



Universidade Estadual Paulista – UNESP
Instituto de Biociências de Botucatu
Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas –
Zoologia



Comunidade dormente e ativa de Cladocera em habitats da zona litorânea de lagoas marginais

Luana Daré

Botucatu- SP

2019



Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Biociências – Campus Botucatu
**Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas – Área de
Concentração: Zoologia**

Luana Daré

**Comunidade dormente e ativa de Cladocera em
habitats da zona litorânea de lagoas marginais**

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

Orientador: Prof. Dr. Raoul Henry

Coorientador: Dr. Jorge Laço Portinho

Botucatu, 2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÊC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Daré, Luana.

Comunidade dormente e ativa de Cladocera em habitats da
zona litorânea de lagoas marginais / Luana Daré. -
Botucatu, 2019

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de
Botucatu

Orientador: Raoul Henry

Coorientador: Jorge Laço Portinho

Capes: 20502001

1. Zooplâncton. 2. Distribuição espacial da população.
3. Macrófitas. 4. Sedimentos. 5. Cladóceras - Ovos.

Palavras-chave: distribuição espacial; macrófitas; ovos de
resistência; sedimento; zooplâncton.

“Imagine que não há paraíso, é fácil se você tentar
Nenhum inferno abaixo de nós, sobre nós somente o céu
Imagine todas as pessoas vivendo para hoje
Imagine que não há países, não é difícil de fazer
Nada para matar ou morrer, e nenhuma religião também
Imagine todas as pessoas, vivendo a vida em paz
Imagine sem posses, não há necessidade de ganância ou fome
Uma irmandade entre os homens
Imagine todas as pessoas, compartilhando todo o mundo
Você pode dizer que sou um sonhador, mas eu não sou o único
Eu espero que um dia todos sejam, e o mundo viverá como um”

imagine

John Lennon

Agradecimentos

Ao Prof. Raoul pela confiança depositada em meu trabalho ao longo desses anos. Pelo conhecimento compartilhado, pelo apoio intenso em todas as coletas, e pela oportunidade de também participar de um trabalho de extensão tão especial como do Bom Retiro, que enormemente contribui com minha experiência didática. Obrigada pela oportunidade.

Ao Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira, por toda a convivência, colaboração e por sempre compartilhar seu conhecimento tão prontamente.

Ao Dr. Jorge Portinho, pela amizade, incentivo, todas as conversas e sugestões.

Ao professor Dr. Felipe Amorim, por colaborar para que a minha relação com a estatística se tornasse tão amigável.

A professora Dra. Luzia Trinca pela colaboração com os modelos estatísticos (GLMM).

Aos Professores Dr. Reinaldo Castro e Dr. Gilmar Neves, pela amizade e colaboração.

A Dra. Maria Carolina, que desde de minha chegada ao laboratório me acolheu de braços abertos, me ensinou muitas coisas, e me orientou. Obrigada pela amizade! Obrigada por tudo!

A Ana Maria (Matinho) por horas infindáveis de parceria na microscopia (inclusive ler um livro para mim!), na escrita, no café, nas conversas, risadas. Obrigada pela parceria! Obrigada pela amizade!

Ao Danilo, Carol e Jorge pela ajuda nas identificações. E ao Danilo, também pela confecção do mapa.

A todos os amigos de laboratório, Carol, Matinho, Dani, Barbara, Paula, Valter, Ana Liz, Juliana, Maria Inês, Jorge, Michael, Eduardo, Marco, Danilo, vocês são ímpares, cada um de vocês fez esses anos serem espetaculares!

A Dona Maria por cuidar tão bem do nosso espaço de trabalho, por sempre tomar um cafezinho comigo, me dar guloseimas e levar alegria por onde passa!

Ao Miguel e Joaquim pela ajuda nas coletas, e pelas refeições saborosíssimas.

A todos os técnicos do IBB, em especial Hamilton, Flávio, Sílvio e Carol, sempre dispostos a solucionar pequenos imprevistos. As secretárias Ju e Roseli, sempre tão solícitas e eficientes.

A todos os funcionários da Seção de Pós-Graduação, em especial ao Davi que sempre me atendeu prontamente.

Ao departamento de botânica, por sempre auxiliar quando precisei, sendo em ceder espaço, ajuda, pó de café ou boas prosas.

Meus pais, Isaias e Lucia, e meus irmãos Tati, Hugo e Diego, que fazem parte da minha educação. A minhas tias Dri e Lica, que me enchem de mimos. E principalmente a minha querida vizinha Noemia, que sempre me ajudou e incentivou a ser uma boa profissional. Sei que todos vocês vibram a cada conquista, e oram por mim a cada desafio.

Ao meu companheiro de vida Charles, por todos esses longos anos de parceria, confiança, força, por ser um entusiasta de horas de monólogo científico. Você caminhou comigo cada pedacinho desse chão.

As minhas queridas amigas de graduação Laís e Andréia, que vêm me acompanhando nessa jornada, vocês são demais! Obrigada por tudo!

A Samantha, por todos os cafés, conversas, conselhos, reflexões e risadas.

A todos meus amigos de além da universidade, vocês fazem parte dessa história.

Ao CNPQ, pelo investimento nessa pesquisa, através da concessão da Bolsa de estudos.

Sumário

Introdução Geral	1
Referências	5
Comunidade dormente e ativa de Cladocera em habitats da zona litorânea de lagoas marginais	
Resumo	10
Abstract	11
Introdução	12
Objetivos e hipóteses	13
Materiais e Métodos	14
Resultados	20
Discussão	31
Conclusões	34
Referências	35
Anexos	40

Introdução Geral

Cladocera, um dos principais grupos componentes do zooplâncton de águas continentais, é constituído por organismos diminutos, com elevada ocorrência em lagoas marginais (Panarelli et al., 2008; Ferrareze & Nogueira, 2011), podendo ser encontrados na coluna d'água, no sedimento ou nas macrófitas (Battauz et al., 2017). São organismos que compõem parte do elo entre os produtores primários e os níveis superiores da cadeia alimentar, transferindo a energia proveniente da luz, fixada pelo fitoplâncton, para os consumidores de maior porte (Sarma et al., 2005; Panarelli et al., 2010).

Sua reprodução é partenogenética. O nascimento de machos é observado apenas em períodos de condições ambientais desfavoráveis à vida (como temperaturas extremas da água, superpopulação e presença de predador), ocorrendo então a reprodução sexuada (Santangelo, 2009; Gyllstrom & Hansson, 2004; Brooks & Dodson, 1965; Iglesias et al., 2007). Na reprodução sexuada são gerados ovos de resistência, que podem permanecer no ambiente por longos períodos, aguardando o retorno de boas condições ambientais para então eclodir (Brock et al., 2003). Quando liberados pela fêmea, esses ovos podem se dispersar pela coluna d'água, ficar alojados no sedimento ou aderidos às macrófitas (Brendonck & De Meester, 2003; Battauz et al., 2017). Algumas espécies de Cladocera podem depositar seus ovos nas macrófitas, fixando-os à planta através de uma substância chamada de “cimento”, de constituição não conhecida (Fryer, 1972). A fêmea libera tal substância através do ânus, e juntamente com a parte principal de sua carapaça, fixa o ovo à planta (Fryer, 1972).

Além de oferecer proteção aos ovos, as macrófitas flutuantes favorecem a dispersão das espécies em períodos de cheia, quando há o deslocamento de plantas aquáticas de lagoas marginais conectadas, em direção ao rio (Battauz et al., 2017).

A dormência dos ovos favorece a sobrevivência, e consequentemente contribui para a manutenção da diversidade genética da comunidade (Hairston et al., 1995; Hairston, 1996; Brock et al., 2003; Panarelli et al., 2008).

A composição da comunidade de Cladocera tende a diferir entre os compartimentos de uma lagoa (Mortari & Henry, 2016; Gerhard et al., 2016; Castilho-Noll et al., 2010).

Alguns fatores podem levar à formação de mosaicos com diferentes condições físicas e químicas da água, como por exemplo, variações da profundidade do ambiente aquático, das temperaturas e concentrações de oxigênio (Mortari & Henry, 2016). A disponibilidade de recursos alimentares e a presença de predadores, também são fatores que vão determinar a seleção de um habitat por uma determinada espécie (Folt & Burns, 1999, Iglesias et al., 2007).

Nos ambientes lacustres dois mosaicos são facilmente distinguíveis, a zona litorânea e pelágica (Mortari & Henry, 2016). A zona litorânea, adjacente ao ambiente terrestre, apresenta menor profundidade, maior incidência de luz e elevada produtividade, tanto pelo aporte de matéria vindo do ambiente terrestre, como pela extensa faixa de macrófitas que circundam as margens das lagoas (Henry, 2014). A zona pelágica, por sua vez, apresenta maior profundidade, podendo desenvolver estratificação térmica. Essas duas zonas podem diferir quanto à composição de espécies de Cladocera (Castilho-Noll et al., 2010). Na zona pelágica há predominância de organismos das famílias Daphniidae, Bosminidae, Sididae e Moinidae (Rocha et al., 2011). Por outro lado, espécies das famílias Chydoridae, Macrothricidae e Ilyocryptidae têm maior ocorrência na zona litorânea, pois estão tipicamente associadas a determinados substratos, como as macrófitas (Rocha et al., 2011).

A comunidade litorânea apresenta, de modo geral, maior riqueza de espécies quando comparada à comunidade pelágica (Meerhoff et al., 2007; Castilho-Noll et al., 2010). Essa diferença na distribuição horizontal das espécies também pode ocorrer com a comunidade dormente, quando a lagoa apresenta fatores que desfavorecem a dispersão, como bancos de macrófitas que impedem a ação do vento (Vandekerkhove et al., 2005).

O acúmulo de ovos ao longo do tempo forma o banco de ovos de resistência (Santangelo, 2009). Este banco de ovos pode melhor representar a riqueza de espécies de um determinado ambiente, quando comparado à comunidade ativa e, menor esforço amostral é necessário (Vandekerkhove et al., 2005). Isso porque o banco de ovos pode integrar parte da variação temporal da composição da comunidade ativa, acrescentando ao registro espécies que já estiveram ativas e que poderão retornar à coluna da água quando as condições forem novamente favoráveis. O número de espécies registrado na comunidade ativa tende a se assemelhar ao número de espécies da comunidade dormente, conforme se aumenta o número de amostragens da coluna d'água ao longo do tempo (Vandekerkhove et al., 2005; Gerhard et al., 2016). Assim, o estudo da riqueza de espécies de Cladocera de um determinado ambiente poderia ser feito através da amostragem da comunidade dormente, garantindo o mesmo registro das espécies que se obtém com as amostragens da coluna d'água (método habitual), com a vantagem de requerer menor esforço amostral (Vandekerkhove et al., 2005; Gerhard et al., 2016).

A organização das comunidades pode ser descrita pela riqueza de espécies presentes e por sua distribuição no ambiente (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008). Devido a seu curto tempo de vida, a comunidade de Cladocera apresenta rápidas mudanças na composição de espécies (Nogueira, 2001). A distribuição das espécies também pode

variar em um curto espaço, conforme a arquitetura do habitat (Debastiani-Júnior et al., 2016). Assim, o método de coleta deve considerar as escalas temporais e espaciais, buscando a melhor forma de amostragem da comunidade para cada ambiente, para uma avaliação real da fauna, registrando assim a diversidade de espécies dos ecossistemas aquáticos tropicais.

Atualmente há um maior conhecimento das espécies de Cladocera presentes na zona limnética (Rocha et al., 2011). Isso se deve ao modelo de amostragem usualmente praticado para o levantamento das espécies da comunidade zooplancônica, o qual prioriza a zona limnética dos corpos de água (Rocha et al., 2011). O número de estudos na zona litorânea é menor, e o estudo das espécies associadas às macrófitas se restringe à comunidade ativa (Debastiani-Júnior et al., 2016; Sousa et al., 2018; Elmoor-Loureiro, 2015).

Os estudos dos bancos de ovos presentes no sedimento vêm se solidificando na região tropical e subtropical (Portinho et al., 2018; Lopes et al., 2016; Santangelo et al., 2015; Iglesias et al., 2016), porém ainda é necessária uma descrição de como o banco de ovos se distribui entre os compartimentos da zona litorânea, sedimento e macrófita.

Um checklist sobre a distribuição das espécies de Cladocera de água doce do Estado de São Paulo, baseado em levantamentos anteriores de 300 corpos d'água, em 23 unidades de gerenciamento de recursos hídricos do Estado de São Paulo, evidenciou uma importante lacuna no conhecimento; a grande maioria dos estudos não abrange pequenas lagoas ricas em vegetação (Rocha et al., 2011).

Ressalta-se assim, a importância de estudos que priorizem a zona litorânea de pequenas lagoas ricas em vegetação aquática como uma importante ferramenta para se ampliar o conhecimento da diversidade de espécies zooplancônicas, e assim possibilitar melhor compreensão do funcionamento do ecossistema aquático de zonas tropicais.

REFERÊNCIAS

- BATTAUZ, Y. S.; DE PAGGI, S. B. J.; PAGGI, J. C. Macrophytes as dispersal vectors of zooplankton resting stages in a subtropical riverine floodplain. **Aquatic Ecology**, v.51, n. 2, p. 191–201, 2017.
- BRENDONCK, L. & DE MEESTER, L. Egg banks in freshwater zooplankton: evolutionary and ecological archives in the sediment. **Hydrobiologia**, v.491, p. 65-84, 2003.
- BROCK, M. A.; NIELSEN, D. L.; SHIEL, R. J.; GREEN, J. D.; LANGLEY, J. D. Drought and aquatic community resilience: the role of eggs and seeds in sediments of temporary wetlands. **Freshwater Biology**, v. 48, n.7, p. 1207–1218, 2003.
- BROOKS, L. & DODSON, I. Predation, body size and composition of the plankton. **Science**, v.50, p. 28–35, 1965.
- CASTILHO-NOLL, M. S. M.; CÂMARA, C. F.; CHICONE, M. F.; & SHIBATA, E. H.; Pelagic and littoral cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from reservoirs of the Northwest of São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 1, p. 21–30, 2010.
- DEBASTIANI-JÚNIOR, J. R.; ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A.; NOGUEIRA, M. G. Habitat architecture influencing microcrustaceans composition: a case study on freshwater Cladocera (Crustacea Branchiopoda). **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 1, p. 93–100, 2016.
- ELMOOR-LOUREIRO, L.M.A. Levantamento das espécies de Cladocera (Crustacea - Branchiopoda) associados às macrófitas de alagados e zonas marginais. In: Inventário da biota aquática com vista a conservação e utilização sustentável do bioma cerrado (Serra e vale do rio Paranã). Brasília, **Ministério do Meio Ambiente**, p. 121-150, 2007.
- FERRAREZE, M.; NOGUEIRA, M. G. Importance of lateral lagoons for the zooplankton assemblages (Cladocera and Copepoda) in a large tropical reservoir. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 522–536, 2011.
- FOLT, CL. & BURNS, CW. Biological drivers of zooplankton patchiness. **Trends in Ecology & Evolution**, v.14, p.300-305, 1999.
- FRYER, G. Observations on the ephippia of certain macrothricid cladocerans. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v.51, p.79–96, 1972.
- GERHARD, M.; IGLESIAS, C.; CLEMENTE, J. M.; GOYENOLA, G.; MEERHOFF, M.; PACHECO, J. P.; MELLO, F. T.; MAZZEO, N. What can resting egg banks tell about cladoceran diversity in a shallow subtropical lake? **Hydrobiologia**, p. 1-12, 2016.

- GYLLSTROM, M. & HANSSON, L. Dormancy in freshwater zooplankton: induction, termination and the importance of benthic-pelagic coupling. **Aquatic Sciences**. v. 66, p. 274 - 295. <https://doi.org/10.1007/s00027-004-0712-y>. 2004.
- HAIRSTON, N. G. Zooplankton egg banks as biotic reservoirs in changing environments. **Limnology and Oceanography**, v. 41, p.1087–1092, 1996.
- HAIRSTON, N.G.; VANBRUNT, R.A.; KEARNS, C.M.; ENGSTROM, D.R. Age and survivorship of diapausing eggs in a sediment egg bank. **Ecology**, v. 76, p. 1706-1711, 1995.
- HENRY, R. Represa de Jurumirim: ecologia, modelagem e aspectos sociais. **Holos Editora**, Ribeirão Preto-SP. 2014.
- IGLESIAS, C.; BONECKER, C.; BRANDÃO, L.; CRISPIM, M.C.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M.; GERHARD, M.; PORTINHO, J.L.; MAIA-BARBOSA, P.; PANARELLI, E.; SANTANGELO, J.M. Current knowledge of South American cladoceran diapause: A brief review. **International Review of Hydrobiology**, v. 101, n. 3–4, p. 91–104, 2016.
- IGLESIAS, C.; GOYENOLA, G.; MAZZEO, N.; MEERHOFF, M.; RODÓ, E.; JEPPESEN, E. Horizontal dynamics of zooplankton in subtropical Lake Blanca (Uruguay) hosting multiple zooplankton predators and aquatic plant refuges. **Hydrobiologia**, v.584(1), p.179-189. 2007.
- LOPES, P. M.; BOZELLI, R.; BINI, L.M.; SANTANGELO, J.M.; STEVEN, A.J. D. Contributions of airborne dispersal and dormant propagule recruitment to the assembly of rotifer and crustacean zooplankton communities in temporary ponds. **Freshwater Biology**, v.61, p. 658–669, 2016.
- MEERHOFF, M.; IGLESIAS, C.; TEIXEIRA-DE MELLO, F.; CLEMENTE, J. M.; JENSEN, E.; LAURIDSEN, T. L.; JEPPESEN, E. Effects of habitat complexity on community structure and predator avoidance behaviour of littoral zooplankton in temperate versus subtropical shallow lakes. **Freshwater Biology**, v. 52, n. 6, p. 1009–1021, 2007.
- MORTARI, C. R.; HENRY, R. Horizontal distribution of Cladocera in a subtropical lake marginal to a river. **Journal of Limnology**, v. 75, n. 1, p. 109–120, 2016.
- NOGUEIRA, M. G. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São

- Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 455, p. 1–18, 2001.
- PANARELLI, E.A.; CASANOVA, S.M.C.; HENRY, R. 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 Limnológica Brasiliensia**, v. 20, p.73-88, 2008.
- PANARELLI, E. A.; CASANOVA, S. M. C.; HENRY, R. Secondary production and biomass of Cladocera in marginal lakes after the recovery of their hydrologic connectivity in a river-reservoir transition zone. **Lakes and Reservoirs: Research and Management**, v. 15, n. 4, p. 319–334, 2010.
- PORTINHO, J. L.; NIELSEN, D.L.; DARÉ, L.; HENRY, R.; OLIVEIRA, R.C.; BRANCO, C.C.Z. Mixture of commercial herbicides based on 2,4-D and glyphosate mixture can suppress the emergence of zooplankton from sediments. **Chemosphere**, v. 203, 2018.
- ROCHA, O.; SANTOS-WISNIEWSKI, M.J.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Checklist of fresh-water Cladocera from São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, v.11, 2011.
- SANTANGELO, J. M. Produção, Eclosão e Implicações Ecológicas e Evolutivas dos Estágios Dormentes do Zooplâncton. **LimnoTemas**, 2009.
- SANTANGELO, J. M.; LOPES, P. M.; NASCIMENTO, M. O.; FERNANDES, A.P. C.; BARTOLE, S.; FIGUEIREDO-BARROS, M. P.; LEAL, J.J.F.; ESTEVES, F. A.; FARJALLA, V. F.; BONECKER, C. C.; BOZELLI, R. L. Community structure of resting egg banks and concordance patterns between dormant and active zooplankters in tropical lakes. **Hydrobiologia**, v. 758, n. 1, p. 183–195, 2015.
- SARMA, S. S. S.; NANDINI, S.; GULATI, R. D. Life history strategies of cladocerans: Comparisons of tropical and temperate taxa. **Hydrobiologia**, v. 542, n. 1, p. 315–333, 2005.
- SOUSA, F. D. R.; ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A.; MENDONÇA-GALVÃO, L.; PANARELLI, E.A.; ARRUDA, T. F.; FAGUNDES, B. G. Cladoceran (Crustacea : Branchiopoda) biodiversity of protected areas in a Brazilian hotspot. **Invertebrate Zoology**, v. 15, n. 3, p. 309–322, 2018.

TUNDISI, J.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnologia. **Oficina de Textos**. São Paulo. 2008.

VANDEKERKHOVE, J.; DECLERCK, S.; JEPPESEN, E.; CONDE-PORCUNA, J.M.; BRENDONCK, L.; DE MEESTER, L. Dormant propagule banks integrate spatio-temporal heterogeneity in cladoceran communities. **Oecologia**, v. 142, n. 1, p. 109–116, 2005.

**Comunidade dormente e ativa de Cladocera em
habitats da zona litorânea de lagoas marginais**

Resumo

O objetivo deste estudo foi conhecer a distribuição de Cladocera na zona litorânea de lagoas marginais, abrangendo a comunidade de forma completa, incluindo suas formas ativa e dormente, encontradas nos habitats que compõem essa região: coluna d'água, sedimento e banco de macrófitas. O estudo foi realizado em quatro lagoas marginais. Em cada lagoa foram definidas quatro estações de amostragem, em cada estação foram amostrados os três habitats, sedimento e macrófita (comunidade dormente), e coluna d'água abaixo das macrófitas (comunidade ativa). Ao investigar essa organização, observamos que a comunidade de Cladocera se distribui de forma heterogênea entre os três habitats. O banco de ovos no sedimento apresenta maior riqueza de espécies e maior número de ovos, quando comparado ao banco de ovos nas macrófitas. A comunidade ativa e os bancos de ovos apresentam elevada interação em relação à deposição e eclosão de ovos. O sedimento e a coluna d'água são os principais habitats onde as espécies se distribuem, e embora apresentem elevada similaridade entre si (táxons em comum), esses habitats isoladamente não são capazes de representar de forma completa a composição e riqueza da comunidade de Cladocera da região litorânea, pois cada um apresenta táxons de ocorrência exclusiva.

Palavras-chave: zooplâncton, ovos de resistência, distribuição espacial, macrófitas, sedimento

Abstract

The objective of this study was to know the distribution of Cladocera in littoral area of marginal lagoons, covering the community completely, including its active and dormant forms found in the habitats that make up this area: macrophytes bank, sediment and water column. The study was carried out in four marginal lakes. In each lake four sampling stations were defined, in each station the three habitats were sampled, sediment and macrophyte (dormant egg banks), and water column below the macrophytes (active community). In investigating this organization, we observed that the community of Cladocera is distributed heterogeneously among the three habitats. The egg bank in the sediment presents higher species richness and higher egg numbers when compared to egg banks in macrophytes. The active community and the egg banks present high interaction in relation to resting eggs deposition and hatching. The sediment and the water column are the main habitats where the species are distributed, and although they have a high similarity between them (common taxa), these habitats alone are not able to fully represent the composition and richness of the community of Cladocera in littoral area, since each one presents taxa of exclusive occurrence.

Keywords: zooplankton, resting eggs, spatial distribution, macrophyte, sediment

INTRODUÇÃO

Para garantir a sobrevivência da espécie, os cladóceros têm uma das mais extraordinárias ferramentas evolutivas, a produção de ovos de resistência (Hairston et al., 1995; Hairston, 1996; Brock et al., 2003). Esses ovos permanecem soterrados no sedimento ou alojados em outros substratos, como macrófitas (Battauz et al., 2017), aguardando boas condições ambientais para eclodir (Brock et al., 2003).

A comunidade de Cladocera apresenta grande variação no tempo e no espaço. Esses organismos apresentam curto período de vida, o que leva a rápidas mudanças na composição da comunidade ativa (Nogueira, 2001). Por vezes, algumas espécies que não estão presentes na comunidade ativa poderão estar presentes na forma dormente (Vandekerkhove et al., 2005).

A comunidade também varia em sua distribuição no ambiente, onde fatores abióticos, como alterações na temperatura, e bióticos, como competição e predação, vão determinar a seleção de um habitat por determinada espécie (Castilho-Noll et al., 2010; Folt & Burns, 1999; Iglesias et al., 2007).

As macrófitas são um dos principais elementos estruturadores da zona litorânea (Debastiani-Júnior et al., 2016). Suas porções submersas, como as raízes, possibilitam uma infinidade de habitats, atraindo muitas espécies, e promovendo interação entre diversos grupos de organismos, entre eles os cladóceros (Poi de Neiff, 1977; Gazulha, 2011). As macrófitas também tem importante papel no controle da riqueza de Cladocera em escala regional, podendo favorecer a dispersão das espécies (Battauz et al., 2017) ou evitar seu deslocamento (Hamilton et al., 1990). Em períodos de cheia parte dos bancos de macrófitas se desprendem e se deslocam rio abaixo, carregando os ovos de resistência de um lugar para outro, permitindo que novos sítios sejam colonizados (Battauz et al.,

2017). Mas parte do banco de plantas se mantem na lagoa, e assim evita o deslocamento da comunidade ativa (Hamilton et al., 1990).

As espécies de Cladocera que habitam a zona litorânea são amplamente favorecidas pela presença de macrófitas, encontrando ali abrigo e alimento para os organismos ativos, e alojamento para os ovos de resistência (Castilho-Noll et al., 2010).

A comunidade de Cladocera na zona litorânea pode apresentar distribuição heterogênea, na forma ativa presentes na coluna d'água entre as macrófitas, e na forma dormente, no banco de ovos presente nas macrófitas e no sedimento abaixo do banco de plantas (Brendonck & De Meester, 2003; Battauz et al., 2017). Porém, pouco ainda se conhece sobre a distribuição da comunidade de Cladocera na zona litorânea.

Assim, esse estudo teve como objetivo conhecer a organização da comunidade de Cladocera na zona litorânea, abrangendo tanto a comunidade ativa, presente na coluna d'água, como a comunidade dormente, presente no sedimento e no banco de macrófitas.

Como hipóteses deste trabalho:

- A comunidade de Cladocera se distribui de forma heterogênea entre os habitats da zona litorânea: coluna d' água, sedimento e macrófita, e por isso se faz necessário o estudo de todos os habitats que compõem essa região.
- A comunidade dormente representa melhor a composição e riqueza de espécies quando comparada à comunidade ativa, pois o banco de ovos integraria a variação de espécies que compuseram a comunidade ativa ao longo do tempo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em quatro lagoas marginais ao rio Paranapanema, na região de sua desembocadura na Represa de Jurumirim, no município de Angatuba, estado de São Paulo, Brasil. São elas, Lagoa do Barbosa (23°30'22.3"S, 48°37'45.6"W), Lagoa Poço da Pedra (23°29'30.1"S, 48°37'50.6"W), Lagoa do Camargo (23°28'84.2"S, 48°37'81.8"W), e Lagoa dos Cavalos (23°29'23.6"S, 48°37'04.4"W) (Figura 1).

Essas lagoas originaram-se de depressões laterais ao rio que foram preenchidas após a criação da represa (Henry, 2014).

Por ser local de desembocadura do rio na represa, esse ambiente apresenta menor velocidade de correnteza, devido ao grande volume de água que se acumula nessa região (Henry, 2014). Por esse mesmo motivo, a conectividade das lagoas laterais é aparentemente permanente, exceto a Lagoa dos Cavalos que se mantém isolada (Henry, 2014). Assim, a região de desembocadura do rio Paranapanema na represa de Jurumirim, e suas lagoas marginais, é classificada como uma área úmida artificial, com pulso de inundação previsível, controlado pelo volume de água contido na represa e pelo sistema operacional da usina hidroelétrica (Henry, 2014).

A profundidade média dessas lagoas é de 2,36 metros, sendo a Lagoa dos Cavalos a mais rasa (1,35 metros) e a Lagoa do Camargo a mais profunda (3,2 metros).

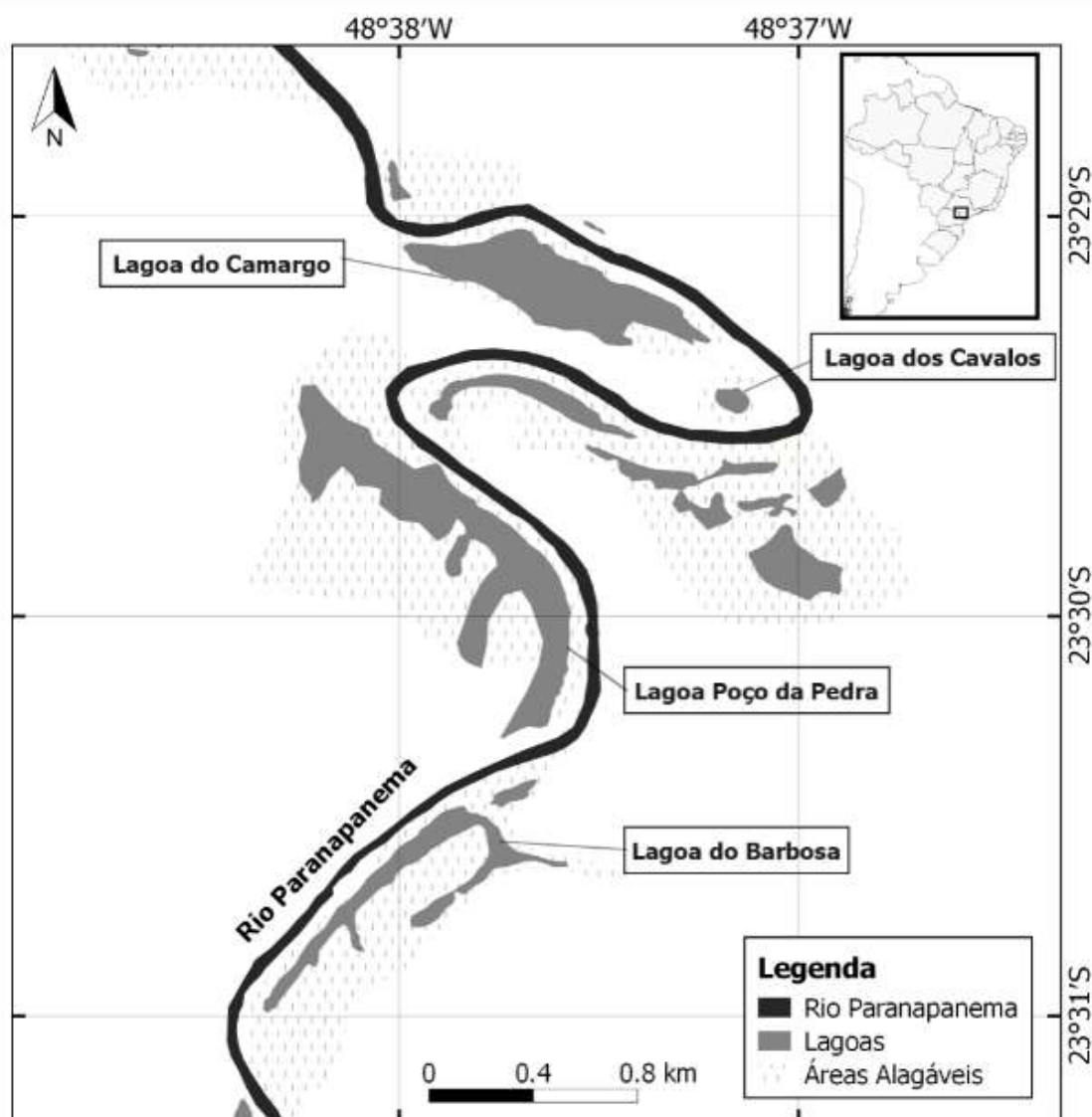


Figura 1. Localização geográfica e mapa do rio Paranapanema e das lagoas marginais, onde foi desenvolvido o estudo.

Delineamento amostral

As coletas foram realizadas nos dias 28 e 29 do mês de abril de 2017. Foram selecionadas quatro estações de amostragem ($n=4$) por lagoa ($n=4$). A espécie de macrófita selecionada foi a *Eichhornia azurea* (SW.) Kunth, comum a todas as quatro lagoas. Em cada uma das estações de amostragem os três habitats foram amostrados:

macrófitas, sedimento e coluna d'água localizada entre as macrófitas e o sedimento (Figura 2).

Foram coletadas amostras da comunidade dormente, nas raízes das macrófitas e no sedimento abaixo delas, e da comunidade ativa na coluna d'água, entre as macrófitas (Figura 2). Embora a maioria dos estudos feitos na zona litorânea realizem as coletas da coluna d'água próximo as macrófitas, nesse estudo foi realizado na coluna d'água abaixo das macrófitas, buscando caracterizar fielmente a comunidade litorânea.

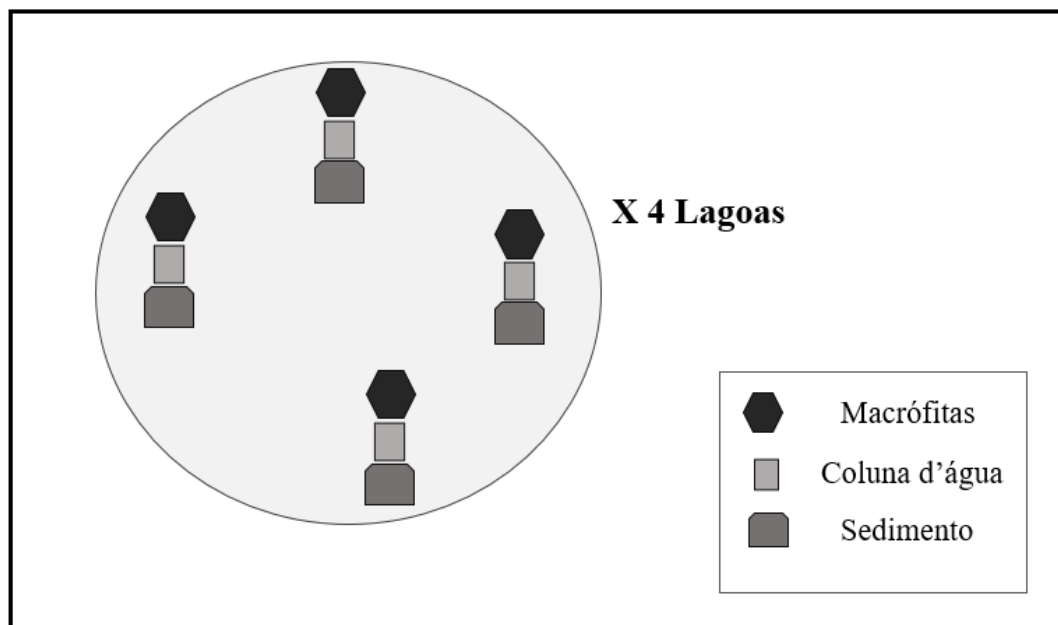


Figura 2. Ilustração do método de coleta realizado em cada uma das lagoas em estudo (n=4). Foram quatro estações de amostragem por lagoa (loais com *Eichhornia azurea*). Em cada estação foram amostrados os três habitats: macrófitas, coluna d'água e sedimento.

Amostragem dos habitats

Para a amostragem da comunidade dormente nas macrófitas foi utilizado um amostrador quadrado de 25cm x 25cm (Silva, 2015). As plantas dentro do amostrador

foram removidas e posteriormente as raízes foram secas em casa de vegetação por 45 dias, em temperatura ambiente (Santangelo et al., 2011).

Para a amostragem da comunidade dormente presente no sedimento foi utilizado um amostrador de fundo do tipo draga de Van Veen (0.06 m²). Somente os cinco centímetros superficiais do sedimento foram amostrados (fração que contém o maior número de ovos viáveis), armazenados em sacos plásticos escuros e posteriormente secos em casa de vegetação por 45 dias, em temperatura ambiente (Nielsen et al., 2007; Santangelo et al., 2011). O sedimento seco foi levemente fragmentado e peneirado em peneira de 500 µm (Nielsen et al., 2003).

Afim de induzir a eclosão dos ovos de resistência, as amostras de raízes de macrófitas (10 gramas) e de sedimento seco peneirado (50 gramas) foram incubadas (separadamente, e por estação de amostragem) em aquários (2L) contendo 1000 ml de água.

Para a incubação foi utilizado água de nascente (Jardim Botânico, Instituto de Biociências, Unesp, Botucatu) filtrada em malha de 20 µm. Antes do uso, a água foi mantida por 24 horas sob temperatura de 25°C e oxigenação. Os aquários foram mantidos em condições controladas com fotoperíodo de 12 horas claro/12 horas escuro, a uma temperatura de 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$), condições consideradas ideais para eclosão das espécies de Cladocera (Iglesias et al., 2016; Rojas et al., 2001).

As amostras foram examinadas duas vezes por semana, por um período de 28 dias, com o propósito de identificar eclosões (Vandekerkhove et al., 2005; Nielsen et al., 2007). A água de incubação foi renovada a cada avaliação.

Amostragem integrada da comunidade ativa de Cladocera foi feita através do arrasto vertical (1,5m) entre as macrófitas, com rede de plâncton de 50µm, totalizando 100 litros

filtrados. As amostras foram fixadas em formol a 4% e concentradas em volume de 100 ml. Uma subamostra de 50ml foi avaliada.

Os organismos foram quantificados e identificados sob microscópio estereoscópico (Zeiss V6) (aumento até 50x) e microscópio óptico (aumento até 1000x) (Zeiss Standard), até o menor nível taxonômico possível (Elmoor-Loureiro, 1997; Elmoor-Loureiro, 2018; Sinev & Elmoor-Loureiro, 2010; Smirnov, 1996). Cladóceros juvenis não identificáveis em nível de espécie, foram excluídos deste estudo.

Variáveis abióticas

Variáveis ambientais de cada estação de amostragem foram mensuradas, na superfície e a 75% da profundidade máxima: temperatura da água, transparência da água (disco de Secchi), oxigênio dissolvido (Golterman et al., 1978), pH (pHmetro, Mod.B-380), condutividade elétrica (condutivímetro, Mod. 2511) e turbidez, além da profundidade máxima do ponto de coleta.

Análise dos resultados

A análise dos dados envolveu o número de espécies (riqueza) e a presença e ausência de táxons (composição da comunidade) nos habitats amostrados, tanto para a comunidade dormente (eclosão de ovos de resistência) quanto para a comunidade ativa (coluna d'água). Os dados referem-se aos organismos encontrados em 100 litros para a comunidade ativa, 50 gramas de sedimento (seco) e 10 gramas de macrófitas (raízes secas) para a comunidade dormente, por amostragem.

Para comparar a riqueza de espécies de Cladocera entre os habitats, foi necessário levar em conta não apenas a variável preditora (habitat), mas também avaliar se existiria

uma possível variabilidade causada na riqueza da comunidade devido ao local de estudo, lagoas e estação de amostragem. Para isso foi criado um modelo linear misto generalizado (GLMM), com habitats como efeito fixo, e lagoas e estações de amostragem como efeitos aleatórios (Antonio & Filho, 2003; Spadafora, 2018; Bates, 2015). A significância do efeito das variáveis aleatórias foi obtida através do Teste da Razão de Verossimilhança (Spadafora, 2018). O modelo utilizou a distribuição de Poisson. Uma Análise de Variância (ANOVA-one way) e, posteriormente, o teste de Tukey foram utilizados com a finalidade de comparar com os resultados do modelo (nível de confiança de 95%). A normalidade dos dados foi verificada usando o teste de Shapiro-Wilks e a homogeneidade através do teste de Levene. Para comparar a riqueza entre a comunidade dormente e comunidade ativa foi realizado o teste *t-student*. Também foi utilizado a Análise de Variância (ANOVA-one way) para comparar a riqueza de espécies intra habitat, entre as lagoas (n=4).

Todas as análises estatísticas acima, foram realizadas utilizando o programa RStudio, versão 1.1.419– © 2009-2018 RStudio, Inc. Um nível α padrão de 0,05 foi utilizado para avaliar a significância estatística.

A análise de NMDS (Escalonamento multidimensional não-métrico), derivada de uma matriz de similaridade de Jaccard, foi usada para exibir os padrões de dissimilaridade da comunidade de Cladocera entre habitats. A mesma análise foi utilizada para avaliar a dissimilaridade de cada habitat entre as lagoas estudadas (Clarke & Warwick, 2001).

A análise One-way de similaridade (ANOSIM) foi utilizada para testar a hipótese nula de haver nenhuma diferença na composição da comunidade de Cladocera entre os habitats estudados. Essa análise também foi utilizada para testar a hipótese nula de nenhuma diferença na composição da comunidade de cada habitat, entre as lagoas em estudo (Clarke & Warwick, 2001). Todas as análises foram realizadas utilizando

PRIMER6 e PERMANOVA (software PRIMER, v.6 Primer-E Ltd, Plymouth) (Anderson et al., 2008).

A contribuição individual de cada táxon por habitat, foi feita através da frequência de ocorrência das espécies, que registra a frequência de presença de cada espécie no total de pontos amostrados (n=16).

Um diagrama de Veen Euler foi utilizado para representar a composição das espécies entre os habitats (presença e ausência), evidenciando o número de espécies com ocorrência em mais de um habitat, e o número de espécies com ocorrência em um único habitat.

RESULTADOS

Um valor médio mais elevado para oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica da água foi encontrado na Lagoa do Camargo, enquanto que o maior valor para a turbidez da água foi obtido na Lagoa Poço da Pedra (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão (SD) das variáveis ambientais coletadas nas estações de amostragem (n=4), nas quatro lagoas de estudo: Lagoa do Barbosa, Lagoa do Camargo, Lagoa dos Cavalos e Lagoa Poço da Pedra

Variáveis ambientais	Barbosa	Camargo	Cavalos	Poço da Pedra
	Média ± SD	Média ± SD	Média ± SD	Média ± SD
Profundidade (m)	1,23±0,54	2,05±0,66	0,99±0,14	1,34±0,36
Disco de Secchi (m)	0,80±0,05	0,71±0,088	0,55±0,09	0,47±0,07
Temperatura da água (°C)	21,37±0,92	22,37±0,52	19,75±0,46	20,25±0,71
Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)	4,42±0,85	6,41±0,86	5,76±0,65	5,91±0,48
pH	6,66±0,05	7,04±0,072	6,86±0,11	6,85±0,10
Condutividade (µS cm ⁻¹)	42,58±1,77	50,88±0,80	38,89±1,36	49,72±1,077
Turbidez (NTU)	9,19±0,53	7,41±1,33	16,72±1,35	23,21±11,33

Nesse estudo foram registradas 41 espécies de Cladocera, sendo 34 encontradas na coluna d'água, 23 no sedimento e quatro nas macrófitas (Tabela 2). Do total de 353 organismos eclodidos, 346 foram provenientes do banco de ovos contido no sedimento.

Além disso para a comunidade dormente, o sedimento foi o habitat que melhor representou a riqueza de Cladocera, no qual ocorreram 56% de todas as espécies encontradas nesse estudo. Do total dessa riqueza, 15% (seis táxons) foram espécies somente encontradas no sedimento (Tabela 2). Nas macrófitas, foi registrado 10% das espécies ocorrentes no estudo, com nenhuma espécie com presença exclusiva nesse habitat (Tabela 2). Na coluna d'água ocorreram 83% de todas as espécies encontradas no estudo, com 44% (18 táxons) das espécies sendo encontradas exclusivamente nesse habitat (Tabela 2).

Tabela 2. Lista de ocorrência de espécies de Cladocera por habitat na zona litorânea. Em cinza claro, espécies com ocorrência exclusiva na coluna d'água (comunidade ativa), em cinza escuro espécies com ocorrência exclusiva no sedimento (comunidade dormente). Não houve espécie com ocorrência exclusiva nas macrófitas (comunidade dormente).

Táxons	Macrófita	Coluna d'água	Sedimento
Bosminidae			
<i>Bosmina frey</i> (De Melo and Hebert, 1994)		x	
<i>Bosmina hagmanni</i> (Stingelin, 1904)		x	
<i>Bosmina tubicen</i> (Brehm, 1953)		x	
<i>Bosminopsis deitersi</i> (Richard, 1895)	x	x	x
Daphnidae			
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> (Sars, 1886)		x	x
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i> (Sars, 1886)	x	x	x
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine 1820)			x
<i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (Daday, 1902)	x	x	x
<i>Daphnia gessneri</i> (Herbst, 1967)			x
<i>Daphnia laevis</i> (Birge, 1878)			x
<i>Simocephalus latirostris</i> (Stingelin 1906)		x	x
<i>Simocephalus serrulatus</i> (Koch, 1841)		x	
Sididae			
<i>Diaphanosoma birgei</i> (Korinech, 1981)		x	x
<i>Diaphanosoma brevireme</i> (Sars, 1901)		x	x
<i>Diaphanosoma fluviatile</i> (Hansen 1899)		x	x
<i>Diaphanosoma spinulosum</i> (Herbst, 1976)		x	x
Moinidae			
<i>Moina micrura</i> (Kurz 1874)		x	
<i>Moina minuta</i> (Hansen, 1899)		x	x
<i>Moina reticulata</i> (Daday, 1905)		x	
Chydoridae			
<i>Alona dentifera</i> (Sars,1901)		x	
<i>Alona yara</i> (Sinev & Elmoor-Loureiro, 2010)		x	x
<i>Alonella dadayi</i> (Birgei, 1910)		x	x
<i>Alonella lineolata</i> (Sars,1901)			x
<i>Anthalona brandorffi</i> (Sinev & Hollwedel, 2002)		x	
<i>Anthalona verrucosa</i> (Sars,1901)		x	
<i>Chydorus eurynotus</i> (Sars,1901)		x	x
<i>Chydorus pubescens</i> (Sars,1901)		x	
<i>Coronatella monacantha</i> (Sars, 1901)		x	
<i>Coronatella poppei</i> (Richard, 1897)		x	
<i>Disparalona leptorhyncha</i> (Smirnov, 1974)		x	
<i>Flavalona asymmetrica</i> (Sousa & Elmoor-Loureiro, 2018)		x	
<i>Karualona muelleri</i> (Richard, 1897)		x	
<i>Kurzia longirostris</i> (Daday, 1898)			x
<i>Kurzia polypina</i> (Hudec, 2000)		x	
<i>Leydigia striata</i> (Berabén, 1939)	x		x
<i>Leydigiopsis megalops</i> (Sars, 1901)			x
<i>Magnospina dentifera</i> (Sars, 1901)		x	
<i>Notoalona sculpta</i> (Sars, 1901)		x	x
<i>Ovalona kaingang</i> (Sousa, 2015)		x	
Macrothricidae			
<i>Macrothrix spinosa</i> (King, 1853)		x	x
Ilyocryptidae			
<i>Ilyocryptus spinifer</i> (Herrick, 1882)		x	x
Riqueza total de espécies	4	34	23

O modelo (GLMM) mostrou que a riqueza de espécies difere de forma significativa entre os habitats: coluna d'água, sedimento e macrófita ($p < 0,001$). As variáveis lagoa ($p > 0,05$) e estação de amostragem ($p > 0,05$), não tem efeito significativo sobre a riqueza registrada em cada habitat. A figura 3 apresenta a média das estimativas do modelo para a diferença entre os habitats (variável fixa). A Análise de Variância (ANOVA-one way) ($F=36,08$; $p < 0,001$) e o teste de Tukey corroboraram as previsões do modelo.

A coluna d'água apresentou maior riqueza de espécies quando comparada com o sedimento e com as macrófitas ($p=0,01411$). Dentre a comunidade dormente, o sedimento apresentou maior riqueza de espécies (Figura 3).

Foi observado também que a riqueza de espécie dentro de cada habitat (intra habitat) não varia entre as lagoas ($p > 0,05$).

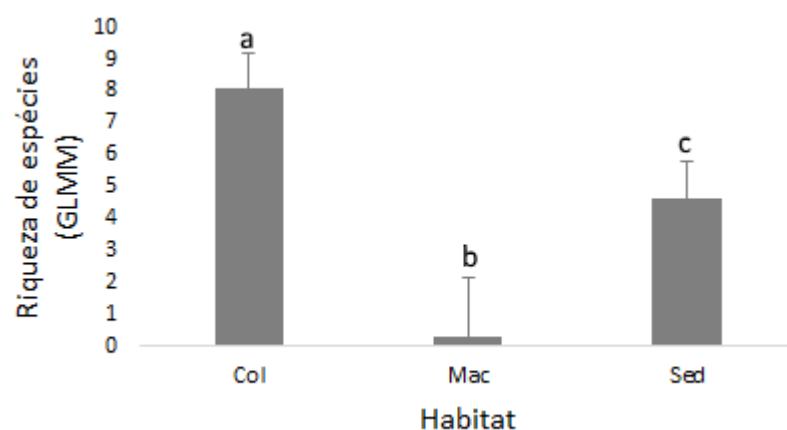


Figura 3. Riqueza de espécies de Cladocera nos habitats da zona litorânea de lagoas marginais. Média dos valores estimados pelo modelo (GLMM) e o erro padrão (desvio padrão da estimativa do modelo). Letras diferentes sinalizam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os habitats. (Col= coluna d'água; Sed= sedimento; Mac= macrófita)

A composição da comunidade de Cladocera (presença e ausência), mostrou diferenças significativas entre os habitats estudados ($R_{\text{global}} = 0,49$; $p\text{-valor} = 0,001$)

(Tabela 3). Os resultados encontrados pela NMDS corroboram as diferenças na composição de espécies entre os habitats, evidenciando que maior dissimilaridade ocorre entre a comunidade presente nas macrófitas e na coluna d'água (Figura 4). A comunidade dormente no sedimento apresenta maior similaridade com a comunidade ativa, coluna d'água.

Tabela 3. R Global e níveis de significância obtidos pela ANOSIM para a variação na composição da comunidade (presença-ausência) entre os habitats. $P < 0,05$. (Col= coluna d'água; Sed= sedimento; Mac= macrófita)

Composição da comunidade entre os habitats	
R Global	0,49
p-valor=	0,001
Pairwise Tests	
Habitats	R values
Col, Sed	0,28
Col, Mac	0,75
Sed, Mac	0,4

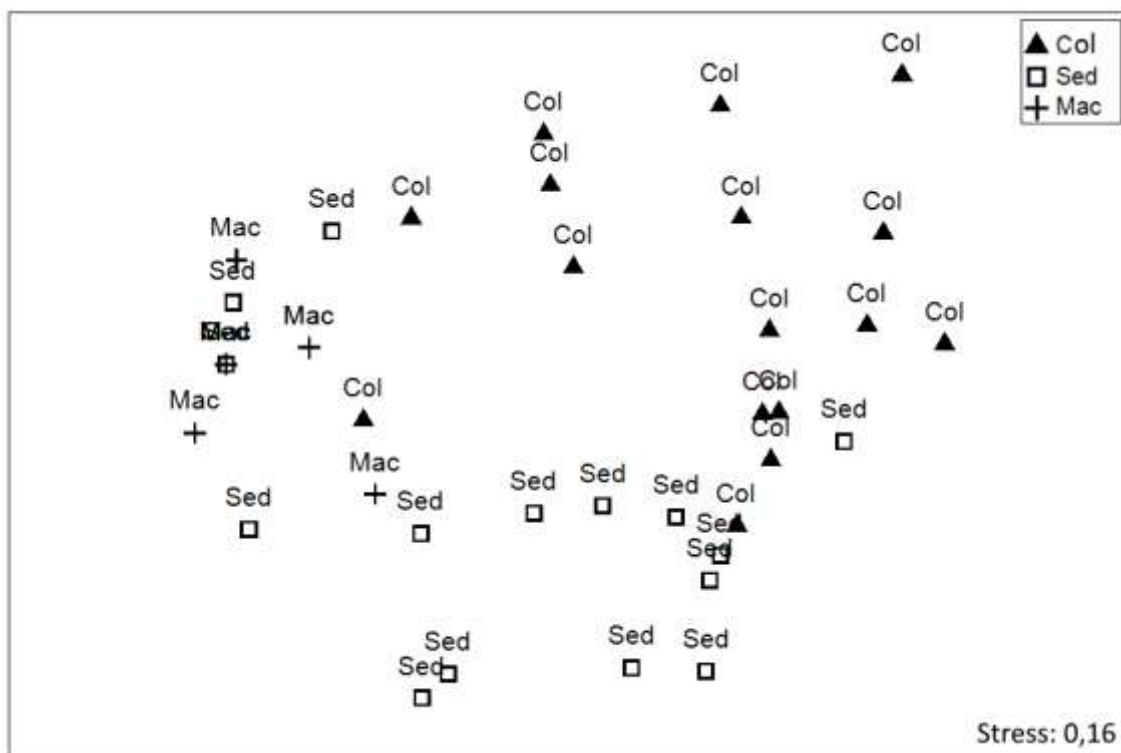


Figura 4. Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) da composição da comunidade de Cladocera entre os habitats. (Col= coluna d'água; Sed= sedimento; Mac= macrófita)

O diagrama de Veen Euler (Figura 5) ilustra as espécies com ocorrência nos três habitats (similaridade), e as espécies exclusivas de cada habitat (dissimilaridade), sendo 18 espécies com ocorrência registrada apenas na coluna da água e seis espécies com ocorrência apenas no sedimento. Na macrófita não houve ocorrência de espécie exclusiva, nesse habitat ocorreram espécies em comum com os dois outros habitats (três espécies), e uma espécie que só ocorreu na comunidade dormente (sedimento e macrófita) (Figura 5).

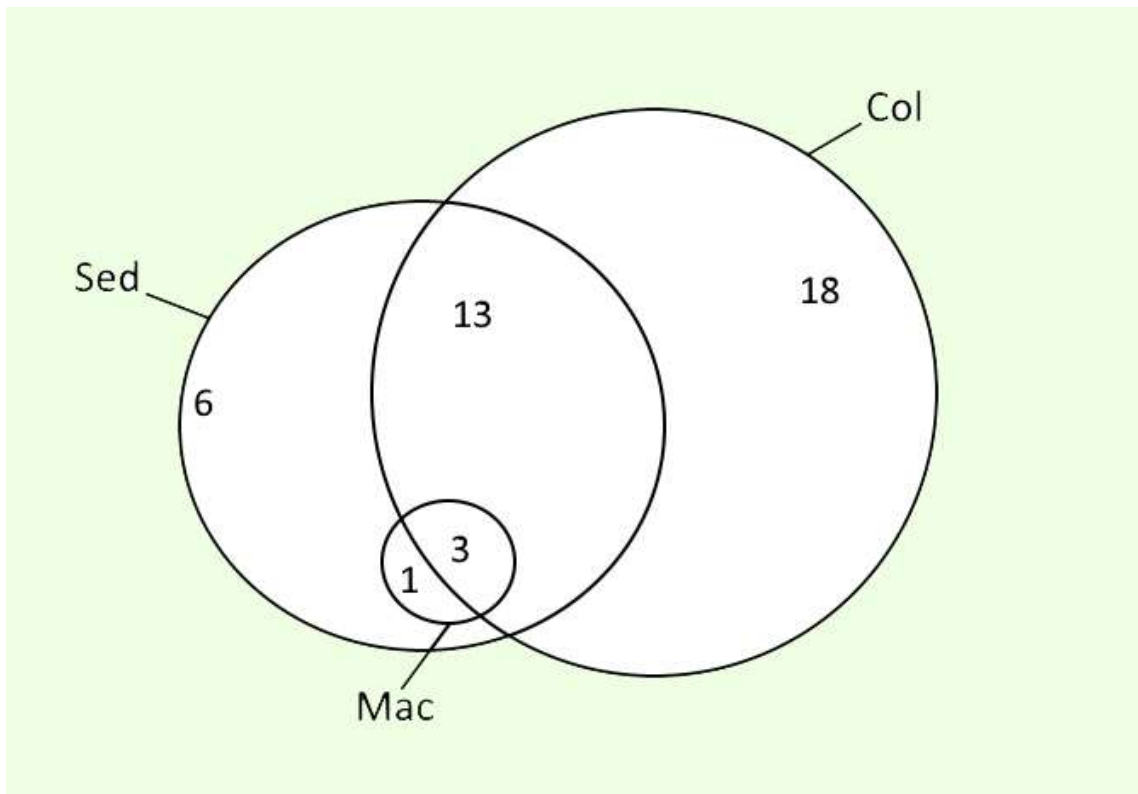


Figura 5. Diagrama de Veen Euler representando a composição (presença e ausência) de espécies nos habitats da região litorânea. (Col= coluna d'água; Sed= sedimento; Mac= macrófita)

Na macrófita houve predomínio de espécies de hábito pelágico, família Daphniidae e Bosminidae, e apenas uma espécie de hábito litorâneo, *Leydigia striata*, família Chydoridae (Figura 6).

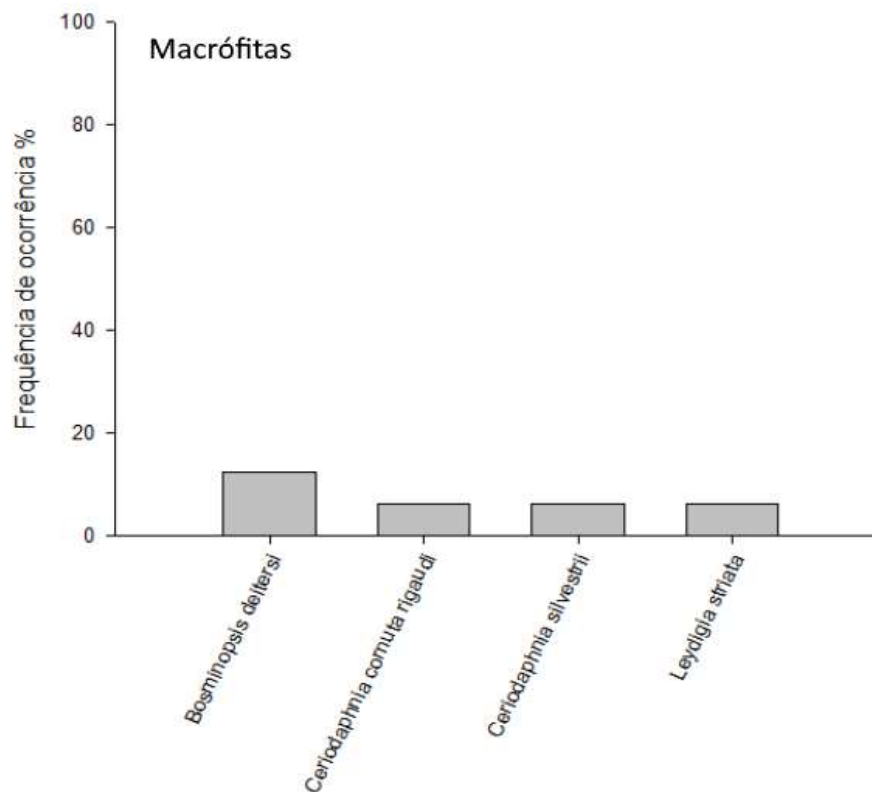


Figura 6. Frequência de ocorrência de espécies presentes no banco de ovos aderido às macrófitas, na zona litorânea de lagoas marginais.

O sedimento apresentou 13 espécies de hábito pelágico, três de ocorrência exclusiva nesse habitat, e 10 espécies de hábito litorâneo, das quais três ocorreram apenas no sedimento (Figura 7). As espécies que ocorreram exclusivamente no sedimento são pertencentes às famílias Chydoridae e Daphnidae. As espécies com maior frequência de ocorrência nas amostragens foram, *Ceriodaphnia cornuta rigaudi* e *Diaphanosoma brevireme* (Figura 7).

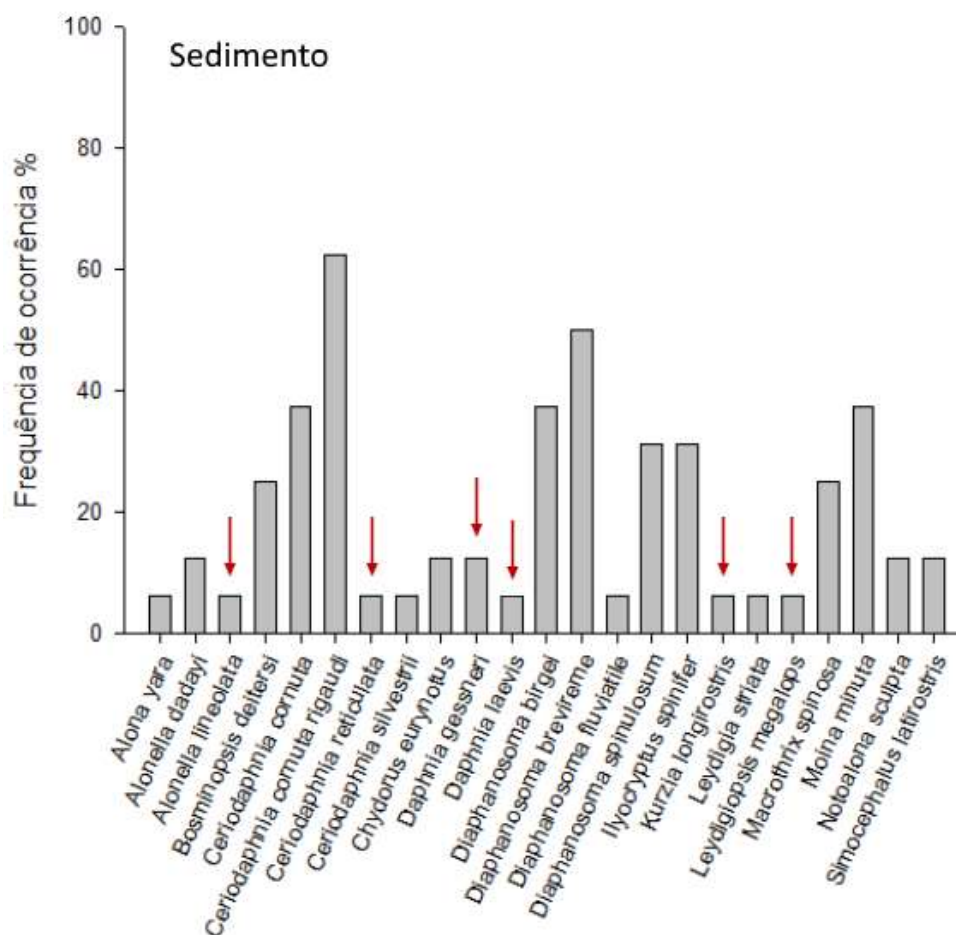


Figura 7. Frequência de ocorrência de espécies presentes no banco de ovos no sedimento, na zona litorânea de lagoas marginais. Setas indicam espécies com ocorrência exclusiva nesse habitat.

Na coluna d'água ocorreram 16 espécies de hábito pelágico, seis com ocorrência exclusiva nesse habitat, e 18 espécies de hábito litorâneo, dos quais 12 só ocorreram nesse habitat (Figura 8). Das espécies de ocorrência exclusiva na coluna d'água, houve predomínio de espécies de hábito litorâneo, sendo todas elas pertencentes à família Chydoridae (Figura 8).

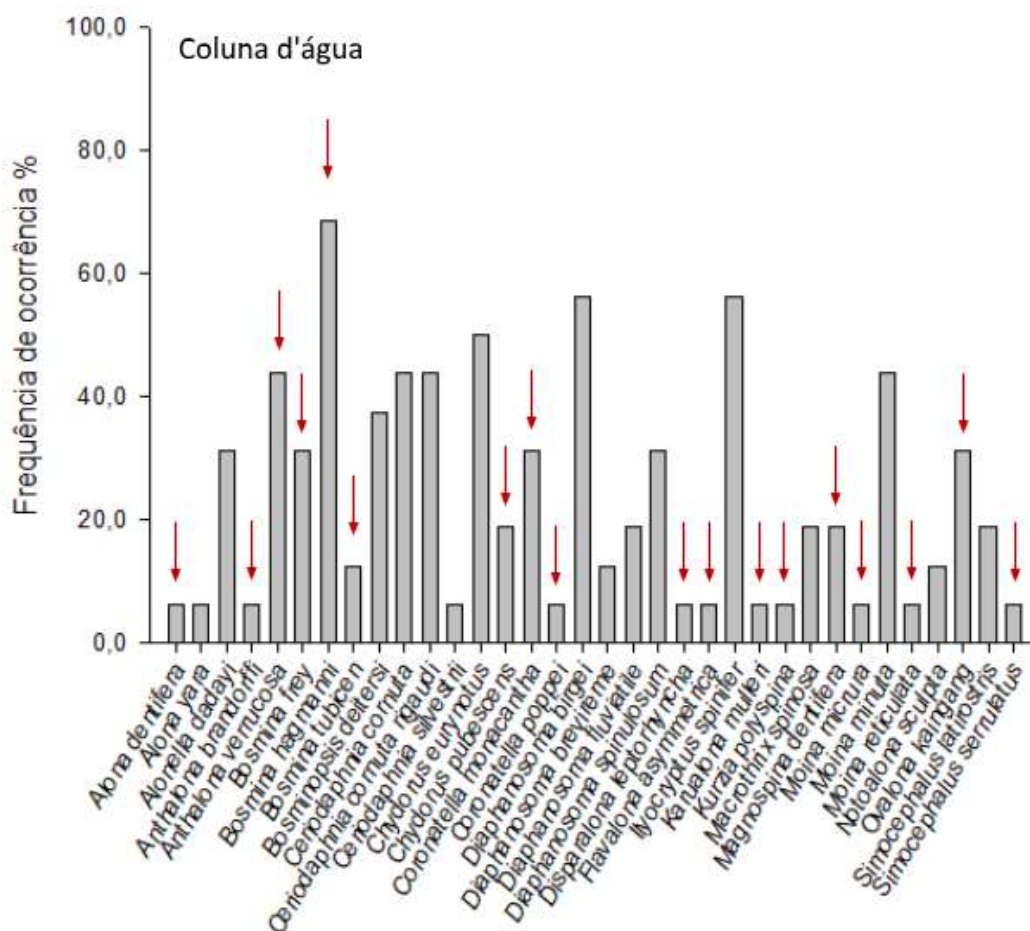


Figura 8. Frequência de ocorrência de espécies presentes na coluna d'água, na zona litorânea de lagoas marginais. Setas indicam espécies com ocorrência exclusiva nesse habitat.

Quando se compara a composição de espécies de cada habitat, entre as lagoas, verifica-se que não há diferença significativa entre as lagoas com relação à comunidade de Cladocera presente no sedimento ($R_{\text{global}} = 0,1$; $p\text{-valor} = 0,20$), e o mesmo é observado para a comunidade de Cladocera presente nas macrófitas ($R_{\text{global}} = 0,06$; $p\text{-valor} = 0,18$) (Tabela 4). Já a composição da comunidade de Cladocera presente na coluna d'água difere entre lagoas ($R_{\text{global}} = 0,44$; $p\text{-valor} = 0,001$) (Tabela 4). As maiores dissimilaridades estão entre as lagoas: Barbosa- Cavalos ($R = 0,93$) e Cavalos- Poço da Pedra ($R = 0,73$) (Tabela 4). A Lagoa do Camargo foi quem apresentou maior similaridade com as outras lagoas (Tabela 4). A NMDS corrobora as diferenças na composição da

comunidade de Cladocera presente na coluna d'água, entre as lagoas de estudo (Figura 9).

Tabela 4. R Global e níveis de significância obtidos pela ANOSIM para a variação na composição (presença-ausência) de espécies em cada habitat, entre as lagoas de estudo. (P-valor significativo quando $<0,05$). Lagoas marginais ao rio Paranapanema- SP, 2017. (BB= Lagoa do Barbosa; CM= Lagoa do Camargo; CV= Lagoa dos Cavalos; PP= Lagoa Poço da Pedra)

Sedimento		Macrófita		Coluna d'água	
R Global	0,1	R Global	0,06	R Global	0,44
p-valor	=0,20	p-valor	=0,18	p-valor	= 0,001
Pairwise Tests		Pairwise Tests		Pairwise Tests	
Lagoas	R values	Lagoas	R values	Lagoas	R values
BB, CM	0,03	BB, CM	0,17	BB, CM	0,1
BB, CV	-0,09	BB, CV	0,11	BB, CV	0,93
BB, PP	0,08	BB, PP	0,12	BB, PP	0,45
CM, CV	0,17	CM, CV	0	CM, CV	0,26
CM, PP	0,6	CM, PP	0,04	CM, PP	0,11
CV, PP	0,12	CV, PP	-0,01	CV, PP	0,73

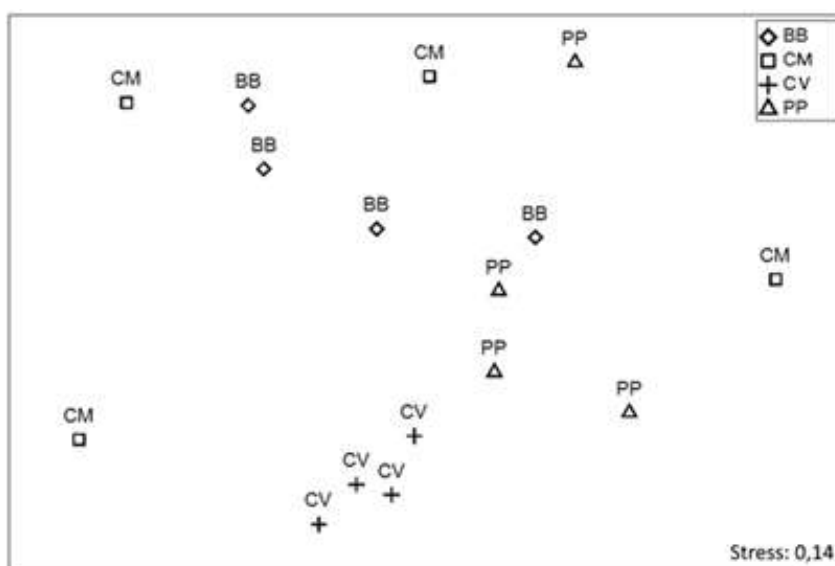


Figura 9. Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) da composição da comunidade de Cladocera na coluna d'água, entre as lagoas em estudo. Lagoas marginais

ao rio Paranapanema- SP, 2017. (BB= Lagoa do Barbosa; CM= Lagoa do Camargo; CV= Lagoa dos Cavalos; PP= Lagoa Poço da Pedra)

DISCUSSÃO

Estudos anteriores realizados nas mesmas lagoas marginais também relatam uma elevada diversidade de Cladocera litorâneos (Martins & Henry, 2004; Mortari & Henry, 2016; Nadai & Henry, 2009; Panarelli et al., 2008). Desde 1998, ano em que se iniciaram os estudos nas lagoas marginais (lagoas- Camargo, Cavalos, Barbosa, Poço da Pedra, Coqueiral e Mian) localizadas próximas a desembocadura do rio Paranapanema na represa de Jurumirim, um total de 67 espécies de Cladocera foi registrado, sendo o número médio de microcrustáceos por lagoa, de 35 espécies (Henry, 2014). O presente estudo, com dois dias intensos de coleta (e posteriores experimentos de eclosão), em quatro lagoas, revelou a presença 41 táxons, reafirmando a elevada riqueza de espécies que ocorre entre a vegetação aquática nas zonas litorâneas de pequenas lagoas.

Esse estudo sugere que a riqueza e a composição da comunidade de Cladocera na zona litorânea diferem entre os habitats: banco de macrófitas, sedimento e coluna d'água.

Esperava-se que maior riqueza de espécies fosse encontrada na comunidade dormente, já que esta integraria a variação de espécies que compuseram a comunidade ativa ao longo do tempo (Brendonck & De Meester, 2003; Vandekerkhove et al., 2005), porém não foi o que registrou esse estudo. Em contraste com a hipótese inicial, a comunidade dormente, presente no sedimento e no banco de macrófitas, apresentou menor riqueza de espécies em relação à comunidade ativa. O tamanho do banco de ovos de resistência é determinado, basicamente, pelo número de ovos que chegam e pelo número de ovos que deixam o banco. O banco de ovos aumenta com a deposição de novos ovos liberados pela fêmea, e diminui com a eclosão dos ovos, predação, doença,

soterramento ou senescência (Cáceres & Hairston, 1998). A taxa de deposição e eclosão de ovos vai diferir conforme as condições e estímulos ambientais. A zona litorânea apresenta fatores que favorecem a eclosão de ovos (De Stasio, 1990; Cáceres, 1998), por serem locais mais rasos, os ovos ali presentes podem melhor acessar os sinais para eclosão, como maior presença de luz. Além disso, o maior aporte de nutrientes nessa região pode gerar maior produção fitoplanctônica (alimento para o zooplâncton), sendo também um estímulo à eclosão (D'Abramo, 1980). Esses fatores, em conjunto com a proteção contra a predação, e proteção contra fortes ventos, fornecido pelo banco de macrófitas (Vanschoenwinkel et al., 2010), levariam a uma alta taxa de eclosão nessa região, compondo uma comunidade ativa com elevada riqueza (Wright & Shapiro, 1990).

A comunidade dormente também diferiu entre os habitats, sedimento e macrófita. O sedimento apresentou maior riqueza e maior número de eclosões. Quando comparado ao banco de macrófitas, o sedimento parece representar uma forma mais eficaz para armazenamento de embriões por longos períodos (Panarelli et al., 2008). Os ovos ali enterrados são menos expostos a estímulos ambientais, além de estarem mais protegidos de predadores visuais. Por outro lado, as macrófitas seriam eficientes para armazenamentos a curto prazo, onde os ovos podem receber os estímulos ambientais de forma direta.

A baixa ocorrência de ovos de resistência nas macrófitas (baseado no número de eclosões) sugere que a dispersão dos ovos de Cladocera através de bancos de macrófita ocorreria em baixas taxas (Battauz et al., 2017). Estudos mostram que os rotíferos são eficientemente dispersados através dos bancos de macrófitas que se desprendem em direção ao rio, podendo colonizar outras lagoas marginais (Battauz et al., 2017), porém a comunidade de Cladocera (coluna d'água) parece se beneficiar das macrófitas em outros aspectos, como evitar o deslocamento de populações em períodos de cheia, obter alimento

para organismos raspadores (famílias Chydoridae e Macrothricidae) e ter proteção contra predação (Hamilton et al., 1990; Castilho-Noll et al., 2010; Battauz et al., 2017). Mas para os ovos de resistência, o sedimento ainda parece ser a fonte principal de armazenamento de espécies e recolonização (Lopes et al., 2016), visto sua riqueza de espécies e número de ovos. Assim, podemos constatar que a coluna d'água, e o sedimento, são os principais habitats onde a comunidade de Cladocera se distribui.

A composição da comunidade (presença e ausência de táxons) de Cladocera também diferiu entre os habitats. A riqueza de espécies presentes nas macrófitas é menor do que na coluna d'água e no sedimento, gerando uma diferença na composição da comunidade entre esses dois habitats e a macrófita. O sedimento e a coluna d'água compartilham um grande número de táxons, podendo indicar alta interação entre esses habitats na zona litorânea, por meio da deposição e eclosão de ovos de resistência.

Entre as espécies com maior frequência de ocorrência estão *Bosmina hagmanni* e *Diaphanosoma birgei*, na coluna d'água, e no sedimento *Ceriodaphnia cornuta rigaudi* e *Diaphanosoma brevireme*. A elevada presença de espécies tipicamente pelágicas em zonas litorâneas pode estar relacionada à ocorrência de migração horizontal, onde esses organismos buscam a vegetação litorânea em busca de proteção contra predadores, ou (e) à turbulência da água, causada pelas chuvas (Castilho-Noll et al., 2010), ou (e) também pode estar relacionada ao fato de que para essas espécies livre natantes, o habitat não é determinante para sua distribuição (Gazulha et al., 2011). Porém o habitat tem elevada importância para a distribuição da família Chydoridae, sendo essa encontrada predominante no banco de plantas (Gazulha et al., 2011; Iglesias et al., 2007). Nesse estudo, as espécies de hábito litorâneo, com registro de ocorrência exclusiva no sedimento (três espécies) e na coluna d'água (12 espécies), são todas pertencentes a família Chydoridae.

Embora a coluna d'água e o sedimento apresentem elevada similaridade entre si (táxons em comum), nenhum desses dois habitats, isoladamente, consegue representar de forma completa a riqueza e composição da comunidade de Cladocera na zona litorânea, pois cada um, sedimento e coluna d'água, apresentaram táxons de ocorrência exclusiva.

CONCLUSÃO

Ao descrever a distribuição das espécies de Cladocera na zona litorânea, esse estudo traz algumas elucidações:

A comunidade de Cladocera se distribui de forma heterogênea entre os três principais habitats da zona litorânea: coluna d'água, sedimento e macrófita, os quais apresentam diferenças significativas entre si em relação à riqueza e composição das espécies.

O banco de ovos de resistência é mais abundante no sedimento do que nas macrófitas.

A comunidade ativa e os bancos de ovos aparentam ter elevada interação.

A comunidade de Cladocera se distribui entre dois habitats principais da zona litorânea: sedimento e coluna d'água. Estudos que abranjam esses dois habitats possivelmente contribuirão para a ampliação do conhecimento da diversidade de espécies de Cladocera tropicais.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, M.J.; GORLEY, R.N.; CLARKE, R. Permanova+ for Primer: guide to software and statistical methods, **PRIMER-E**, Plymouth, UK. 2008.
- ANTONIO, J.; FILHO, C. Nota Metodológica sobre Modelos Lineares Mistos. **Dados**, p. 32, 2003.
- BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. **Journal of Statistical Software**, v.67(1), p. 1-48 .<doi:10.18637/jss.v067.i01>.2015.
- BATTAUZ, Y. S.; DE PAGGI, S. B. J.; PAGGI, J. C. Macrophytes as dispersal vectors of zooplankton resting stages in a subtropical riverine floodplain. **Aquatic Ecology**, v.51, n. 2, p. 191–201, 2017.
- BRENDONCK, L. & DE MEESTER, L. Egg banks in freshwater zooplankton: evolutionary and ecological archives in the sediment. **Hydrobiologia**, v.491, p. 65-84, 2003.
- BROCK, M. A.; NIELSEN, D. L.; SHIEL, R. J.; GREEN, J. D.; LANGLEY, J. D. Drought and aquatic community resilience: the role of eggs and seeds in sediments of temporary wetlands. **Freshwater Biology**, v. 48, n.7, p. 1207–1218, 2003.
- CÁCERES, C. E. Interspecific variation in the abundance, production and emergence of *Daphnia* diapausing eggs. **Ecology**, v.79, p. 1699–1710, 1998.
- CÁCERES, C.E. & HAIRSTON, N.G. Benthic-pelagic coupling in planktonic crustaceans: the role of the benthos. **Archiv fur Hydrobiologie Special Issue Advances in Limnology**, v. 52, p. 163–174, 1998.
- CASTILHO-NOLL, M. S. M.; CÂMARA, C. F.; CHICONE, M. F.; & SHIBATA, E´. H.; Pelagic and littoral cladocerans (Crustacea, Anomopoda and Ctenopoda) from reservoirs of the Northwest of São Paulo State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 1, p. 21–30, 2010.

- CLARKE, K.; WARWICK, R.M. Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation. **National Environment Research Council**, Plymouth.2001.
- D'ABRAMO, L. R. Ingestion rate decrease as the stimulus for sexuality in populations of *Moina macrocopa*. **Limnology and Oceanography**, v.25, p. 422–429, 1980.
- DE STASIO, B.T. The role of dormancy and emergence patterns in the dynamics of a freshwater zooplankton community. **Limnology and Oceanography**, v.35, p. 1079–1090, 1990.
- DEBASTIANI-JÚNIOR, J. R.; ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A.; NOGUEIRA, M. G. Habitat architecture influencing microcrustaceans composition: a case study on freshwater Cladocera (Crustacea Branchiopoda). **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 1, p. 93–100, 2016.
- ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. 1997.
- ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. Cladóceros do Brasil: famílias Chydoridae e Eurycercidae. Disponível from: <https://cladocera.wordpress.com/>(Acesso Out. 2018), 2018.
- FOLT, CL. & BURNS, CW. Biological drivers of zooplankton patchiness. **Trends in Ecology & Evolution**, v.14, p.300-305, 1999.
- GAZULHA, V.; MONTÚ, M.; MOTTA-MARQUES, D.; BONECKER, C.C. Effects of natural banks of free-floating plants on zooplankton community in a shallow subtropical lake in southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.54, p.745–754, 2011.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHMSTAD, M.A.M. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. **Blackwell Scientific Publications**, Oxford. 1978.

- HAMILTON, S.; SIPPEL, S.; LEWIS, W.M.; SAUNDERS, J.J.; Zooplankton abundance and evidence for its reduction by macrophyte mats in two Orinoco floodplain lakes. **Journal of Plankton Research**, v.12, p.345–363, 1990.
- HAIRSTON, N. G. Zooplankton egg banks as biotic reservoirs in changing environments. **Limnology and Oceanography**, v. 41, p.1087–1092, 1996.
- HAIRSTON, N.G.; VANBRUNT, R.A.; KEARNS, C.M.; ENGSTROM, D.R. Age and survivorship of diapausing eggs in a sediment egg bank. **Ecology**, v. 76, p. 1706-1711, 1995.
- HENRY, R. Represa de Jurumirim: ecologia, modelagem e aspectos sociais. **Holos Editora**, Ribeirão Preto-SP. 2014.
- IGLESIAS, C.; BONECKER, C.; BRANDÃO, L.; CRISPIM, M.C.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M.; GERHARD, M.; PORTINHO, J.L.; MAIA-BARBOSA, P.; PANARELLI, E.; SANTANGELO, J.M. Current knowledge of South American cladoceran diapause: A brief review. **International Review of Hydrobiology**, v. 101, n. 3–4, p. 91–104, 2016.
- IGLESIAS, C.; GOYENOLA, G.; MAZZEO, N.; MEERHOFF, M.; RODÓ, E.; JEPPESEN, E. Horizontal dynamics of zooplankton in subtropical Lake Blanca (Uruguay) hosting multiple zooplankton predators and aquatic plant refuges. **Hydrobiologia**, v.584(1), p.179-189. 2007.
- LOPES, P. M.; BOZELLI, R.; BINI, L.M.; SANTANGELO, J.M.; STEVEN, A.J. D. Contributions of airborne dispersal and dormant propagule recruitment to the assembly of rotifer and crustacean zooplankton communities in temporary ponds. **Freshwater Biology**, v.61, p. 658–669, 2016.
- MARTINS, G. & HENRY, R. Composição e abundância do zooplâncton em três lagoas laterais ao Rio Paranapanema na zona de sua desembocadura na Represa de Jurumirim (São Paulo). **Ecologia Aquática Tropical**, Natal: Serv. Graf., p. 53-72, 2004.
- MORTARI, C. R.; HENRY, R. Horizontal distribution of Cladocera in a subtropical lake

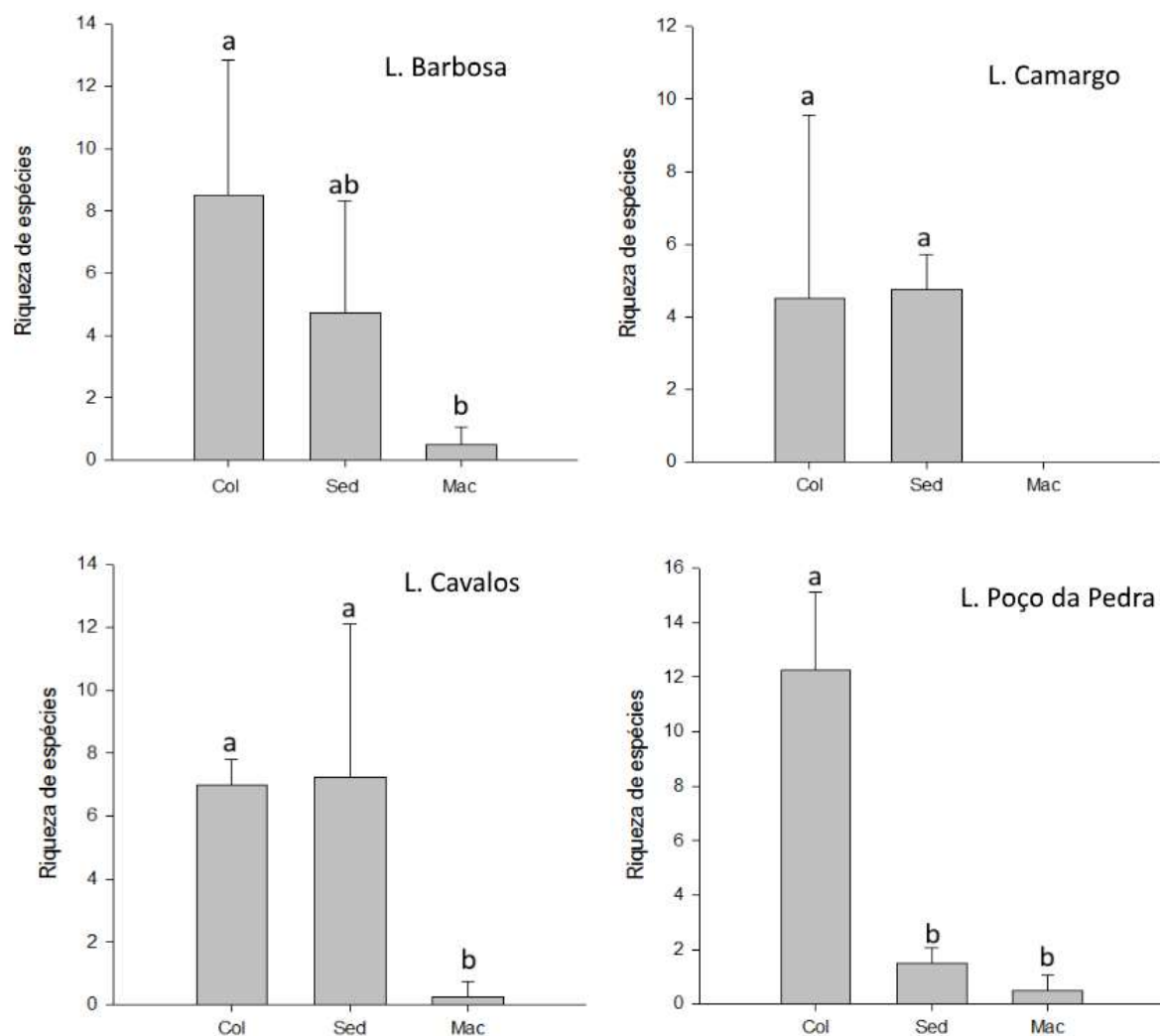
- marginal to a river. **Journal of Limnology**, v. 75, n. 1, p. 109–120, 2016.
- NADAI R. & HENRY R. Temporary fragmentation of a marginal lake and its effects on zooplankton community structure and organization. **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, p. 819–35, 2009.
- NIELSEN, D.L.; BROCK, M.A.; CROSSLE, K.; HARRIS, K.; HEALEY, M.; JAROSINSKI, I. The effects of salinity on aquatic plant germination and zooplankton hatching from two wetland sediments. **Freshwater Biology**, v. 48, p. 2214-2223. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01146.x>. 2003.
- NIELSEN, D.L.; BROCK, M. A.; PETRIE, R.; CROSSLE, K. The impact of salinity pulses on the emergence of plant and zooplankton from wetland seed and egg banks. **Freshwater Biology**, 52, p. 784-795.2007.
- NOGUEIRA, M. G. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 455, p. 1–18, 2001.
- PANARELLI, E.A.; CASANOVA, S.M.C.; HENRY, R. 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 Limnológica Brasiliensia**,v. 20, p.73-88, 2008.
- POI DE NEIFF, A. Estructura de la fauna asociada a tres hidrófitos flotantes en ambientes lemníticos del nordeste argentino. **Comunicaciones Científicas del CECOAL**, 6:1–16, 1977.
- ROJAS, N.E.T.; MARINS, M.A., ROCHA, O. The effect of abiotic factors on the hatching of *Moina micrura* Kurz, 1874 (Crustacea: Cladocera) ephippial eggs. **Brazilian Journal of Biology**, v. 61, p. 371-376, 2001.
- SANTANGELO, J. M.; ARAÚJO, L. R.; ESTEVES, F. E.; MANCA, M.B.; REINALDO,

- L. Method for hatching resting eggs from tropical zooplankton: effects of drying or exposing to low temperatures before incubation. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 1, p. 42–47, 2011.
- SILVA, C. V. Macroinvertebrados associados à macrófitas aquáticas flutuantes: distribuição, estrutura da comunidade e abordagem experimental. Tese – Doutorado- Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, 2015.
- SMIRNOV, N.N. Cladocera: the Chydoridae and Sayciinae (Chydoridae) of the World. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world 11. **Amsterdam: SBP Academic Publishing**. 197p., 1996.
- SINEV, A. Y.; ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. Three new species of Chydorid Cladocerans of subfamily Aloninae (branchipoda: anomopoda: chydoridae) from Brazil. **Zootaxa**, n. 2390, p. 1–25, 2010.
- SPADAFORA, C. The “evolutionary field” hypothesis. Non-Mendelian transgenerational inheritance mediates diversification and evolution. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 134, p. 27–37, 2018.
- VANDEKERKHOVE, J.; DECLERCK, S.; JEPPESEN, E.; CONDE-PORCUNA, J.M.; BRENDONCK, L.; DE MEESTER, L. Dormant propagule banks integrate spatio-temporal heterogeneity in cladoceran communities. **Oecologia**, v. 142, n. 1, p. 109–116, 2005.
- VANSCHOENWINKEL, B.; SEAMAN, M.; BRENDONCK, L. Hatching phenology, life history and egg bank size of fairy shrimp *Branchipodopsis* spp. (Branchiopoda, Crustacea) in relation to the ephemerality of their rock pool habitat. **Aquatic Ecology**, v. 44, n. 4, p. 771–780, 2010.
- WRIGHT, D.; SHAPIRO, J. Refuge availability: A key to understanding the summer disappearance of *Daphnia*. **Freshwater Biology**. v. 24, p. 43–62, 1990.

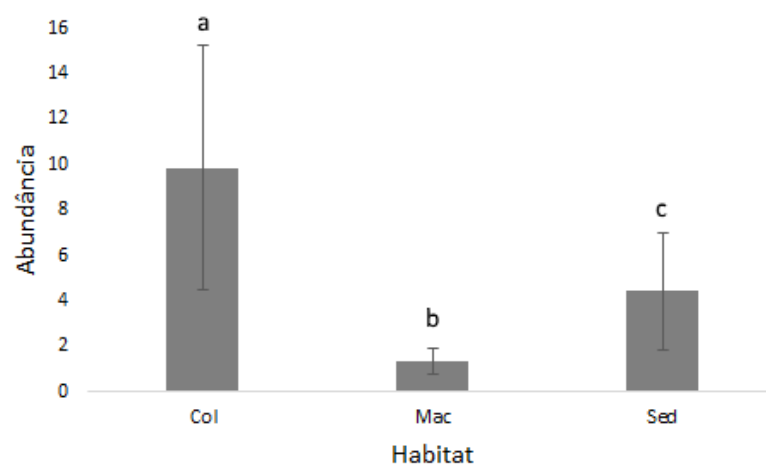
Anexo 1. Lista de ocorrência de espécies de Cladocera (com abundância registrada) por habitat em cada lagoa de estudo. Em cinza claro, espécies com ocorrência exclusiva na coluna d'água (comunidade ativa), em cinza escuro espécies com ocorrência exclusiva no sedimento (comunidade dormente). Não houve espécie com ocorrência exclusiva nas macrófitas (comunidade dormente). Lagoas marginais ao rio Paranapanema-SP, 2018.

Táxons	Barbosa			Camargo		Cavalos			Poço da Pedra			Total por espécie
	Mac	Col	Sed	Col	Sed	Mac	Col	Sed	Mac	Col	Sed	
Bosminidae												
<i>Bosmina frey</i> (De Melo and Hebert, 1994)							545			1		546
<i>Bosmina hagmanni</i> (Stingelin, 1904)		7		1			56			4		68
<i>Bosmina tubicen</i> (Brehm, 1953)		5										5
<i>Bosminopsis deitersi</i> (Richard, 1895)	4	576	4					3		10		597
Daphniidae												
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> (Sars, 1886)		25	8	8	2			3		2		48
<i>Ceriodaphnia cornuta rigaudi</i> (Sars, 1886)			26		24		162	15	1	9	1	238
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine 1820)								1				1
<i>Ceriodaphnia silvestrii</i> (Daday, 1902)						1		1		2		4
<i>Daphnia gessneri</i> (Herbst, 1967)					2							2
<i>Daphnia laevis</i> (Birge, 1878)					1							1
<i>Simocephalus latirostris</i> (Stingelin 1906)		1		1				3		1		6
<i>Simocephalus serrulatus</i> (Koch, 1841)		1										1
Sididae												
<i>Diaphanosoma birgei</i> (Korinech, 1981)		3	3	2	5		51	24		3		91
<i>Diaphanosoma brevireme</i> (Sars, 1901)			8		12			4		2		26
<i>Diaphanosoma fluviatile</i> (Hansen 1899)								3		7		10
<i>Diaphanosoma spinulosum</i> (Herbst, 1976)			1		4		7	2		2	1	17
Moinidae												
<i>Moina micrura</i> (Kurz 1874)		2										2
<i>Moina minuta</i> (Hansen, 1899)		21	2	14	11			18		14		80
<i>Moina reticulata</i> (Daday, 1905)										2		2

(Continuação do Anexo 1)	Barbosa			Camargo		Cavalos			Poço da Pedra			Total por espécie
Táxons	Mac	Col	Sed	Col	Sed	Mac	Col	Sed	Mac	Col	Sed	
Chydoridae												
<i>Alona dentifera</i> (Sars,1901)									1			1
<i>Alona yara</i> (Sinev & Elmoor-Loureiro, 2010)			1	1								2
<i>Alonella dadayi</i> (Birgei, 1910)		1		5			4	2			1	13
<i>Alonella lineolata</i> (Sars,1901)								1				1
<i>Anthalona brandorffi</i> (Sinev & Hollwedel, 2002)				1								1
<i>Anthalona verrucosa</i> (Sars,1901)		2		2			1		10			15
<i>Chydorus eurynotus</i> (Sars,1901)		2		2			2	8	19	1		34
<i>Chydorus pubescens</i> (Sars,1901)		1							2			3
<i>Coronatella monacantha</i> (Sars, 1901)		2		2					2			6
<i>Coronatella poppei</i> (Richard, 1897)									1			1
<i>Disparalona leptorhyncha</i> (Smirnov, 1974)				1								1
<i>Flavalona asymmetrica</i> (Sousa & Elmoor-Loureiro, 2018)				1								1
<i>Karualona muelleri</i> (Richard, 1897)				1								1
<i>Kurzia longirostris</i> (Daday, 1898)								1				1
<i>Kurzia polyspina</i> (Hudec, 2000)		1										1
<i>Leydigia striata</i> (Berabén, 1939)									1		1	2
<i>Leydigiopsis megalops</i> (Sars, 1901)					1							1
<i>Magnospina dentifera</i> (Sars, 1901)							2		6			8
<i>Notoalona sculpta</i> (Sars, 1901)								2	2	2		6
<i>Ovalona kaingang</i> (Sousa, 2015)		1							8			9
Macrothricidae												
<i>Macrothrix spinosa</i> (King, 1853)		4	1	1				61	1			68
Ilyocryptidae												
<i>Ilyocryptus spinifer</i> (Herrick, 1882)		3	10	29	1		1	60	16			120
Total por habitat por lagoa	4	658	64	72	63	1	831	212	2	127	7	



Anexo 2. Média e desvio padrão da riqueza de espécies de Cladocera por habitat, em cada lagoa de estudo. Letras diferentes sinalizam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os habitats. (Col= coluna d'água; Sed= sedimento; Mac= macrófita). Lagoas marginais ao rio Paranapanema-SP, 2018.



Anexo 3. Média e desvio padrão da abundância de Cladocera por habitat (raiz quadrada do número de organismos). Letras diferentes sinalizam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os habitats. (Col= coluna d'água; Sed= sedimento; Mac= macrófita)