segundo momento, a matéria orgânica abundante, acrescida do aumento da temperatura local, levou a um rápido processo de decomposição que consumiu grande parte do oxigênio dissolvido na região profunda. A condição de hipoxia em toda a extensão do fundo da lagoa pode ter levado a morte de muitos organismos, reduzindo drasticamente os parâmetros ecológicos da comunidade. Ainda assim, a riqueza de táxons foi elevada, superando a encontrada para a Lagoa do Barbosa na mesma estação.

Na porção final da Lagoa do Barbosa, a presença das macrófitas favoreceu a riqueza dos organismos bentônicos na estação seca. Contudo, no período chuvoso, o aumento da demanda bioquímica de oxigênio, foi ainda mais intenso para esta lagoa. Como verificado também por Samways et al. (1996), o déficit de oxigênio foi um fator estressante repressor da densidade dos organismos. O aumento na quantidade de material orgânico sedimentado nesta estação foi seguido por uma decomposição em larga escala, que pode ser verificado pela redução na concentração de matéria orgânica no sedimento. Mesmo que a queda na concentração do oxigênio nesse período tenha ocasionado a redução drástica do número de espécies e indivíduos, ela não foi capaz de alterar a compartimentalização dentro da lagoa, pois foi possível verificar elevada abundância de Oligochaeta e Chaoboridade no "braço" principal da lagoa, fora do domínio de macrófitas, e de Ceratopogonidae e *Campsurus* sp. em sua porção final, próximo às macrófitas.

Carpenter & Greenlee (1981) e Carpenter & Lodge (1986) estudaram os efeitos das macrófitas para o sedimento e qualidade da água, e notaram que estes se restringem ao sítio de abrangência das plantas, em corpos d'água profundos ou largos. Contudo, as respostas dos organismos a estas mudanças abióticas podem se estender para além da região de domínio da vegetação. A morfometria complexa da Lagoa do Barbosa afetou

a heterogeneidade espacial dentro da lagoa. Visto que as alterações causadas pelas macrófitas no presente estudo, como o aumento da concentração de matéria orgânica, aumento do teor de oxigênio dissolvido e aumento da transparência pela adsorção de partículas, tiveram impacto restrito ao compartimento final da lagoa, o formato alongado e a presença de ramificações favoreceram as alterações espaciais observadas dentro do ambiente. Estes resultados são similares aos estudos que ressaltaram a influencia das plantas aquáticas no aumento da penetração de luz na coluna d'água (Sand-Jensen, 1998; Gasith & Hoyer, 1998) e o aumento na oxigenação do sedimento, em função da maior porosidade conferida a ele (Palmer, 2000). A análise de cluster mostrou que os agrupamentos formados em ambas as estações foram dois, o primeiro que engloba o compartimento inicial da lagoa (até o ponto 12) e o segundo grupo envolvendo os pontos do compartimento final da lagoa (sob influência dos bancos de macrofitas). Neste trabalho, ocorreu uma nítida divisão entre os grupos de macroinvertebrados que estão sob o domínio das plantas aquáticas e aqueles livres destas. À semelhança do que foi observado no presente estudo, a estrutura da comunidade bentônica mostrou uma elevada variação espacial em lagos com formato irregular, em comparação com lagos de formato arredondado, na planície de inundação do médio Paraná (Drago et al., 2007).

Os grupos Oligochaeta e Chaoboridae apresentam diferentes estratégias de sobrevivência em locais com baixa concentração de oxigênio. O primeiro grupo é capaz de reduzir seu metabolismo a níveis extremos e o segundo pode realizar migração vertical, captando o oxigênio da superfície (Bezerra-Neto & Pinto-Coelho, 2002). Outros autores encontraram correlação negativa desses grupos com a temperatura (Davanso & Henry, 2006), e boa adaptação à baixa transparência e concentração de oxigênio da água (Lopretto & Tell, 1995). No presente estudo estes fatores ambientais

podem ter sido responsáveis por restringi-los ao primeiro compartimento da lagoa do Barbosa, onde, juntamente com *C. sancticaroli*, foram os maiores responsáveis pela elevada abundância de macroinvertebrados bentônicos nessa lagoa.

Foi muito expressiva a densidade *Campsurus* sp. no compartimento final da lagoa. A elevada biomassa de Ephemeroptera em comparação com outros grupos de macroinvertebrados (Fisher & Gray, 1983, Benke & Jacobi, 1986, Brittain & Sartori, 2003), sugere o alto potencial energético disponível nessa região. Irmler (1975) verificou que a elevada produção secundária do gênero que parece estar muito correlacionada às altas taxas de sedimentação de partículas finas que levam à formação de substratos "moles". No presente trabalho, a elevada taxa de sedimentação na Lagoa do Barbosa pode ter favorecido *Campsurus*, e a despeito do gênero não ter se correlacionado significativamente com as frações de silte e argila presentes no sedimento, a matéria orgânica influenciou fortemente o grupo.

Grande parte dos gêneros de Chironomidae foi favorecida na região de macrófitas. Apesar de ocorrerem em baixas densidades, *Cryptochironomus, Cladopelma, Asheum, Dicrotendipe*s e *Procladius* foram exclusivos dessa região da lagoa, confirmando a maior riqueza esperada para áreas diretamente influenciadas por estas plantas aquáticas. Estes gêneros também mostraram afinidade pela elevada concentração de matéria orgânica no sedimento e, além disso, parecem sofrer forte influencia da temperatura e da condutividade nesses ambientes. Gregg & Rose (1985), também encontraram forte correlação entre a riqueza dos macroinvertebrados do sedimento e a presença de macrófitas, atribuindo ainda, grande importância à região litorânea para a produção secundária em ambientes lênticos.

A contribuição das plantas aquáticas para o compartimento de fundo dos ambientes lênticos deve ser explorada com mais detalhes. Possivelmente, essa

característica está ligada à disponibilização de recurso alimentar para os macroinvertebrados consumidores de detritos que vivem no sedimento. No entanto, a presença das plantas aquáticas em ambientes lacustres pode estar relacionada também ao aumento da complexidade do habitat de fundo, dando suporte para uma comunidade mais diversa. Existem muitas espécies que dependem de material orgânico para a confecção de tubos, nos quais se abrigam, atividade prioritária para muitos desses organismos, como verificado por Chaloner & Wotton (1996) e Hyrabayashi & Wotton (1999). Além disso, a existência das macrófitas em lagos, pode favorecer também a migração vertical dos organismos, que se deslocam através de suas raízes e folhas em direção ao sedimento, como uma forma de equilibrar a pressão de predação e a disponibilidade de alimento, especialmente em organismos de pequeno tamanho, como Chironomidae, o que foi verificado por Marklund et al. (2001). Elevada riqueza e abundância de macroinvertebrados associados às macrófitas foram verificadas nessa lagoa por Silva & Henry (2013 - no prelo). As formas de contribuição das macrófitas e quais são as mais significativas para os macroinvertebrados bentônicos ainda estão em discussão. Entretanto, é fato que elas são responsáveis pelo aumento da qualidade do habitat de fundo em ambientes lênticos naturais, podendo causar aumento da diversidade local. Neste estudo, elas tiveram contribuição efetiva para isso, aumentando a riqueza e ocasionando a redução da dominância de táxons bentônicos.

CONCLUSÃO

O tempo para estimação das taxas de material particulado sedimentado nas lagoas foi curto o bastante para que a contribuição de material orgânico macrofital não pudesse ser detectada. Apesar da elevada taxa de deposição de material particulado na lagoa com macrófitas, a maior parte desta foi representada pela fração inorgânica. Contudo, os ambientes estudados mostraram distinta composição do sedimento, especialmente com relação ao conteúdo de matéria orgânica e, como esperado, essas diferenças foram fundamentais para a estruturação da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em cada uma das lagoas. A baixa complexidade estrutural da lagoa que não apresenta macrófitas, em contraste com elevada heterogeneidade física e biológica da lagoa com bancos de macrófitas, confirmada pela formação de dois agrupamentos taxonômicos dissimilares, são evidências da influência que as plantas aquáticas têm sobre os processos que controlam a riqueza e a densidade dos organismos bentônicos. A riqueza de táxons de fato foi maior na lagoa com macrófitas, a qual apresentou muitos táxons da Família Chironomidae apenas na região sob influencia dessas plantas. Entretanto a densidade foi similar em ambos os ambientes, o que sugere que mesmo em locais pobres em material orgânico, seja em qualidade ou quantidade, há organismos oportunistas com grande capacidade de se desenvolverem. O episódio de conexão com o ambiente vizinho foi determinante para a mudança observada na comunidade, no qual a condição de dominância de C. *paragigas* foi modificada e os valores de riqueza aumentaram. Por outro lado, para a lagoa com macrófitas, nessa estação de elevada temperatura aceleraram-se os processos de decomposição, reduzindo a riqueza e a densidade dos táxons. Mas ainda assim, a região de macrófitas mostrou uma estrutura diferenciada da comunidade bentônica, no qual *Campsurus* sp. foi, mais uma vez, favorecido.

REFERÊNCIAS

Afonso, A.A. de O. 2002. Relações da fauna associada a *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth com as variáveis abióticas em lagoas laterais de diferentes graus de conexão ao rio Paranapanema (zona de desembocadura na represa de Jurumirim, SP). Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Benke, A.C. & Jacobi, D.I. 1986. Growth rates of mayflies in a subtropical river and their implications for secondary production. Journal of the North American Benthological Society, 5(2): 107-114.

Bezerra-Neto, J. F. B.; Pinto-Coelho, R. M. 2002. Migração vertical das larvas de *Chaoborus brasiliensis* (Diptera: Chaoboridae) em um reservatório tropical: lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. Acta Scientiarum, 24(2): 329-336.

Bianchini Jr., I. 2003. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. (Eds). Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Maringá: Eduem. p. 85-126.

Bonetto, A.A. 1993, Structure and functioning of large river floodplains of neotropical America: the Parana- Paraguay system. In: Gopal, B.; Hillbricht-Llkowska, A. & Wetzel, R.G. (Eds.). Wetlands and ecotones. National Institute of Ecology, New Delhi. p. 123-138.

Brinkhurst, R.O. & Marchese, M.R. 1991. Guia para la identificación de oligoquetos acuáticos continentales de sur y centroamérica. Associación Ciencias Naturales del Litoral. Argentina: J. Maciá, San Tome (3016). 207p.

Brittain, J.E.E. & Sartori, M. 2003. Ephemeroptera (Mayflies). In: Resh, V.H. e Cardé, R.T. (Eds). Encylopedia of Insects. Academic Press, Amsterdam. p. 373-380

Camargo, A.F.M. & Esteves, F.A. 1995. Biomass and productivity of aquatic macrophytes in Brazilian lacustrine ecosystems. In: Tundisi J.G.; Bicudo, C.E.M. & Matsumura-Tundisi, T. Limnology in Brazil (Eds). Rio de Janeiro: ABC/SBL. p. 137-149.

Carmo, C.F. do. 2007. Influência do aquífero freático na dinâmica de nutrientes (nitrogênio e fósforo) em lagoas com diferentes características hidrodinâmicas. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, SP, Brasil. 257p.

Carpenter, S.R. & J.K. Greenlee. 1981. Lake deoxygenation after herbicide use: A simulation model analysis. Aquatic Botany, 11: 173-186.

Carpenter, S.R. & Lodge, D.M. 1986. Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. Aquatic Botany, 26: 341–370.

Carvalho, E.D.; Marcus, L.R.; Foresti, F. & Silva, V.F.B. 2005. Fish assemblage attributes in a small oxbow lake (Upper Paraná River Basin, São Paulo State, Brazil): species

composition, diversity and ontogenetic stage. Acta Limnologica Brasiliensia, 17(1): 45-56.

Casanova, S.M.C.; Panarelli, E.A. & Henry, R. 2009. Rotifer abundance, biomass, and secondary production after the recovery of hydrologic connectivity between a river and two marginal lakes (São Paulo, Brazil). Limnologica, 39: 292-301.

Castella, E.; Richardot-Coulet, M.; Roux, C. & Richoux, P. 1984. Macroinvertebrates as "describers" of morphological and hydrological types of aquatic ecosystems abandoned by the Rhône River. Hydrobiologia, 119: 219-225.

Chaloner, D.T. & Wotton, R.S. 1996. Tube building by larvae of 3 species of midge (Diptera: Chironomidae). Journal of the North American Benthological Society, 15: 300–307.

Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science, 199: 1302–1310.

Davanso, R.C.S. & Henry, R. 2006. A biodiversidade bentônica em lagoa marginal ao rio Paranapanema na zona de sua desembocadura na Represa de Jurumirim. Acta Scientiarum. Biological Sciences, 28: 347-357.

Davanso, R.C.S & Henry, R. 2006. Composition and abundance of Chironomidae and Ephemeroptera larvae in a lateral lake in the mouth zone of Paranapanema River into Jurumirim Reservoir (State of São Paulo). Acta Limnologica Brasiliensia, 19: 131-142.

De Haas, E.M.; Wagner, C.; Koelmans, A.A.; Kraak, M.H.S. & Admiraal, W. 2006. Habitat selection by chironomid larvae: fast growth requires fast food. Journal of Animal Ecology, 75: 148-155.

Domitrovic, Y.Z. 2003. Effect of fluctuation in water level of phytoplankton development in three lakes of the Paraná River floodplain (Argentina). Hydrobiologia, 510(1): 175-193.

Drago, I.E.; Marchese, M. & Montalto, L. 2007. Benthic Invertebrates. In: Iriondo, M.H.; Paggi, J.C. & Parma, M.J. The Middle Paraná River - Limnology of a Subtropical Wetland. p. 251-276.

Esteves, FA. 1998. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência. 602p.

Fisher, S.G., & Gray, L.J. 1983. Secondary production and organic matter processing by collector macroinvertebrates in a desert stream. Ecology, 64: 1217-1224.

Fukuhara, H. & Sakamoto, M. 1988. Ecological significance of bioturbation of zoobenthos community release from bottom sediments in shallow eutrophic lake. Archiv fur Hydrobiologie, 113(3): 425-445.

Fulan, J. A. & Henry, R. 2007 Distribuição temporal de Odonata (Insecta) associado a *Eichhornia azurea* na Lagoa do Camargo (lateral ao Rio Paranapanema - SP). Revista Brasileira de Entomologia, 51: 224-227.

Fulan, J.A.; Davanso, R.C.S. & Henry, R. 2011. A profundidade como fator determinante na variação anual da densidade dos macroinvertebrados associados à *Salvinia auriculata* Aublet. Revista Brasileira de Biociências (Impresso), 9: 214-219.

Fulan, J.A. & Henry, R. 2008. Variação anual da biomassa de *Telebasis* (Odonata, Coenagrionidae), junto a *Eichhornia azurea* (sw.) Kunth, na Lagoa do Camargo (lateral ao Rio Paranapanema - São Paulo). Estudos de Biologia (UCP. Impresso), 30: 117-123.

Fulan, J.A. & Henry, R. 2007. The Odonata assemblage on *Eichhornia azurea* stands in Camargo Lake, a lateral lake on the Paranapanema River (São Paulo), after an extreme inundation episode. Acta Limnologica Brasiliensia, 18: 423-431.

Gardner, W.S.; Nalepa, T.F.; Slavens, D.R. & Laird, G.A. 1983. Patters and rates of nitrogen release by benthic Chironomidae and Oligochaeta. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 40(3): 259-266.

Gasith, A. & Hoyer, M.V. 1998. Structuring role of macrophytes in lakes: changing influence along lake size and depth gradients. In: The structuring role of submerged macrophytes in lakes. In: Jeppesen, E.; Sondergaard, M.A.; Sondergaard, M.O. & Christoffersen, K. (Eds) – Springer Verlag, New York, p. 381–292.

Goedkoop, W.; Gullberg, K.R.; Johnson, R.K. & Ahlgren, I. 1997. Microbial response of a freshwater benthic community to a simulated diatom sedimentation event-interactive effects of benthic fauna. Microbial Ecology, 34: 131-143.

Golterman, H.L.; Clymo, R.S. & Ohnstad, M.A.M. 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 213p.

Granado, D.C. & Henry, R. 2012. Changes in abiotic characteristics of water in the Paranapanema River and three lateral lagoons at mouth zone of the Jurumirim Reservoir during the flood period, São Paulo, Brazil. Latin American Journal of Aquatic Research, 40(1): 79-89.

Gregg, W.W. & Rose, F.L., 1985. Influences of aquatic macrophytes on invertebrate community structure, guild structure, and microdistribution in streams. Hydrobiologia 128: 45–56.

Gullberg, K.R.; Goedkoop, W. & Johnson, R.K. 1997. The fate of diatom carbon within a freshwater benthic community — A microcosm study. Limnology and Oceanography, 42: 452–460

Hamilton, S.K.; Souza, O.C. & Coutinho, M.E. 1988. Dynamics of floodplain inundation in the alluvial fan of the Taquari River (Pantanal, Brazil). Verhandlung Internationale Vereinging Limnologie, 26(1): 912-926.

Henry, R. 2009. Annual changes in sediment entrapment efficiency in lakes lateral to a river (Paranapanema river, São Paulo, Brazil). Acta Limnologica Brasiliensia, 21: 25-34.

Henry, R. 2003. Os ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos: conceitos, tipos, processos e importância. Estudo de aplicação em lagoas marginais ao rio Paranapanema na zona de sua desembocadura na represa de Jurumirim. In: Henry, R. (Eds.). Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos. São Carlos: Fundibio, Rima, p. 1-28.

Henry, R. 2005. The connectivity of the Paranapanema river with two lateral lakes in its mouth zone into the Jurumirim reservoir. Acta Limnologica Brasiliensia, 17(1): 57-69.

Henry, R.; Panarelli, E.A.; Casanova, S. M.C.; Granado, D.C.; Mortari, R.C. & Abra, J. 2011. Plankton richness and abundance in several different hydrological situations in lakes lateral to a river: a case study in mouth zone of a tributary into a tropical river. Oecologia Australis, 15: 537-558.

Herbst, G.N. 1980. Effects of burial on food value and consumption of leaf detritus by aquatic invertebrates in a lowland forest stream. Oikos, 35: 411–424.

Hirabayashi, K & Wotton, R.S. 1999. Organic matter processing by chironomid larvae (Diptera: Chironomidae). Hydrobiologia, 382: 151–159,

Irmler, U., 1975. Ecological studies of aquatic soil invertebrates in three inundation forests of central Amazonia. Amazoniana, 5: 337–409

Johnson, R.K. & Goedkoop, W. 2002: Littoral macroinvertebrate communities: spatial scale and ecological relationships. Freshwater Biology, 47: 1840–1854.

Junk, W.J. & Piedade, M.T.F. 1993. Biomass and primary-production of herbaceous plant communities in the Amazon floodplain. Hydrobiologia, Dordrecht, 263: 155-162.

Junk, W.J. 1980. Áreas inundáveis – Um desafio para a Limnologia. Acta Amazônica, 10(1): 775-795.

Kindt, R. & Coe, R. 2005. Tree Diversity Analysis. World Agroforestry Centre, Kenya. 275p.

Lopretto, E.C. & Tell, G. 1995. Ecosistemas de aguas continentales. Metodologias para su estudio. Tomos I, II, III. Argentina: Ediciones Sur, 1401p.

Madsen, J.D.; Chambers, P.A.; James, W.F.; Koch, E.W. & Westlake, D.F. 2001. The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. Hydrobiologia, 444: 71–84.

Margalef, R. 1983. Limnologia. Ed. Omega, Barcelona. 1010p.

Marklund, O.; Blindow, I. & Hargeby, A. 2001. Distribution and diel migration of macroinvertebrates within dense submerged vegetation. Freshwater Biology, 46(7): 913-924

Martins, G.M. & R. Henry. 2004. Composição e abundância do zooplâncton em três lagoas laterais ao rio Paranapanema na zona de sua desembocadura na represa de Jurumirim (São Paulo). In: Chelappa, S. & Passavante, J.Z.O. (Eds.). Ecologia aquática tropical. Serv Graf, Natal, p. 53-72.

Merritt, R.W. & Cummnins, K.W. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America. 3.ed. Dubuque: Kendall/Hunt. 862p.

Moretti, M.S.; Goulart, M.D.C. & Callisto, M. 2003. Avaliação rápida da macrofauna associada a *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth, 1843 e *Pontederia lanceolata* Nutt., 1818

(Pontederiaceae) na Baia do Coqueiro, Pantanal de Pocone (MT/Brasil). Revista Brasileira de Zoociências, 5(1): 7-21.

Mugnai, R.; Nessimian, J.L. & Baptista, D.F. 2010. Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. 1ª.ed. Rio de Janeiro: Technical Book. 176p.

Palmer, M.A.; Covich, A.P.; Lake, S.; Biro, P.; Brooks, J.J.; Cole, J.; Dahm, C.; Gibert, J.; Goedkoop, W.; Martens, K & Verhoeven, J. 2000. Linkages between aquatic sediment biota and life above sediments as potential drivers of biodiversity and ecological processes. BioScience, 50: 1062–1075.

Panarelli, E.A. 2004. Flutuações mensais da comunidade zooplanctônica e dinâmica das populações de Cladocera em três lagoas marginais, na região de transição rio Paranapanema – represa de Jurumirim (SP). Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Panarelli, E.A.; Casanova, S.M.C. & Henry, R. 2008. The role of resting eggs in the recovery of zooplankton community in a marginal lake of the Paranapanema River (São Paulo, Brazil), after a long drought period. Acta Limnologica Brasiliensia, 20(1): 73-88.

Peiró, D.F. & Alves R.G. 2004. Levantamento preliminar da entomofauna associada à macrófitas aquáticas da região litoral de ambientes lênticos. Revista Uniara, 15: 177-188.

Petticrew, E.L. & Kalff, J. 1992. Water flow and clay retention in submerged macrophyte beds. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 49: 2483-2489.

Piedade, M.T.F.; Junk, W.J. & Long, S.P. 1991. The productivity of the C4 grass *Echinochloa polystachya* on the Amazon floodplain. Ecology, 72(4): 1456-1463.

Pringle, C., Naiman, R.J.; Bretschko, G.; Karr, J.R.; Oswood, M.W.; Webster, J.R.; Welcomme, R.L. & Winterbourn, M.J. 1988. Patch Dynamics in lotic systems: The stream as a mosaic. Journal of the North American Benthological Society, 7(4): 503-524.

R Development Core Team. 2009. A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing ISBN 3-900051-07-0, URL. Acces in: <http://www.R-project.org> 15.04.2009.

Reiss, F. 1974. Vier neue *Chironomus*-Arten (Chironomidae, Diptera) und ihre ökologische Bedeutung für die Benthosfauna zentralamazonischer Seen und Überschwemmungswälder. Amazoniana, 5: 3–23.

Resh V.H. & Rosenberg D.M. 1989. Spatial-temporal variability and the study of aquatic insects. Canadian Entomologist, 121: 941–963.

Samways, M.J.; Osborn, R. &Van Heerden, R.1996. Distribution of benthic invertebrates at different depths in a shallow reservoir in the KwaZulu-Natal Midlands. Koedoe - African Protected Area Conservation and Science. Pretoria, AS, 39(2): 69-76.

Sand-Jensen, K., 1998. Influence of submerged macrophytes on sediment composition and near-bed flow in lowland streams. Freshwater Biology, 39: 663–679.

Shimabukuro, E.M. & Henry, R. 2011. Controlling factors and benthic macroinvertebrate distribution in a small tropical pond, lateral to the Paranapanema River (São Paulo, Brazil). Acta Limnologica Brasiliensia, 23: 154-163.

Silva, C.V. & Henry R, 2013 no prelo. Aquatic macroinvertebrates associated with *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth and relationships with abiotic factors in marginal lentic ecosystems (São Paulo, Brazil). Brazilian Journal of Biology, 73(1).

StatSoft, Inc. 2002. Statistica (data analysis software system), version 6.0 www.statsoft.com.

Stripari, N. De L. & Henry, R. 2002. The invertebrate colonization during decomposition of *Eichhornia azurea* Kunth in a lateral lake in the mouth zone of Paranapanema River into Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). Brazilian Journal of Biology, 62(2): 293-310.

Suguio, K. 1973. Introdução à Sedimentologia. São Paulo: Edgard Blucher. 317p.

Teixeira, C. & Kutner, M.B. 1962. Plankton studies in a mangrove environment. I - First assessment of standing stock and ecological factors. Boletim do Instituto Oceanográfico, 12: 101-124.

Thomaz, S.M.; Bini, L.M. & Bozelli, R.L. 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. Hydrobiologia 579: 1–13

Thomaz, S.M. & Cunha, E.R. 2010. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages composition and biodiversity. Acta Limnologica Brasiliensia, 22(2): 218-236.

Thrush, S.F. 1991. Spatial patterns in soft-bottom communities. Trends of Ecology and Evolution, 6: 75-79.

Tolonen, K.T.; Hämäläinen, H.; Holopainen, I.J.; Mikkonen, K. & Karjalainen, J. 2003. Body size and substrate association of littoral insects in relation to vegetation structure. Hydrobiologia 499: 179–190.

Townsend, C.R. 1989. The patch dynamics concept of stream community ecology. Journal of the North American Benthological Society, 8: 36–50.

Van de Bund, W.J.; Goedkoop, W. & Johnson, R.K. 1994. Effects of deposit-feeder activity on bacterial production and abundance in profundal lake sediment. Journal of the North American Benthological Society, 13: 532–539

Van den Brink, F.W.B.; Van Katwijk, M.M. & Van der Velde, G. 1994. Impact of hydrology on phyto- and zooplankton community composition in floodplain lakes along the Lower Rhine and Meuse. Journal of Plankton Research, 16: 351-373.

Vannote, R.L.; Minshal, G.W.; Cummins, K.W.; Sedell, J.R. & Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 37, 130-137.

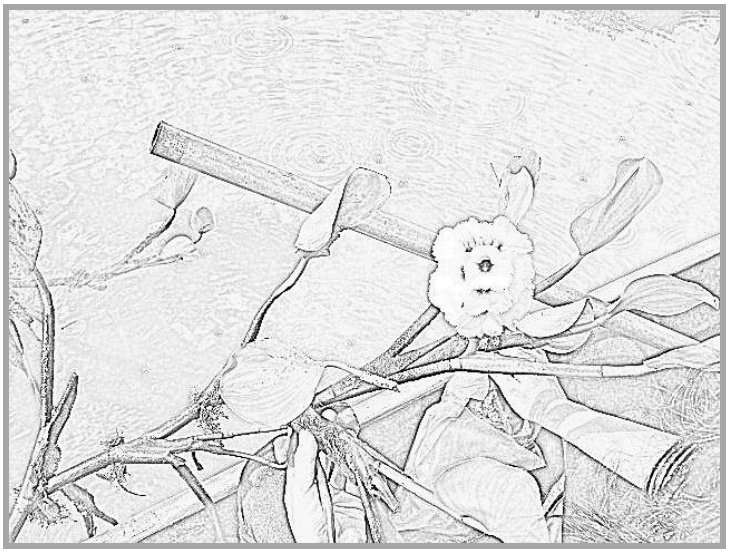
Ward, J.V. 1992. Aquatic Insect Ecology. Wiley & Sons. Inc., New York. In: Merritt, R.W. & Cummins, K.W., 1984. An introdution to the aquatic insects of North America. 2ª ed., Dubuque, Kendall/Hunt. 722p.

Wetzel, R.G. 1990. Detritus, macrophytes and nutrient cycling in lakes. Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia Dott Marco de Marchi, Pallanza, 47: 233-249.

Zerlin, R.A. 2011. Variação temporal dos macroinvertebrados bentônicos em lagoa marginal ao Rio Paranapanema – SP. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CAPÍTULO II

Dinâmica alimentar de insetos bentônicos: a contribuição dos recursos basais para a estruturação da comunidade em lagoas marginais



RESUMO

Dinâmica alimentar de insetos bentônicos: a contribuição dos recursos basais para a estruturação da comunidade em lagoas marginais. Os insetos são componentes fundamentais dos processos metabólicos em ecossistemas aquáticos. Esses organismos, muito abundantes, possuem um amplo espectro alimentar, e sua distribuição é influenciada pela disponibilidade de recursos do ambiente. O objetivo do presente estudo foi analisar a dieta da comunidade bentônica de Chironomidae e do gênero *Campsurus* (ordem Ephemeroptera), em dois ambientes lacustres distintos, um com e outro sem a influencia de macrófitas, ambos marginais a um rio. Esperou-se encontrar diferenças espaciais na utilização dos recursos alimentares, com uma distinção entre os ambientes lacustres e entre os períodos. Os hábitos alimentares foram verificados através da análise do conteúdo estomacal. O detrito orgânico foi o recurso mais explorado em todo o estudo. O ambiente com macrófitas mostrou elevada disponibilidade de matéria orgânica particulada grossa o que favoreceu muitos táxons que só se alimentaram desse item. As frações de matéria orgânica representadas por tecido vegetal, diferentemente do esperado, não fizeram parte da alimentação da maioria dos organismos dessa lagoa, mas podem ter favorecido o desenvolvimento de algas perifíticas, as quais mostraram grande importância para a dieta de muitos táxons. Maior número de recursos alimentares foi explorado na lagoa com macrófitas durante o período seco, confirmando o provimento de recursos alimentares pelas macrófitas na zona litorânea. Além desse fator, a grande quantidade do material orgânico nessa lagoa, pode explicar a maior riqueza encontrada quando comparada à da outra lagoa. Durante o período chuvoso, muitas alterações foram observadas na alimentação dos organismos, relacionadas ao aumento da diversidade de recursos na lagoa que não apresenta macrófitas, em função da conexão com uma lagoa vizinha e a redução naquela com macrófitas por conta da baixa concentração de oxigênio dissolvido.

Palavras-chave: Chironomidae, *Campsurus* sp., hábitos alimentares, macroinvertebrados, macrófitas.

ABSTRACT

Feeding dynamics of benthic insects: the contribution of basal resources for community structure in oxbow lakes. Insects are fundamental components of metabolic processes in aquatic ecosystems. These abundant organisms have a broad feeding spectrum, and its distribution is influenced by the availability of environmental resources. The objective of this study was to assess the diet of Chironomidae and *Campsurus* (order Ephemeroptera) benthic community, in two distinct environments, a pond with macrophytes and another pond without it, both marginal to a river. It has been expected to find spatial differences in the use of food resources, with a distinction between the lacustrine environments and between periods. The dietary habits were checked through the analysis of stomach contents. Organic detritus was the most exploited resource throughout the study. The environment with macrophytes showed high availability of coarse particulate organic matter which favored many taxa that only fed on that item. Differently than expected, fractions of organic matter represented by plant tissue were not a food of most of organisms in this pond, but may have favored the development of algal periphyton, which showed great importance for many taxa diet. Largest number of food resources was explored in the pond with macrophytes during the dry period, confirming the providing of food resources by macrophytes in littoral zone. In addition to this factor, the large quantity of organic material in this pond, may explain the greater richness found when compared to the other pond. During the rainy season, many changes were observed in organisms feeding habits, related to the increasing diversity of resources in the pond without macrophytes, due to connection with a pond nearby, and resources reduction in that pond with macrophytes, on account of low concentration of dissolved oxygen.

Key-words: Chironomidae, Campsurus sp., feeding habits, macroinvertebrates, macrophytes

INTRODUÇÃO

O papel ecológico de cada espécie em um ecossistema lacustre pode ser avaliado através de suas relações tróficas, o que leva a um entendimento mais profundo da organização dos organismos nos ambientes aquáticos. A disponibilidade de recursos alimentares é um dos principais fatores que determinam a estrutura da comunidade e os padrões de distribuição dentro dos ecossistemas.

Apesar dos insetos representarem um dos componentes de maior importância na estrutura trófica de ecossistemas aquáticos, poucos trabalhos analisaram os hábitos alimentares desses organismos. Para a região neotropical, grande parte está voltada para o estudo de ambientes lóticos (Carvalho & Uieda, 2009; Motta & Uieda, 2004; Reynaga, 2009; Sanseverino & Nessimian, 2008; Nessimian & Sanseverino, 1998; Nessimian et al., 1999; Henriques-Oliveira et al., 2003). Em ambientes lênticos, estudos têm sido feitos para insetos associados às macrófitas (Correia & Trivinho-Strixino, 1998). Contudo, poucos relatos abordam os hábitos alimentares dos macroinvertebrados bentônicos, especialmente para os insetos.

A importância dos organismos bentônicos, com destaque para os insetos, com elevada abundancia nos ambientes aquáticos, está relacionada à sua capacidade de transformar partículas de baixo valor nutricional em tecido de alta qualidade, representando o principal elo entre os recursos basais e os consumidores secundários (Tokeshi, 1995). Os animais bentônicos também auxiliam a ciclagem dos nutrientes e possuem uma série de características que os tornam eficientes indicadores das condições ambientais (Rosemberg & Resh, 1993)

Na avaliação da importância funcional desses organismos, muitos trabalhos têm utilizado a categorização trófica elaborada por Merrit & Cummins (1996), na qual os insetos aquáticos são reunidos em grupos funcionais, de acordo com o modo de

obtenção de alimento, baseado em sua morfologia. Entretanto, esse tipo de classificação deve ser utilizado com cautela (King et al., 1988), visto que foi desenvolvida para a fauna norte-americana, não necessariamente apresentando constituintes com hábitos alimentares similares aos organismos de regiões tropicais e subtropicais (Silva et al., 2008; Winterbourn, 1995; Callisto & Esteves, 1998; Uieda & Motta, 2007). Além disso, muitos organismos são enquadrados em mais de um grupo funcional, como é o caso dos insetos da família Chironomidae (Nessimian et al., 1999).

A análise do conteúdo digestivo dos diversos táxons possibilita distinguir os itens alimentares de maior importância para cada um deles e como os hábitos podem variar no tempo e no espaço (Basaguren et al., 2002; Galizzi et al., 2012; Rosi-Marshall & Wallace, 2002; Benstead & Pringle, 2004; Motta & Uieda, 2004, 2005; Vos et al., 2000; Cheshire et al., 2005; Trivinho-Strixino & Strixino 1998; Lancaster et al., 2005; Rasmussen, 1984). Além de contribuir para o conhecimento da dieta da entomofauna aquática, estudos com esta abordagem permitem a compreensão da dinâmica trófica dos ecossistemas.

Nas comunidades bentônicas, nota-se uma ampla diversidade alimentar, com muitos organismos considerados generalistas (Berg, 1995). Contudo, a seleção pelo alimento pode ocorrer em função de diversos fatores dependendo da espécie. O objetivo do presente estudo foi analisar a dieta da comunidade bentônica de Chironomidae e do gênero *Campsurus* (ordem Ephemeroptera), em dois ambientes lacustres distintos, um sob influencia de macrófitas e outro sem plantas aquáticas. Partindo-se do princípio que a presença de macrófitas aquáticas em ambientes lênticos afeta a distribuição de muitos organismos residentes, especialmente na região de influencia dos bancos, esperou-se encontrar diferenças espaciais na utilização de recursos alimentares, com uma distinção entre os ambientes lacustres e entre os períodos. Através disso, buscou-se mostrar que

há preferência alimentar dos gêneros de Chironomidae e do gênero de Ephemeroptera, e, portanto, a disponibilidade de recursos alimentares é um importante fator controlador da estruturação da comunidade bentônica.

MATERIAL & MÉTODOS

Área de estudo

Esse estudo foi realizado em duas lagoas marginais ao Rio Paranapanema (tributário da margem esquerda do rio Paraná, estado de São Paulo, Brasil) (Figura 1). Por situar-se na região de desembocadura desse rio na Represa de Jurumirim, uma elevada diversidade de ambientes aquáticos é encontrada. Formados pelo canal principal do rio, uma série de lagoas laterais apresentam diferentes graus de conexão com o mesmo. Entretanto, nessa região a conectividade hidrológica não segue a dinâmica peculiar das planícies de inundação, pois o processo de inundação sofre influencia direta do reservatório à jusante, que tem uma ação regulatória sobre a expansão lateral do curso d'água (Henry 2003).

Informações detalhadas sobre as alterações limnológicas na região podem ser encontradas em Henry (2005), Granado & Henry (2012); sobre os macroinvertebrados bentônicos em Davanso & Henry (2006a,b), Zerlin (2009), Shimabukuro & Henry (2011), e macrófitas aquáticas em Afonso (2002); Stripari & Henry (2002); Fulan & Henry (2007a,b, 2008); Fulan et al.(2011), e Silva & Henry (2013, no prelo).

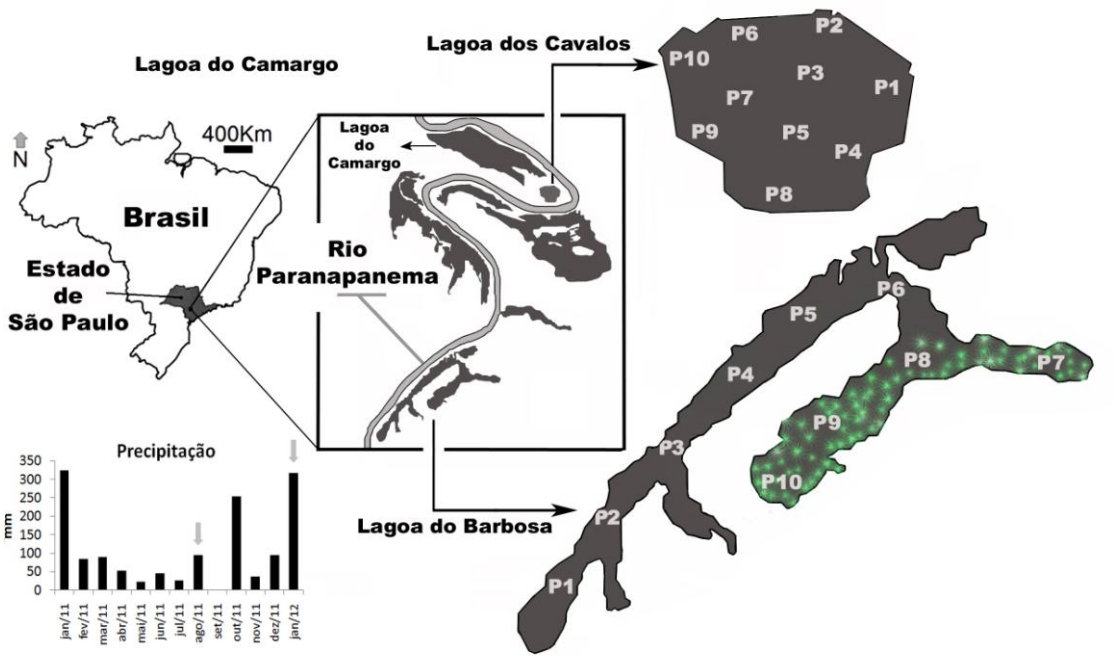


Figura 1. Localização da área de estudo e dos pontos de amostragem, e gráfico de precipitação (mm) observada no município de Angatuba (SP) entre janeiro 2011 e janeiro de 2012 (setas indicam o período das coletas realizadas), dados obtidos da estação pluviométrica E5-017 do D. A. E. E. – Departamento de Águas e Energia Elétrica, em Angatuba (SP).

Um dos ambientes lacustres selecionados, a Lagoa dos Cavalos (23˚29’12.81”S e 48˚37’02.34”O), conecta-se ao rio Paranapanema somente em episódios de cheia extrema, como observado em 1997 e 2004, permanecendo a grande maioria das vezes isolada. Portanto a lagoa é perene, sendo alimentada pela chuva e por fluxo subterrâneo de água do rio (Carmo, 2007; Panarelli et al., 2008; Henry, 2005). Neste estudo, o intenso período chuvoso não foi capaz de proporcionar a conexão da Lagoa com o rio, mas sim com uma lagoa próxima durante a estação chuvosa (Lagoa do Camargo, ver Figura 1). A conexão foi sutil, através de um fluxo estreito e superficial, formando uma grande região alagada entre ambas. A Lagoa dos Cavalos não apresenta complexa vegetação de entorno, ela é formada unicamente por gramíneas, e não apresentou macrófitas aquáticas durante o período de estudo. A lagoa mostra um formato próximo

ao circular e tem pequenas dimensões (comprimento máximo: 130 m, largura máxima: 100 m, área de superfície: 8.600 m^2, perímetro: 420 m e volume: 11.600 m^3) (Henry, 2005).

Outro ambiente, a Lagoa do Barbosa (23˚30’13.11”S e 48˚37’45.17”O), apresenta, um formato alongado e levemente ramificado (comprimento máximo: 1.420 m, largura máxima: 550 m, área de superfície: 203.000 m^2, perímetro: 6.270 m) (Silva & Henry, 2013 - no prelo). Como vegetação marginal, possui um cinturão de *Echinochloa polystachya* e apresenta macrófitas flutuantes (*Eichhornia azurea* e *Salvinia auriculata*) e enraizadas (*Myriophyllum aquaticum*) apenas na porção final da lagoa, correspondendo à região dos pontos de amostragem 7 a 10 (Figura 1).

As coletas foram realizadas no mês de agosto de 2011 e janeiro de 2012, de forma a representar o período seco e chuvoso.

Comunidade bentônica de Chironomidae e Ephemeroptera

A amostragem do sedimento foi realizada com auxílio de pegador de Van Veen em dez pontos distribuídos em cada lagoa. Uma primeira separação da fauna bentônica de seu substrato foi feita em campo imergindo as amostras em rede de malha de 250µm, agitando-as vigorosamente na superfície da água das lagoas. A seguir, foram fixadas com formaldeído 4%.

Posteriormente, os indivíduos de Chironomidae e Ephemeroptera foram triados e identificados ao menor nível taxonômico possível (gênero e espécie), com auxilio de literatura especializada (Trivinho-Strixino, 2011; Mugnai et al, 2010). Ambos os táxons foram estrategicamente escolhidos para a determinação dos hábitos alimentares, visando responder questões relevantes com relação a sua distribuição nos ambientes estudados (conforme discutido no Cap. 1). Chironomidae, por representar o grupo mais abundante,

pela possibilidade de identificação em níveis mais acurados, por apresentar amplo espectro alimentar, e por ter sido detectada maior riqueza dessa família na porção sob influência de macrófitas e Ephemeroptera, que neste trabalho foi representado apenas por *Campsurus* sp., por ter apresentado grande correlação com a região dos bancos de macrófitas da Lagoa do Barbosa, sugerindo uma contribuição das plantas para o gênero, foram os organismos selecionados para este estudo. A análise dos itens ingeridos se deu através da remoção dos tubos digestivos dos insetos e observação através de microscópio estereoscópico e óptico (aumento de 4x). O conteúdo de cada tubo foi espalhado sobre uma lâmina comum e os itens agrupados para facilitar a quantificação. A representatividade de cada item foi estimada através da porcentagem de área ocupada após a colocação da lamínula, método adaptado de Motta & Uieda (2004).

Foram analisados os conteúdos de 16 táxons, 15 componentes da família Chironomidae e 1 da família Ephemeroptera, sendo examinado ao todo, o correspondente a 734 organismos. *Chironomus* spp. representa um agrupamento de três espécies (*C. strenzkei*, *C. columbiensis*, *C. reissi*, de difícil distinção no presente estudo).

Os itens alimentares foram classificados em várias categorias, incluindo animais, algas e material orgânico. Cummins (1973) classificou a matéria orgânica consumida pelos insetos aquáticos de ambientes lóticos em duas categorias, de acordo com o tamanho das partículas: CPOM ("Coarse Particulate Organic Matter"), maiores que 1mm; e FPOM ("Fine Particulate Organic Matter"), entre 0,5 mm e 1mm. No presente estudo, apesar de se manter a nomenclatura empregada por Cummins (1973), preferiu-se utilizar um critério qualitativo para a classificação da matéria orgânica. CPOM, neste caso, referiu-se aos fragmentos de maior tamanho que têm, perceptivelmente, origem de tecido vegetal, cuja estrutura celular se manteve. FPOM referiu-se ao material amorfo,

grande parte em avançado grau de decomposição, no qual não foi possível identificar a origem.

Análise dos dados

Para verificar possíveis alterações espaciais e temporais na alimentação de cada táxon, as porcentagens referentes a cada item ingerido foram comparadas entre as lagoas através de distribuição de χ^2 (qui-quadrado). A análise temporal da dieta foi limitada a alguns táxons, visto a redução drástica na densidade de organismos durante o período chuvoso. Além disso, uma parte destes apresentou o tubo digestivo vazio neste período.

Para testar se indivíduos de Chironomidae em diferentes fases de desenvolvimento tem "poder de escolha" pelo item alimentar, foram investigadas eventuais diferenças significativas na composição alimentar dos estádios larvais de dois grupos detritívoros mais abundantes no presente estudo (*Chironomus paragigas* e *Chironomus sancticaroli*), através da análise de χ^2.

Conforme concluído no Capítulo I dessa dissertação, a presença de macrófitas aquáticas na Lagoa do Barbosa afeta a estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos residentes, gerando uma heterogeneidade espacial no ambiente. Buscando verificar se a presença dessas plantas interfere na alimentação desses organismos, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) para a ordenação espacial do uso dos recursos alimentares encontrados. Os dados de representatividade dos itens alimentares, em porcentagem, foram previamente transformados em (logX+1). A análise foi realizada no software R Cran Project (R Core Development).

RESULTADOS

No total, os conteúdos de 734 indivíduos de 16 táxons foram examinados, sendo a maior parte de *Chironomus paragigas*, seguido de *Chironomus sancticaroli* e *Campsurus* sp.

Houve nítido predomínio de detrito orgânico na alimentação dos táxons, majoritariamente composto por matéria orgânica particulada fina. Este recurso teve importância especial para *Goeldchironomus*, *Caladomyia*, *Tanytarsus*, *Cryptochironomus*, *Pelomus* e *Asheum*, os quais se alimentaram exclusivamente dessa forma de material orgânico (Figura 2).

Dentre as espécies de *Chironomus*, *C. paragigas* e *Chironomus* spp. não mostraram diferença significativa na alimentação entre as lagoas na estação seca, apesar deste último táxon ter mostrado um valor de qui-quadrado muito próximo ao significativo no teste. *C. sancticaroli*, por outro lado, apresentou diferença na sua dieta entre as lagoas (Tabela 1). Na Lagoa dos Cavalos, a espécie alimentou-se de diatomáceas, enquanto que na Lagoa do Barbosa, alimentou-se de *Spirogyra*; além disso, o consumo médio de CPOM foi reduzido nesta lagoa.

Apenas os gêneros *Chironomus* e *Campsurus* tiveram parte de sua alimentação baseada na fração grosseira de material orgânico (Figura 2). Contudo, a fração correspondente a CPOM na alimentação de *Campsurus* sp. foi extremamente baixa. Sua dieta foi composta predominantemente de FPOM em todos os pontos de amostragem e nas duas estações. Organismos deste gênero não apresentaram diferença significativa em sua alimentação, mostrando elevado grau de especificidade alimentar.

C. paragigas e *Chironomus* spp. não se alimentaram de CPOM na estação chuvosa, mostrando diferença significativa da composição alimentar entre as estações do ano, na Lagoa dos Cavalos (Tabela 1).

O gênero *Tanypus* não apresentou diferença significativa na sua dieta apenas na lagoa dos Cavalos entre os períodos de estudo, apesar do item de origem animal entrar em sua dieta durante o período chuvoso (Tabela 1). *Tanypus* apresentou maior diversidade de itens ingeridos, especialmente na Lagoa do Barbosa na estação seca (Figura 4) e na Lagoa dos Cavalos, na estação chuvosa (Figura 2). Nas outras situações (Cavalos/período seco e Barbosa/período chuvoso), *Tanypus* mostrou grande associação com a alga *Closterium*. Este gênero, juntamente com *Ablabesmyia*, teve parte de sua alimentação baseada em proteína animal. Contudo, na Lagoa do Barbosa durante a estação chuvosa, o item de origem animal deixou de fazer parte de suas dietas. *Coelotanypus* por outro lado, só se alimentou deste recurso. O recurso de origem animal na dieta de Tanypodinae foi alterado de Cladocera no período seco, para Rotifera, no período chuvoso (Figura 2).

Dentre os grupos que só ocorreram na região final da Lagoa do Barbosa (ver Cap. 1), *Dicrotendipes*, *Polypedilum* e *Cladopelma* podem ter sido favorecidos pelas algas dessa região. Os demais se alimentam exclusivamente de detritos orgânicos (Figura 2).

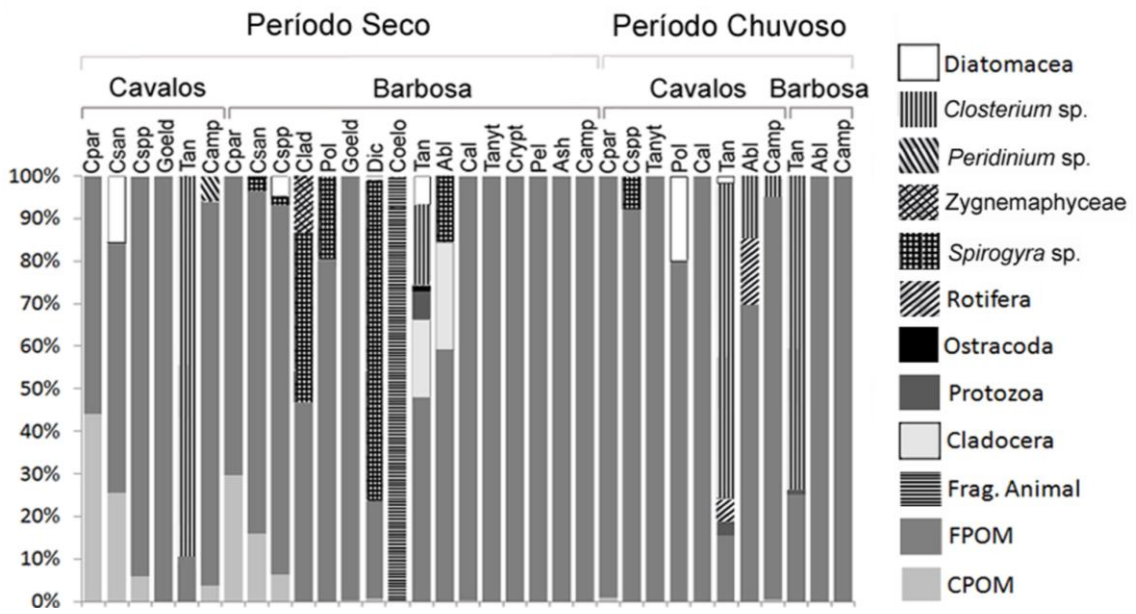


Figura 2: Porcentagens referentes aos itens alimentares consumidos pelos táxons na Lagoa dos Cavalos e na Lagoa do Barbosa durante ambas as estações de estudo. (Legenda: Cpar: *Chironomus paragigas*; Csan: *Chironomus sancticaroli*; Cspp: *Chironomus* spp.; Goeld: *Goeldchironomus* sp.; Crypt: *Cryptochironomus* sp.; Clad: *Cladopelma* sp.; Ash: *Asheum* sp.; Cal: *Caladomyia* sp.; Pel: *Pelomus* sp.; Dic: *Dicrotendipes* sp.; Pol: *Polypedilum* sp.; Tanyt: *Tanytarsus* sp.; Tan: *Tanypus* sp.; Coelo: *Coelotanypus* sp.; Abl: *Ablabesmyia* sp.; Camp: *Campsurus* sp.; Frag. Animal: Fragmento animal).

Tabela 1. Distribuição de χ^2 e respectivos graus de liberdade (g.l.), para os gêneros de Chironomidae e *Campsurus* sp. cujos itens alimentares apresentaram diferença significativa, em negrito (α = 0,05), entre lagoas e períodos. (Legenda: Cpar: *Chironomus paragigas*; Csan: *Chironomus sancticaroli*; Cspp: *Chironomus* spp.; Abl: *Ablabesmyia* sp.; Tan: *Tanypus* sp.; Camp: *Campsurus* sp.).

Lagoas/Períodos	g.l.	Cpar	Csan	Cspp	Abl	Tan	Camp
Período seco (Cavalos x Barbosa)	11	4,45	**24,68**	7,28		**103,43**	10,53
Período chuvoso (Cavalos x Barbosa)	7				**35,3**	**15,34**	5,65
Cavalos (Período seco x Período chuvoso)	7	**53**		14		10,91	10,4
Barbosa (Período seco x Período chuvoso)	9				**51**	**71,47**	0

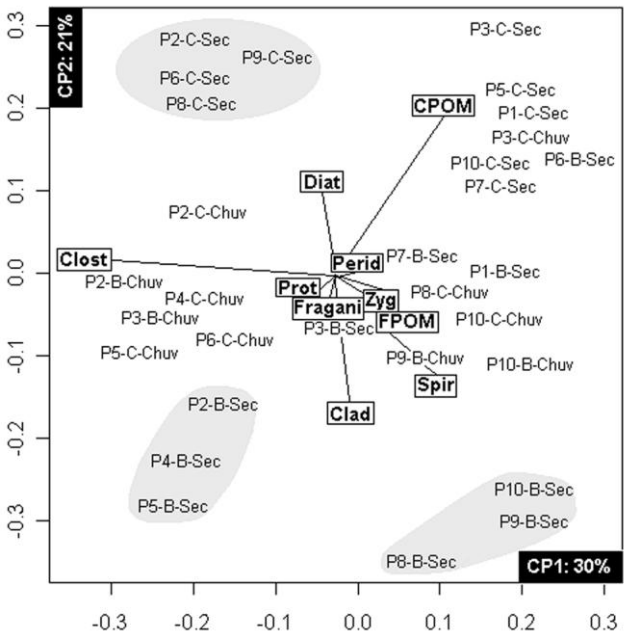


Figura 3. Ordenação espacial dos itens alimentares ingeridos segundo análise de componentes principais. (Legenda: Diat: Diatomacea; Clost: *Closterium* sp.; Spir: *Spirogyra* sp.; Perid: *Peridinium* sp.; Zyg: Zygnemapgyceae; Clad: Cladocera, Prot: Protozoa; Fragani: Fragmento animal; Legendas: P1-P20: Pontos de amostragem; B: Lagoa do Barbosa; C: Lagoa dos Cavalos; Sec: Estação Seca; Chu: Estação Chuvosa).

A análise de componentes principais mostrou a distribuição de agrupamentos dos itens consumidos em cada lagoa (Figura 3). Na Lagoa dos Cavalos, o item de maior importância foi CPOM. Um segundo grupo formado nessa lagoa evidencia a importância de diatomáceas e *Closterium* para esse local. Confrontando a Figura 2, verifica-se que *Tanypus* e *C. sancticaroli* são responsáveis por esta diferenciação. Para a Lagoa do Barbosa, houve segregação de dois grupos, um sob influencia da alga perifítica *Spyrogira*, nos pontos finais da lagoa (últimos quatro pontos da lagoa), e outro mostrando a relevância dos microcrustáceos cladóceros (cinco primeiros pontos da lagoa) para a alimentação da fauna local, especialmente de *Tanypus* e *Ablabesmyia* (Figura 4).

A Figura 4 mostra a variação espacial na alimentação dos grupos que melhor se distribuíram ao longo da Lagoa do Barbosa. Uma clara tendência de aumento no

consumo de algas foi observada em direção a porção final da Lagoa. *Tanypus* apresentou uma alimentação bem diversificada com maior representatividade de itens animais na porção central da lagoa.

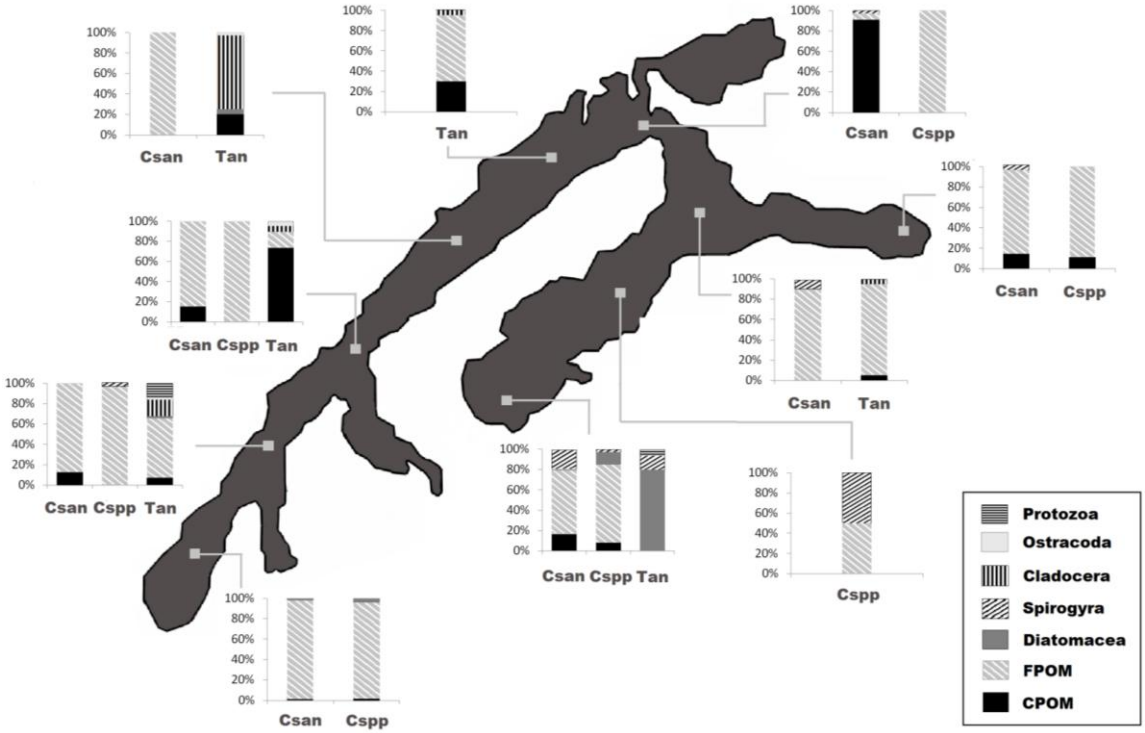


Figura 4. Variação espacial da composição alimentar de *Tanypus* (Tan), *C. sancticaroli* (Csan) e *Chironomus* spp. (Cspp) na Lagoa do Barbosa.

A comparação na alimentação dos estádios larvais de *Chironomus paragigas* mostrou que não há diferença significativa (χ^2=1,91; g.l.:3). A espécie alimentou-se exclusivamente de material orgânico (fino e grosso) e em proporções similares em todos os estádios. Apesar disso, uma quantidade sutilmente maior de FPOM foi consumida nos estádios mais avançados (Figura 5). Condição inversa foi observada para *Chironomus sancticaroli*, que apresentou diferença significativa na alimentação em seus estádios larvais (χ^2=25,84; g.l.:8). Houve uma tendência de redução da quantidade de FPOM consumida conforme mais desenvolvido o indivíduo, aumentando

proporcionalmente a quantidade de algas e de CPOM ingeridas (Figura 5). *Chironomus paragigas*, ao contrário de *C. sancticaroli*, não se alimentou de algas durante todo o estudo.

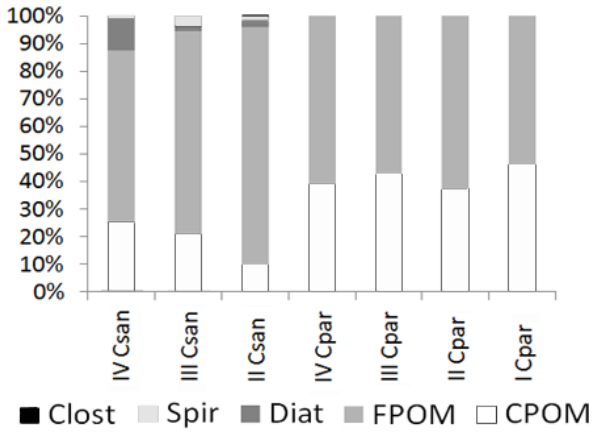


Figura 5. Porcentagem correspondente aos itens consumidos pelos estádios larvais de *Chironomus sancticaroli* e *Chironomus paragigas*.

DISCUSSÃO

O detrito orgânico, representado predominantemente por FPOM, é o item de maior importância na dieta dos insetos aquáticos. O predomínio deste recurso sobre outros, como vegetais e animais, corrobora com os resultados de outros trabalhos (Johannsson, 1980; Tavares-Cromar & Williams, 1997; Nessimian & Sanseverino, 1998, Henriques-Oliveira et al., 2003; Anjos & Takeda, 2009; Motta & Uieda, 2004).

Segundo, Bianchini-Junior (1999), a relevância das macrófitas como fonte de matéria orgânica detrital em ecossistemas lacustres tropicais é determinada pelas condições de temperatura e de disponibilidade de nutrientes. Essas plantas podem afetar a distribuição de Chironomidae modificando a natureza do sedimento de fundo, como verificado por Moore (1980). No presente estudo, a presença de alguns gêneros de Chironomidae bentônicos foi restrita à região da lagoa que apresentou macrófitas.

Analisando o hábito alimentar de dois desses gêneros, *Cryptochironomus* e *Asheum*, e daqueles que só ocorreram nessa região da Lagoa do Barbosa, mas que também estavam presentes durante a estação chuvosa na Lagoa dos Cavalos, *Tanytarsus*, *Pelomus* e *Caladomyia*, notou-se que FPOM foi o único item consumido em todo o estudo. O gênero *Campsurus*, apesar de não ter sido encontrado apenas nessa região, apresentou valores extremamente elevados de densidade nesse local, e também alimentou-se apenas de FPOM na Lagoa do Barbosa. Essas evidências sugerem uma forte correlação entre a presença dos bancos de macrófitas e o consumo de material particulado fino no sedimento, que favorece alguns táxons.

O notável potencial de suporte oferecido pelo detrito orgânico, capaz de manter uma elevada diversidade em ecossistemas aquáticos, também foi enfatizado por Moore et al. (2004). Mackey (1979) destacou a importância desse recurso basal para suportar a cadeia trófica de um rio, no qual as espécies imaturas de Chironomidae, que se alimentaram predominantemente de detritos orgânicos, eram o principal item da alimentação dos peixes naquele sistema. Similarmente, Vidotto-Magnoni & Carvalho (2009) verificaram a importância dos insetos aquáticos, em especial Chironomidae e Ephemeroptera, na alimentação de peixes em um reservatório, e também relacionaram a elevada captura e biomassa desses vertebrados na região litorânea próxima às macrófitas, onde o consumo pelos insetos era maior. Para os indivíduos de Chironomidae, Vos et al. (2001) concluíram, em testes experimentais, que o conteúdo de matéria orgânica no sedimento é um fator importante para determinar a abundância dos detritívoros, em especial para os construtores de tubos. Os indivíduos de Chironomidae, em seu estudo, mostraram clara preferência por compartimentos com matéria orgânica em abundancia, o que está relacionada ao fato desses organismos raramente abandonar o sitio escolhido após a construção do casulo. Como eles se

alimentam apenas do que está disponível próximo à abertura do casulo, a necessidade de se escolher um local que garanta um bom suprimento de comida, é essencial. A matéria orgânica disponível em maior quantidade na porção final da Lagoa do Barbosa, aliada à composição granulométrica do sedimento nessa região (ver Cap. 1) podem favorecer os grupos que constroem tubos, como a maioria dos indivíduos da subfamília Chironominae (Trivinho-Strixino, 2011), que neste estudo sobre alimentação compõem oitenta por cento dos táxons analisados.

A maior concentração de matéria orgânica no final da Lagoa do Barbosa, contudo, ainda não explica se o consumo prioritário de FPOM nessa região se dá por preferência alimentar de fato, ou se ocorre porque os organismos não foram capazes de consumir partículas maiores, visto que há a disponibilidade de ambos os tipos em todas as porções da lagoa. McLachlan et al. (1978) verificaram que, assim como qualquer outro animal, os indivíduos de Chironomidae aumentam seu tamanho corpóreo conforme seu desenvolvimento, ingerindo partículas com ampla variação de tamanho, que podem ser limitadas apenas pelo tamanho de seu aparato bucal (evidenciado pelas medidas da largura da cabeça). Assim, é esperado que indivíduos de instares mais jovens tenham uma alimentação notadamente diferente de instares mais avançados. Entretanto, a comparação alimentar para verificar se o tamanho das partículas de detritos ingeridas pelas larvas de diferentes estádios é de fato determinado por seu tamanho corpóreo, não teve efeito na análise do conteúdo de *C. paragigas*. Os indivíduos mais jovens de *C. paragigas*, apesar de terem menor tamanho corpóreo, ainda alimentaram-se de uma quantidade representativa e levemente maior de CPOM quando comparados aos indivíduos em estágio final de desenvolvimento. O tamanho incomum de *C. paragigas* pode explicar isso, visto que, mesmo os indivíduos dos estádios iniciais têm um tamanho relativamente grande, possibilitando o consumo de partículas de maior

tamanho. *Chironomus sancticaroli*, por outro lado, modificou significativamente sua alimentação entre os estádios larvais, de maneira que a diferença no tamanho de cada estágio pode ter interferido na captura do alimento, visto que os indivíduos passaram a ingerir maior quantidade de partículas grandes conforme avançaram no seu desenvolvimento. Apesar de não ter sido realizada uma comparação entre os tamanhos dos indivíduos de Chironomidae no presente estudo, é muito provável que os táxons cujos representantes são naturalmente pequenos tenham sua alimentação restrita a FPOM em razão da limitação conferida por seu aparato bucal.

Contudo, a alimentação por partículas finas pode conferir algumas vantagens para os táxons que se alimentam desse item, o que poderia explicar a maior diversidade na Lagoa do Barbosa quando comparada a da Lagoa dos Cavalos no período seco, quando a concentração de oxigênio ainda se mantinha elevada. A Lagoa do Barbosa além de apresentar maior concentração de material orgânico acumulado no sedimento, tem maior disponibilidade de material orgânico particulado fino, o que frequentemente representa um recurso de maior qualidade alimentar. O valor nutricional da matéria orgânica presente no sedimento de ecossistemas aquáticos está relacionado à biomassa bacteriana e a outros componentes associados, essenciais para os organismos detritívoros (Golladay & Sinsabaugh, 1991; Hall & Meyer, 1998). Johnson et al. (1989) destacaram em seu trabalho a importância de populações de bactérias, associadas ao sedimento orgânico, na alimentação de uma espécie de *Chironomus*. Não se pode, portanto, descartar a hipótese de que há uma seleção positiva dos organismos por FPOM.

A atividade bacteriana nos detritos orgânicos está relacionada à etapa de decomposição na qual a matéria se encontra. As fibras vegetais, representadas pelo item CPOM, não foram encontradas no conteúdo estomacal da maioria das espécies na

Lagoa do Barbosa, em especial na porção final da lagoa onde as plantas aquáticas encontram-se, o que sugere que não contribuem diretamente para a alimentação dos organismos, mesmo na cadeia de detritos. Muitos trabalhos apontam que apenas uma pequena fração das macrófitas é diretamente consumida por macroinvertebrados em função da elevada quantidade de compostos impalatáveis e de baixa digestibilidade que essas plantas apresentam (Allan, 1995; Newman, 1991; Jolivet, 1998). Nos ecossistemas aquáticos em geral, é observado um baixo consumo de fragmentos vegetais, um indicio da importância da cadeia de detritos como rota alternativa para o fluxo energético (Newman, 1991; Pomeroy, 1980). Nessas cadeias, o tamanho das partículas parece influenciar significativamente a qualidade do material orgânico, visto a elevada superfície de colonização para as bactérias em material particulado orgânico fino, em comparação com os fragmentos maiores.

As frações grosseiras, como folhas, caules e raízes senescentes, ainda em estágio inicial de colonização por bactérias e fungos, possivelmente tiveram grande importância no presente estudo através do aumento da complexidade de habitats de fundo. Estes tecidos provenientes dos bancos de macrófitas serviram de substrato para muitas algas perifiticas que, como destacado por Cummins & Klug (1979), são importantes para a alimentação dos macroinvertebrados. Essa contribuição das plantas aquáticas foi de grande relevância, visto que a alga perifitica *Spyrogira* teve boa representatividade no conteúdo de *Dicrotendipes* e *Cladopelma*, organismos que ocorreram exclusivamente na porção dominada por macrófitas, mas que diferentemente dos demais, mostraram ter uma forte preferência por essas algas, em detrimento de FPOM. Silva et al. (2008), verificaram em seu estudo que *Cladopelma* foi o único gênero que não se alimentou predominantemente por detritos, mas sim por algas, mais um indicio de que o táxon apresenta afinidade por este item. A abundância de *Spirogyra* e de outras algas que

provavelmente possuem o hábito perifítico, como as diatomáceas, na porção final da lagoa, foram confirmadas pela elevada proporção encontrada no conteúdo de outros táxons.

Em um levantamento do gênero *Chironomus*, realizado por Correia & Trivinho-Strixino (2005), exemplares dos imaturos das espécies *Chironomus columbienses* e *Chironomus strenzkei*, que aqui compõem *Chironomus* spp., ocorreram em locais com acúmulo de algas, muitas encontradas associadas ao perifíton de macrófitas (*Eleocharis* sp, *Myriophyllum* sp.) e às folhas depositadas no fundo de reservatórios. Isso pode ser um indicativo de que estas espécies também podem possuir grande afinidade por essa microflora, motivo pelo qual se alimentaram grandemente desse recurso e apresentaram maior densidade na região de macrófitas.

A presença de CPOM predominantemente na alimentação dos organismos residentes na Lagoa dos Cavalos, possivelmente tem sua origem das gramíneas que dominam o ecossistema terrestre marginal, como *Echinochloa polystachia*, e mostraram ter grande importância para a dominância de *C. paragigas* nesse ambiente. Apesar de se alimentar, em média, de maiores quantidade de FPOM, a relação entre matéria fina e matéria grossa parece seguir a proporção da disponibilidade no ambiente, não havendo claramente uma seleção por FPOM. Galizzi et al. (2012) verificaram que, apesar de se alimentarem predominantemente de material amorfo, o material particulado grosso, correspondente a tecidos vegetais, também faz parte da dieta de *Chironomus*, e classificaram-no como um fragmentador facultativo em ambientes lóticos, como proposto por Callisto et al. (2007). No entanto, *C. paragigas*, diferentemente das demais espécies do mesmo gênero encontradas neste estudo, alimentou-se exclusivamente de matéria orgânica em todos os locais onde ocorreu, mostrando que embora não mostre seletividade pelo tamanho da partícula, este recurso é priorizado em sua alimentação.

Na estação chuvosa, CPOM não foi encontrado no conteúdo estomacal de nenhum táxon, incluindo *C. paragigas* e *Chironomus* spp., o que pode indicar que a proporção deste recurso diminuiu durante este período ao passo que a disponibilidade do material fino sedimentado na lagoa aumentou, possivelmente em função da conexão. Outros grupos detritívoros que parecem depender mais das frações finas de matéria orgânica, foram favorecidos, restringindo a dominância de *C. paragigas* (ver Cap. 1). A ausência de *C. paragigas* na região próxima às macrófitas na Lagoa do Barbosa, onde todos os organismos se alimentaram de FPOM, também reforça essa interação negativa entre as populações. Silva et al. (2008) também verificaram que o aporte de matéria orgânica alóctone pode alterar o substrato e consequentemente afetar a qualidade dos recursos alimentares disponíveis.

Pouca informação a respeito dos hábitos alimentares de Ephemeroptera em ambientes lênticos está disponível na literatura, grande parte se concentra em ambientes lóticos em função da maior diversidade do grupo nesses ambientes. Nesses locais, o detrito orgânico e as algas perifíticas destacam-se na alimentação desses organismos (López-Rodríguez et al., 2008; Mcfertty & Bae, 1992; Hawkins, 1985; Belo & Cabrera, 2001; Carvalho & Uieda, 2009). No presente estudo, *Campsurus* apresentou seletividade sobre seu alimento e nítida preferência sobre as partículas finas de material orgânico. O grande porte das ninfas de *Campsurus* e aparelho bucal bem desenvolvido permitiriam a ingestão de fragmentos maiores de detritos em quantidade significativa, mas isso não foi observado. Mesmo com a elevada disponibilidade de CPOM na lagoa dos Cavalos durante o período seco, evidenciada pela alimentação de *Chironomus*, esse recurso quase não foi encontrado em seu conteúdo, podendo até mesmo ser considerado acidental. Baptista et al. (2006), chamam atenção para a complexidade morfológica do aparato bucal de Ephemeroptera, que os torna capazes de selecionar com mais eficácia

seu alimento. Esse método efetivo de seleção alimentar conferiu grande vantagem ao grupo na Lagoa do Barbosa onde o recurso é excedente, especialmente na região próxima aos bancos de macrófitas. Em razão dessa preferência, na Lagoa do Barbosa, o gênero alimentou-se exclusivamente de FPOM, diferente do que foi verificado na alimentação de *Campsurus* na Lagoa dos Cavalos, onde algumas algas e CPOM foram observadas em seu conteúdo.

As larvas de Tanypodinae são comumente classificadas como carnívoras, mas poucas se alimentam estritamente de tecido animal (Roback, 1968). No presente estudo, foram examinados os conteúdos de três gêneros pertencentes a esta subfamília, *Tanypus*, *Coelotanypus* e *Ablabesmyia*. De fato, foram os únicos a apresentar partes animais em seu conteúdo alimentar, como apontado por outros trabalhos (Silva et al., 2008; Galizzi et al., 2012; Baker & Mclachlan, 1979). *Ablabesmyia*, e principalmente *Tanypus*, foram os gêneros que exploraram o maior número de itens alimentares, relacionado à extrema plasticidade do grupo. *Tanypus* não sofreu limitações com relação à alimentação, sendo o único gênero de Chironomidae capaz de se manter nos dois ambientes e em ambas a estações. A concentração do item animal no conteúdo desses Tanypodinae parece alcançar um pico na porção central da lagoa, onde o principal item animal consumido foi Cladocera. *Ablabesmyia*, entretanto, baseou sua alimentação em uma maior proporção de FPOM, como verificado por Henriques-Oliveira et al. (2003).

Uma peculiaridade na forma de obtenção de alimento por este grupo pode ter subestimado a importância do item animal em sua dieta. Como destacado por Morgan (1949), as larvas de Tanypodinae tem o hábito de sugar o conteúdo de suas presas, o que não pode ser detectado na análise de conteúdo estomacal, já que os tecidos cuticulares não estarão presentes. Baker & Mclachlan (1979) destacam que a matéria

orgânica fina, muitas vezes presente em seus tubos digestivos, pode ser oriunda do conteúdo alimentar de suas presas. Esses autores, por meio de experimentos de alimentação, verificaram a preferência alimentar por Oligochaeta, em detrimento de qualquer outro item. Apesar de no presente estudo este anelídeo não ter sido verificado no conteúdo de *Tanypus*, é possível que essa seja a explicação para a sua maior densidade nas regiões onde foi encontrado maior número de Oligochaeta. Nessas regiões ocorreu também um pico na proporção de recursos de origem animal que foram consumidos, com destaque para os microcrustáceos pertencentes ao grupo Cladocera.

Conforme verificado por Roque et al. (2003) para cadeias alimentares de riachos cuja mata ciliar estava preservada, há uma relação entre ambientes com maior disponibilidade de recursos alimentares, riqueza de espécies e maior complexidade trófica. Maior diversidade de alimentos foi explorada no período seco na lagoa do Barbosa, que pode ser atribuída especialmente ao gênero *Tanypus*. Isso confirma a maior complexidade desse ambiente quando não afetado pela anoxia do fundo, que além de causar a morte da maioria dos táxons, restringe o número de itens disponíveis ao afetar a microflora e microfauna do qual esses organismos se alimentam. Apesar de *Tanypus* apresentar grande plasticidade alimentar, sua alimentação na Lagoa dos Cavalos foi bem restrita, com grande afinidade por *Closterium*, na maior parte das vezes alimentando-se exclusivamente dessa alga. A preferência do grupo por certas algas foi destacada também por Armitage (1968) e Luferov (1956). Após a conexão com o ambiente vizinho, o que se pode notar é que esta lagoa não só apresentou um sutil aumento em sua riqueza (Cap. 1), como também um leve acréscimo na quantidade de recursos explorados, incluindo protozoários e organismos do Filo Rotifera.

Baker & Mclachlan (1979) destacaram em seu estudo realizado com um gênero de Tanypodinae, que este preferiu consumir detritos a muitos itens de origem animal, e

que esse recurso de fato favorecia o seu crescimento e sua taxa de sobrevivência mais eficazmente. Os autores atribuem isso a elevada qualidade do detrito que era oferecido. Apenas um material orgânico altamente nutritivo, com elevada biomassa de microorganimos pode compensar o consumo de proteína animal. Na Lagoa dos Cavalos, a preferência por *Closterium* em detrimento do material orgânico, consumido em baixas quantidades, sugere mais uma vez que os detritos orgânicos nesse ambiente não possuem a elevada qualidade que o detrito disponível na Lagoa do Barbosa. Assim como neste estudo, Armitage (1968) salientou que a alimentação restrita a algas, por Tanypodinae, pode indicar condições não favoráveis.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a complexidade estrutural da Lagoa do Barbosa, favorecida pela presença de macrófitas, aumentou a disponibilidade de recursos para alimentação dos insetos aquáticos, o que contribuiu para a maior diversidade encontrada nessa lagoa quando comparada a Lagoa dos Cavalos. As plantas aquáticas, diferentemente do esperado, não corresponderam a um alimento prontamente utilizado por estes organismos, tendo maior contribuição para a colonização pelo perifiton, um item importante para a dieta de alguns táxons. Contudo, possivelmente elas determinam de forma significativa um acúmulo de material orgânico na lagoa que, a longo prazo, aumenta não somente a quantidade, mas a qualidade do material orgânico depositado, favorecendo alguns grupos detritívoros que só ocorreram neste ambiente. Fatores como a anoxia do fundo da Lagoa do Barbosa e o aporte de material orgânico para a Lagoa dos Cavalos em função da conexão, foram capazes de alterar profundamente, não apenas a estrutura da comunidade, como também a alimentação daqueles que passaram por tais perturbações.

REFERÊNCIAS

Afonso, A.A. de O. 2002. Relações da fauna associada a *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth com as variáveis abióticas em lagoas laterais de diferentes graus de conexão ao rio Paranapanema (zona de desembocadura na represa de Jurumirim, SP). Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Allan, J.D. 1995. Stream ecology: structure and function of running waters. Chapman & Hall, London. 388p.

Anjos, A.F.; Takeda, A.M. 2009. Análise da dieta das larvas de 4º estádio de *Cricotopus* sp. (Diptera: Chironomidae), em diferentes substratos artificiais e fases hídricas, no trecho superior do rio Paraná. Acta Scientiarum Biological Sciences, 31: 371–377.

Armitage, P.D. 1968. Some notes on the food of the chironomid larvae of a shallow woodland lake in south Finland. Annales Zoologici Fennici, 5: 6-13.

Baker, A.S. & McLachlan, A.J. 1979. Food preferences of Tanypodinae larvae (Diptera: Chironomidae). Hydrobiologia, 62: 283–288.

Baptista, D.F.; Buss, D.F.; Nessimian, J.L.; Da-Silva, E.R.; Moraes Neto, A.H.A.; Carvalho, S.N.; Oliveira, M.A. & Andrade, L.R. 2006. Functional feeding groups of Brazilian Ephemeroptera nymphs ultrastructure of mouthparts. Annales de Limnologie, 42(2): 87-96.

Basaguren, A.; Riaño, P. & Pozo, J. 2002. Life history patterns and dietary changes of several caddisfly (Trichoptera) species in a northern Spain stream. Archives Für Hydrobiologie, 155: 23-41.

Bello, C.L. & Cabrera, M.I. 2001. Alimentación ninfal de Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) em el Cano Paso del Diablo, Venezuela, Revista de Biologia Tropical, 49(3-4): 999-1003.

Benstead, J.P. & Pringle, J.M. 2004. Deforestation alters the resource base and biomass of endemic stream insects in eastern Madagascar. Freshwater Biology, 49(4): 490-501.

Berg, H.B. 1995. Larval food and feeding behaviour. In: Armitage, P.D.; Cranston, P. S. & Pinder, L.C.V. (Eds). The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall, London, UK, p. 136-168.

Bianchini-Jr., I. 1999. Aspectos do processo de decomposição nos ecossistemas aquáticos continentais. In: Pompêo, M.L.M. (Ed.). Perspectivas da Limnologia no Brasil. São Luis: Gráfica e Editora União. p. 21-43.

Callisto, M. & Esteves, F.A. 1998. Categorização funcional dos macroinvertebrados bentônicos em quatro ecossistemas lóticos sob influência das atividades de uma mineração de bauxita na Amazônia Central (Brasil). Oecologia Brasiliensis, 5(5): 223-234.

Callisto, M.; Gonçalves Jr., J.F. & Graça, M.A.S. 2007. Leaf litter as a possible food source for chironomids (Diptera) in Brazilian and Portuguese headwater streams. Revista Brasileira de Zoologia, 24(2): 442-448

Carvalho, E.M. & Uieda, V.S. 2009. Diet of invertebrates sampled in leaf-bags incubated in a tropical headwater stream. Zoologia, 26(4): 694-704.

Cheshire, K; Boyero, L. & Pearson, R. 2005. Food webs in tropical Australian streams: shredders are not scarce. Freshwater Biology, 50: 748-769.

Correia, L.C.S. & Trivinho-Strixino, S. 1998. Macroinvertebrados da rizosfera de *Scirpus cubensis* na Lagoa do Infernão (Estação Ecológica de Jataí, SP): estrutura e função. Acta Limnologica Brasiliensia, 10: 37–47.

Correia, L.C.S. & Trivinho-Strixino, S. 2005. New records of Chironomus Meigen (Diptera, Chironomidae) in the State of São Paulo, Brazil. Revista Brasileira de Entomologia, 49(3): 430–433.

Cummins, K.W. 1973. Trophic relations of aquatic insects. Annual Review of Entomology, 18: 183-206.

Cummins, K.W. & Klug, M.J. 1979. Feeding ecology of stream invertebrates. Annual Review of Ecology and Systematics, 10: 147-172.

Davanso, R.C.S & Henry, R. 2006a. Composition and abundance of Chironomidae and Ephemeroptera larvae in a lateral lake in the mouth zone of Paranapanema River into Jurumirim Reservoir (State of São Paulo). Acta Limnologica Brasiliensia, 19: 131-142.

Davanso, R.C.S. & Henry, R. 2006b. A biodiversidade bentônica em lagoa marginal ao rio Paranapanema na zona de sua desembocadura na Represa de Jurumirim. Acta Scientiarum. Biological Sciences, 28: 347-357.

Fulan, J. A. & Henry, R. 2007a. Distribuição temporal de Odonata (Insecta) associado à *Eichhornia azurea* na Lagoa do Camargo (lateral ao Rio Paranapanema - SP). Revista Brasileira de Entomologia, 51: 224-227.

Fulan, J.A. & Henry, R. 2007b. The Odonata assemblage on *Eichhornia azurea* stands in Camargo Lake, a lateral lake on the Paranapanema River (São Paulo), after an extreme inundation episode. Acta Limnologica Brasiliensia, 18: 423-431.

Fulan, J.A. & Henry, R. 2008. Variação anual da biomassa de *Telebasis* (Odonata, Coenagrionidae), junto a *Eichhornia azurea* (sw.) Kunth, na Lagoa do Camargo (lateral ao Rio Paranapanema - São Paulo). Estudos de Biologia (UCP. Impresso), 30: 117-123.

Fulan, J.A.; Davanso, R.C.S. & Henry, R. 2011. A profundidade como fator determinante na variação anual da densidade dos macroinvertebrados associados à *Salvinia auriculata* Aublet. Revista Brasileira de Biociências (Impresso), 9: 214-219.

Galizzi, M.C.; Zilli, F. & Marchese, M. 2012. Diet and functional feeding groups of Chironomidae (Diptera) in the Middle Paraná River floodplain (Argentina). Iheringia, Série Zoologia, 102(2): 117-121.

Golladay, S.W. & Sinsabaugh, R.L. 1991: Biofilm development on leaf and wood surfaces in boreal river. Freshwater Biology, 25: 437-450.

Granado, D.C. & Henry, R. 2012. Changes in abiotic characteristics of water in the Paranapanema River and three lateral lagoons at mouth zone of the Jurumirim Reservoir during the flood period, Sao Paulo, Brazil. Latin American Journal of Aquatic Research, 40(1): 79-89.

Hall, R.O. Jr., & J.L. Meyer. 1998. The trophic significance of bacteria in a detritus-based stream food web. Ecology, 79: 1995–2012.

Hawkins, C.P. 1985. Food Habits of Species of Ephemerellid Mayflies (Ephemeroptera: Insecta) in Streams of Oregon. American Midland Naturalist, 113(2): 343-352.

Henrique-Oliveira, A.L.; Dorvillé, L.F.M & Nessimian, J.L., 2003. Distribution of Chironomidae larvae fauna (Insecta: Diptera) on different substrates in a stream at Floresta da Tijuca, RJ, Brazil. Acta Limnologica Brasiliensia, 15: 69-84.

Henry, R. 2003. Os ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos: conceitos, tipos, processos e importância. Estudo de aplicação em lagoas marginais ao rio Paranapanema na zona de sua desembocadura na represa de Jurumirim. In: Henry, R. (Eds.). Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos. São Carlos: Fundibio, Rima, p. 1-28.

Henry, R. 2005. The connectivity of the Paranapanema river with two lateral lakes in its mouth zone into the Jurumirim reservoir. Acta Limnologica Brasiliensia, 17(1): 57-69.

Johannsson, O.E. 1980. Energy dynamics of the eutropic *Chironomus plumosus* F. *Semireuctus* from the Bay of Quinte, Lake Ontario. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 37: 1254-1265.

Johnson, R.K.; Bostriim, B.; Van de Bund, W. 1989. Interactions between *Chironomus plumosus* (L.) and the microbial community in surficial sediments of a shallow, eutrophic lake. Limnology and Oceanography, 34(6): 992-1003.

Jolivet, P. 1998. Interrelationship between insects and plants. Boca Raton (FL): CRC Press. 309p.

King, J.M.; Day, J.A.; Hurley, P.R.; Henshallhoward, M.P. & Davies, B.R. 1988. Macroinvertebrate communities and environment in a southern African mountain stream. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 45: 2168-2181.

Lancaster, J.; Bradley, D.C.; Hogan, A. & Waldron, S. 2005. Intraguild omnivory in predatory stream insects. Journal of Animal Ecology, 74 (4): 619-629.

López-Rodríguez, M.J.; Tierno de Figueroa, J.M. & Alba-Tercedor, J. 2008. Life history and larval feeding of some species of Ephemeroptera and Plecoptera (Insecta) in the Sierra Nevada (Southern Iberian Peninsula). Hydrobiologia, 610: 277–295.

Luferov, V.P. 1956. Some data on the predacious behaviour of Tendipedidae larvae. Doklady Akademii nauk SSSR, 111: 366-469 (in Russian).

Mackey, A.P. 1979. Trophic dependencies of some larval Chironomidae (Díptera) and fish species in the river Thames. Hydrobiologia, 62(3): 241-247.

McCafferty, W.P. & Bae, Y.J. 1992. Filter-feeding habits of the larvae of *Anthopotamus* (Ephemeroptera: Potamanthidae). Annales de Limnologie, 28: 27–34.

McLachlan, A.J.; Brennan, A.; Wotton, R.S. 1978. Particle size and chironomid (Diptera) food in an upland river. Oikos, 31: 247-252.

Merrit, R.W. & Cumins, K.W (Eds.). 1996. An introduction to the aquatic insects of North America, 3rd ed. Kendall/Hunt Publishing. Dubuque, Iowa. 862p.

Moore, J.W. 1980. Factors influencing the composition, structure and density of a population of benthic invertebrates. Archives für Hydrobiologie 86: 202-218.

Moore, J.C.; Berlow, E.L.; Coleman, D.C. et al. 2004. Detritus, trophic dynamics and biodiversity. Ecology Letters, 7: 584–600.

Morgan, M.J. 1949. The metamorphosis and ecology of some species of Tanypodinae (Dipt ., Chironomidae). The Entomologist's Monthly Magazine, 85: 119-126.

Motta, R.L. & Uieda, V.S. 2004. Diet and trophic groups of an aquatic insect community in a tropical stream. Brazilian Journal of Biology, 64 (4): 809-817.

Motta, R.L. & Uieda, V.S. 2005. Food web structure in a tropical stream ecosystem. Austral Ecology, 30(1): 58-73

Mugnai, R.; Nessimian, J.L. & Baptista, D.F. 2010. Manual de Identificação de Macroinvertebrados Aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. 1.ed. Rio de Janeiro: Technical Book. 176p.

Nessimian, J.L. & Sanseverino, A.M. 1998. Trophic functional characterization of chironomidae larvae (Diptera: Chironomidae) in a first order stream at the mountain region of Rio de Janeiro State, Brazil. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 26: 2115-2119.

Nessimian, J.L.; Sanseverino, A.M. & Oliveira, A.L.H. 1999. Relações tróficas de larvas de Chironomidae (Diptera) e sua importância na rede alimentar em um brejo no litoral do Estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Entomologia, 43: 47-53.

Newman, R.M. 1991. Herbivory and detritivory on freshwater macrophytes by invertebrates: A review. Journal of North American Benthological Society, 10: 89-114.

Panarelli, E.A.; Casanova, S.M.C. & Henry, R. 2008. The role of resting eggs in the recovery of zooplankton community in a marginal lake of the Paranapanema River (São Paulo, Brazil), after a long drought period. Acta Limnologica Brasiliensia, 20(1): 73-88.

Pomeroy, L.R. 1980. Detritus and its role as a food source. In: Barnes, R.S.K. & Mann, K.H. (Eds.). Fundamentals of Aquatic Ecosystems. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K. p. 84-102.

R Development Core Team. 2009. A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing ISBN 3-900051-07-0, URL. Acces in: <http://www.R-project.org> 15.04.2009.

Rasmussen, J.B. 1984. Comparison of gut contents and assimilation efficiency of fourth instar larvae of two coexisting chironomids, *Chironomus riparius* Meigen and *Glyptotendipes paripes* (Edwards). Canadian Journal of Zoology, 62: 1022-1026.)

Reynaga, M.C. 2009. Hábitos alimentarios de larvas de Trichoptera (Insecta) de una cuenca subtropical. Ecologia Austral, 29(3): 207-214.

Roback, S.S. 1968. Insects associated with the sponge *Spongilla fragilis* in the Savannah River. Notulae Naturae, 412: 1-10.

Roque, F.O.; Pepinelli, M.; Fragoso, E.N.; Ferreira, W.A.; Barillari, P.R.; Yoshinaga, M.Y.; Trivinho-Strixino, S.; Verani, N.F. & Lima, M.I.S. 2003. Ecologia de macroinvertebrados, peixes e vegetação ripária de um córrego de primeira ordem em região de Cerrado do Estado de São Paulo (São Carlos, SP). In: Henry, R. (Ed.) Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos. Rima, São Carlos. 313-335.

Rosenberg, D.M.; Resh, V.H. 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. New York: Chapman & Hall. 488p.

Rosi-Marshall, E. & Wallace, B. 2002. Invertebrate food webs along a stream resource gradient. Freshwater Biology, 47: 129-141.

Sanseverino, A.M. & Nessimian, J.L. 2008. Alimentação de larvas de Chironomidae (Insecta, Diptera) na liteira submersa em um riacho de floresta da Mata Atlântica (Rio de Janeiro, Brasil). Acta Limnologica Brasiliensia, 20(1): 15-20.

Shimabukuro, E.M. & Henry, R. 2011. Controlling factors and benthic macroinvertebrate distribution in a small tropical pond, lateral to the Paranapanema River (São Paulo, Brazil). Acta Limnologica Brasiliensia, 23: 154-163.

Silva, F.L.; Ruiz, S.S.; Bochini, G.L. & Moreira D.C. 2008. Functional feeding habits of Chironomidae larvae (Insecta, Diptera) in a lotic system from Midwestern region of São Paulo State, Brazil. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 3(2): 135-141.

Silva, C.V. & Henry R., 2013 no prelo. Aquatic macroinvertebrates associated with *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth and relationships with abiotic factors in marginal lentic ecosystems (São Paulo, Brazil). Brazilian Journal of Biology, 73(1).

Stripari, N. De L. & Henry, R. 2002. The invertebrate colonization during decomposition of *Eichhornia azurea* Kunth in a lateral lake in the mouth zone of Paranapanema River into Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). Brazilian Journal of Biology, 62(2): 293-310.

Tavares-Cromar, A.F. & Williams, D.D. 1997. Dietary overlap and coexistence of chironomid larvae in a detritus-based stream. Hydrobiologia 354: 67-81.

Tokeshi, M. 1995. Life Cycles & Population Dynamics. In: Armitage, P.; Cranston, P.S. & Pinder, L.C.V. The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-Biting Midges. Cornwall, UK: Chapman & Hall. p. 3-6.

Trivinho-Strixino, S. 2011. Larvas de Chironomidae. Guia de identificação. São Carlos: EdUFSCar; 371p.

Uieda, V.S. & Motta, R.L. 2007. Trophic organization and food web structure of southeastern Brazilian streams: a review. Acta Limnologica Brasiliensia, 19(1): 15-30.

Vidotto-Magnoni, A.P. & Carvalho, E.D. 2009. Aquatic insects as the main food resource of fish the community in a Neotropical reservoir. Neotropical Ichthyology, 7: 701-708.

Vos, J. H. 2001. Feeding of detritivores in freshwater sediments. Dissertation. Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica. Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics University of Amsterdam

Vos, J.H.; Ooijevaar, M.A.G.; Postma, J.F.; Aamiraal, W. 2000. Interactions between food availability and food quality during growth of early estadio chironomid larvae. Journal of the North American Benthological Society, 19(1): 158-168.

Winterbourn, M.J. 1995. River and stream of New Zealand. In: Cushing, C.E.; Cummins, K.W. & Minshall, G.W. (Eds.), River and stream ecosystems. Elsevier Science, Amsterdam, 817p.

Zerlin, R.A. 2011. Variação Temporal Dos Macroinvertebrados Bentônicos Em Lagoa Marginal Ao Rio Paranapanema – SP. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerações Finais

As macrófitas aquáticas, através de diversos processos que modificam o ambiente ao seu redor, favorecem os organismos os quais direta ou indiretamente dependem dela. Contudo, a sua contribuição para a alimentação dos organismos bentônicos não parece ter uma relação direta. Ao que tudo indica, elas não são prontamente consumidas na cadeia de detritos após sua senescência. Mas tampouco deixam de representar as principais fontes de energia basal em ambientes com abundantes estandes.

O presente trabalho mostrou que, apesar do caráter oportunista de muitos grupos, o que melhor descreve os hábitos alimentares desses organismos é a "onivoria seletiva", como proposto por Hutchinson (1981). O que sustentou a elevada densidade e riqueza da comunidade foi a disponibilidade de material orgânico fino, o que possivelmente está relacionado ao melhor aproveitamento nutricional pelos organismos bentônicos detritívoros, visto que a decomposição prévia por ricas colônias de fungos e bactérias aumentam a qualidade do material orgânico. Além de se tornar um composto altamente nutritivo, o menor tamanho das partículas em estagio avançado de decomposição favorece os organismos de menor tamanho que são, morfologicamente, incapazes de ingerir partículas de tamanho muito grande. A participação predominante de algas na alimentação de alguns grupos também representa um indicio de que há seleção desses táxons pelo alimento, e reforça a importância das plantas aquáticas como formadoras de substratos colonizáveis tanto para os organismos quanto para o perifíton dos quais se alimentam. Por outro lado, a ausência dessa importante fonte de material orgânico em ambientes lacustres, pode levar a uma homogeneização dos habitats e favorecer o desenvolvimento de grupos capazes de se alimentar do material orgânico disponível, de baixa quantidade ou qualidade.

Considerações Finais

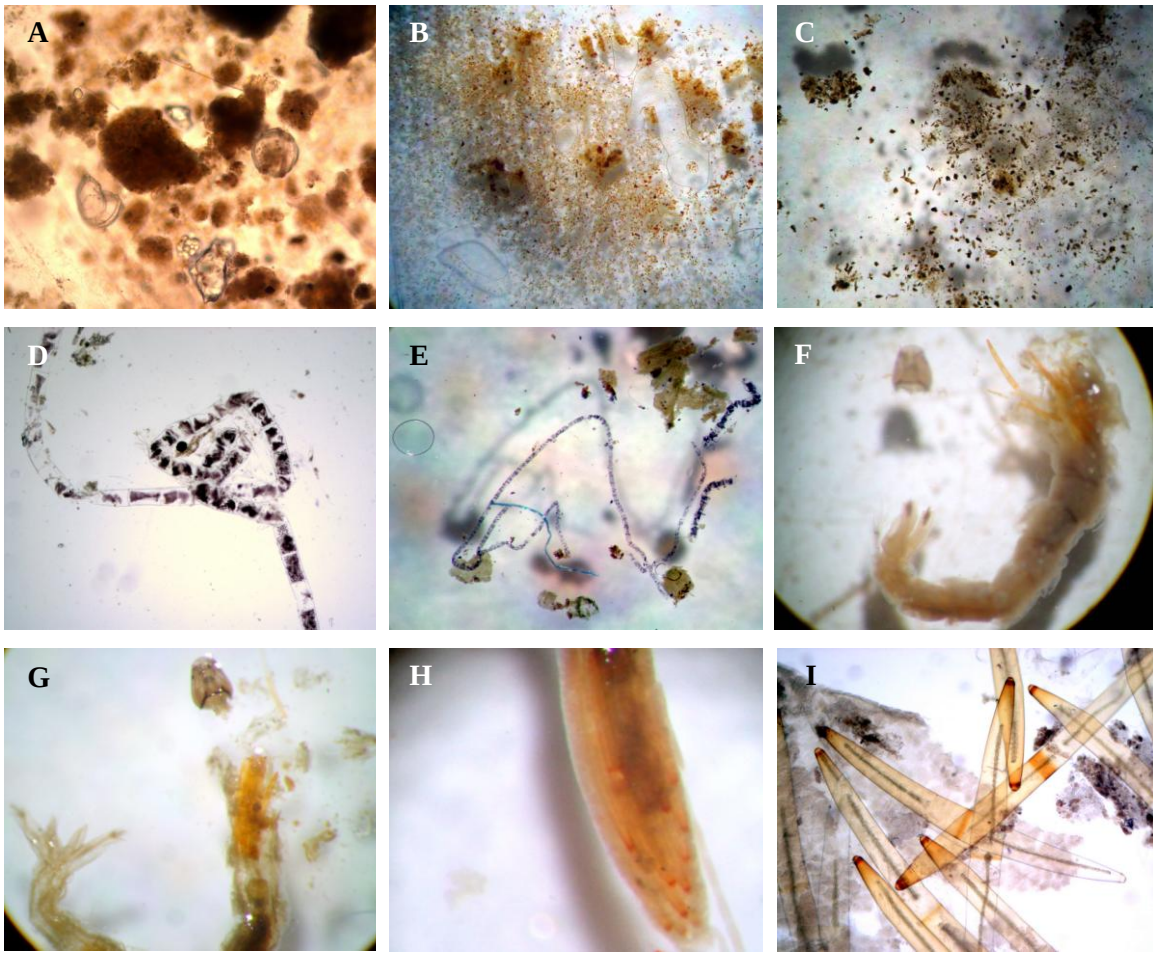
É importante destacar, contudo, que a disponibilidade de recursos alimentares não é o único fator controlador das comunidades aquáticas. A composição, abundância e distribuição dos organismos bentônicos em ecossistemas aquáticos lênticos são determinadas por um conjunto de fatores físicos, químicos, e biológicos que agem simultaneamente, a exemplo do que foi observado no presente trabalho. O período chuvoso determinou a conexão da lagoa sem macrófitas com outra lagoa lateral, criando uma condição de maior riqueza e menor dominância de táxons nesse local, enquanto a presença das macrófitas na outra lagoa foi responsável pelas baixíssimas concentrações de oxigênio, o que teve um efeito deletério sobre muitos organismos, nesse período. Cada uma dessas variáveis quando combinadas, além de revelarem diferentes efeitos sobre a fauna local, reafirmam a complexidade desses sistemas.

REFERÊNCIA

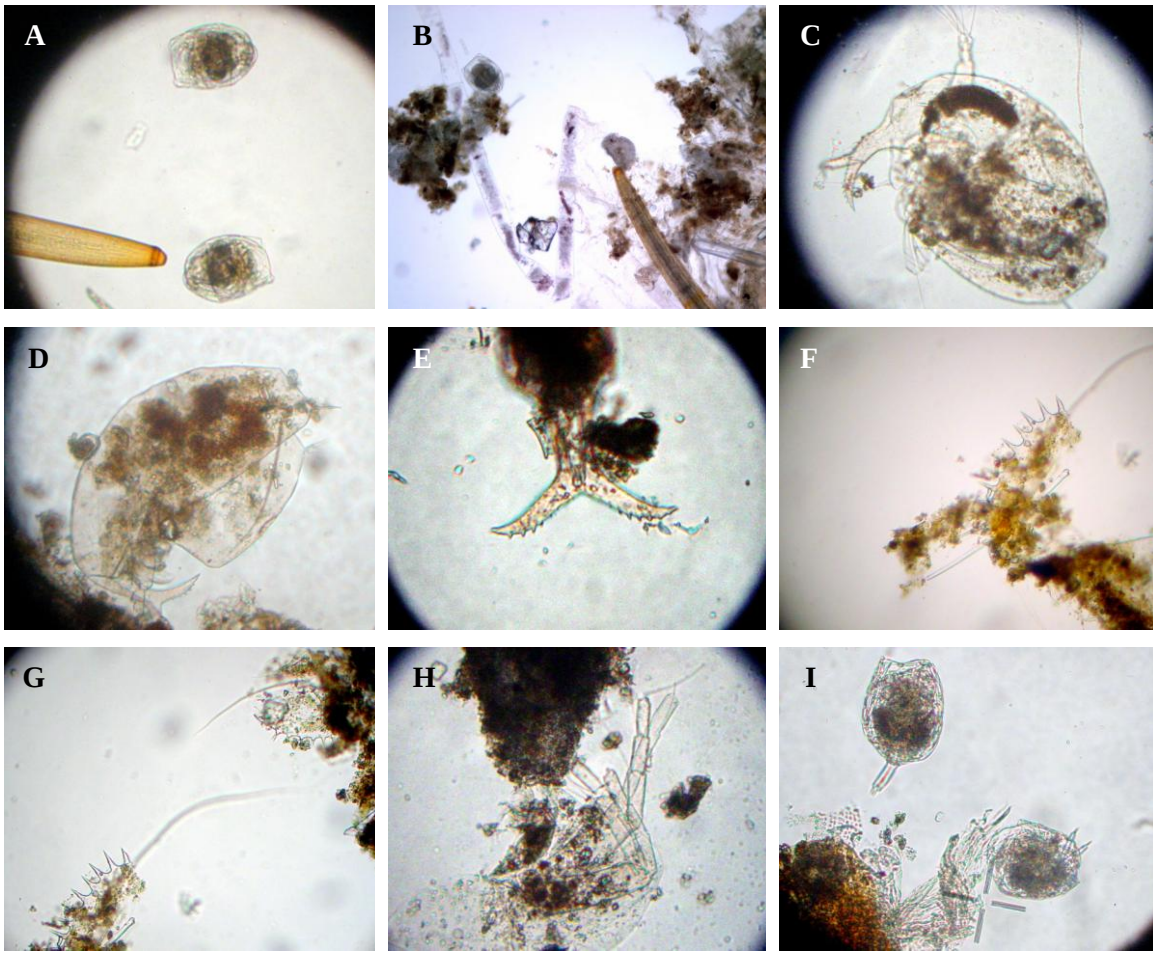
Hutchinson, G. E. 1981. Thoughts on aquatic insects. BioScience, 31: 495-500.

ANEXOS

Área de Estudo e amostragens. (Período seco: A-G; Período chuvoso: H-O). Lagoa dos Cavalos (A; B); Garrafa de Van Dorn (C); Pegador de Van Veen (D); Rede de malha 250µm (E); Lagoa do Barbosa – Compartimento das macrófitas (F-J); Lagoa do Barbosa – Compartimento sem macrófitas (K); Câmaras de sedimentação (L); Flutuador com câmaras de sedimentação (M); Lagoa dos Cavalos (N); Conexão da Lagoa dos Cavalos (O).



Conteúdo estomacal. FPOM e *Peridinium* sp., em *Campsurus* sp. (A); FPOM, em Chironomini (B); CPOM, em *Chironomus paragigas* (C); *Spirogyra* sp., em *Dicrotendipes* sp. (D); *Spirogyra* sp., em *Cladopelma* sp. (E); *Closterium* sp., em *Tanypus* sp. (F-I).



Conteúdo estomacal (continuação). Rotifera (*Lecane* sp.) e *Closterium* sp., em *Ablabesmiya* sp. (A); FPOM, *Closterium* sp., Rotífera e Diatomáceas, em *Tanypus* sp. (B); Cladocera e fragmentos de carapaças, em Tanypodinae (C-G); Fragmento de Hydracarina, em *Tanypus* sp. (H); Rotifera, em Tanypodinae (I).