



PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA – PRPGP

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO INDICADORES DE
QUALIDADE AMBIENTAL EM RESERVATÓRIOS NA REGIÃO SEMIÁRIDA**



Evaldo de Lira Azevêdo

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Joseline Molozzi

Co-orientador: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa

CAMPINA GRANDE – PB

FEVEREIRO DE 2013

Evaldo de Lira Azevêdo

**Macroinvertebrados Bentônicos como Indicadores de Qualidade Ambiental em
Reservatórios na Região Semiárida**

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Joseline Molozzi

Co-Orientador: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa

Dissertação de mestrado
apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Ecologia e
Conservação, para obtenção de
título de Mestre em Ecologia e
Conservação.

Campina Grande – PB

Fevereiro de 2013

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

A969m Azevêdo, Evaldo de Lira.
Macroinvertebrados Bentônicos como Indicadores de Qualidade Ambiental em Reservatórios na Região Semiárida. [manuscrito] / Evaldo de Lira Azevêdo. – 2013.
76 f. : il. color.

Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, 2013.
“Orientação: Profa. Dra. Joseline Molozzi, Departamento de Ciências Biológicas”.
“Coorientação: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa, Departamento de Ciências Biológicas”.

1. Qualidade ambiental. 2. Qualidade da água. 3. Ecossistema aquático. 4. Rio São Francisco. I. Título.

21. ed. CDD 577.6

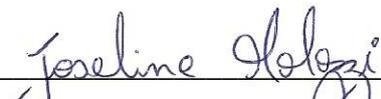
Evaldo de Lira Azevêdo

**MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS COMO INDICADORES DE
QUALIDADE AMBIENTAL EM RESERVATÓRIOS NA REGIÃO SEMIÁRIDA**

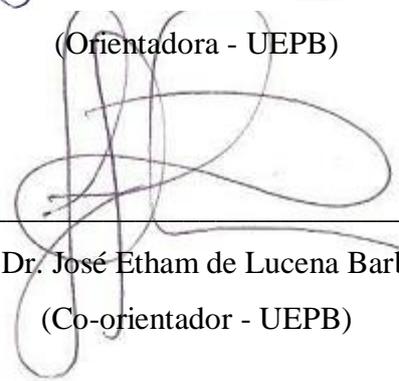
Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Aprovado em Fevereiro de 2013

Comissão examinadora:



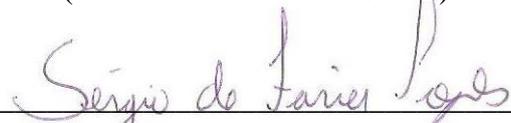
Prof.^a Dr.^a Joseline Molozzi
(Orientadora - UEPB)



Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa
(Co-orientador - UEPB)



Prof. Dr. Marcos Callisto de Faria Pereira
(Examinador interno - UEPB)



Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes
(Examinador interno/suplente - UEPB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ser o guia dos meus passos e ter me permitido chegar até aqui. A Ele sou grato por tudo que me tem proporcionado!

A professora Dra. Joseline Molozzi, por ter participado da construção desse trabalho e ter me orientado no fim dessa caminhada. Pelas suas preciosas orientações e pela atenção mostrada em todos os momentos. Muito obrigado!

Ao professor Dr. José Etham de Lucena Barbosa, meu Co-Orientador, por ter me acolhido em seu laboratório desde o período da graduação, por se mostrar em todos os momentos atencioso e buscar sempre todos meios possíveis para viabilizar o desenvolvimento desse trabalho, se mostrando muito mais que um orientador. Sem a sua ajuda não poderia ter desenvolvido este trabalho!

Ao professor Dr. Marcos Callisto, por ter me recebido em seu laboratório, Laboratório de Ecologia de Bentos – UFMG, de braços abertos. Por se mostrar sempre disposto a ajudar, seja em orientações ou envio de artigos importantes. Aproveito também para agradecer a Equipe do Laboratório de Ecologia de Bentos – UFMG, por se mostrarem sempre prontos a ajudar.

A prof^a Dr^a. Teofania Vidigal, pelo apoio na escrita do primeiro manuscrito e por se mostrar sempre disposta a ajudar. Muito Obrigado!

Agradeço ao Diego Rodrigues Macedo, geógrafo da equipe do laboratório de Ecologia de Bentos – UFMG, por ter me ajudado com a marcação das coordenadas e formulação dos mapas dos reservatórios. Sem sua ajuda a amostragem seria muito complicada!

A Letícia de Moraes, mestranda em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre – UFMG, pela sua disposição em auxiliar com orientações e análises estatísticas e pelas trocas de experiências. Por ter sido uma parceira importante nos momentos em que estive na UFMG.

A Juliana Silva França pela colaboração nas coletas. Por ter se empenhado e enfrentado momentos um tanto turbulentos em campo, como o sol escaldante e ameaça de naufrágio da canoa no reservatório Poções.

A Maria José Pinheiro Anacleto e Leandro Gomes Viana por terem dividido comigo este trabalho, e por terem muitas vezes, abdicado de seu sábado para triar e

identificar amostras de macroinvertebrados. Sem vocês certamente seria difícil defender esta dissertação dentro do prazo. Muito obrigado!

A Joelma Azevedo por ter me ajudado nas amostragens no reservatório Poções, como também, ter feito os mapas dos reservatórios. Tendo que modifica-los em muitos momentos. Muito obrigado mesmo Joelma!

Aos alunos de iniciação científica do PIBIC-Júnior; Felipe Gustavo, Maria da Paz, Simone Azevêdo e Vinícius; por terem se dedicado na tabulação dos dados de habitats físicos, análises de granulometria e matéria orgânica.

A professora Dra. Luciana Barbosa da UFPB por ter me permitido realizar as análises granulométricas em seu laboratório.

A toda Equipe do Laboratório de Ecologia aquática – Leaq, por terem ajudado de maneira direta ou indireta no desenvolvimento desse trabalho. Como no recebimento de coletas análises físicas e químicas da água, etc. Conviver com todos vocês durante este tempo foi muito importante!

Ao programa Nacional de Cooperação Acadêmica (Procad, CAPES) por ter possibilitado a cooperação entre os Laboratórios de Ecologia Aquática (Leaq, UEPB) e o Laboratório de Ecologia Bentos (UFMG), por intermédio das pessoas do professor Dr. José Etham de Lucena Barbosa e o professor Dr. Marcos Callisto.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado, que permitiu minha dedicação a este trabalho.

Agradeço a minha mãe (Maria Suely de Lira Azevêdo), e irmãos (Suênia, Simone e Edvaldo) que sempre me deram apoio no desenvolvimento desse mestrado mesmo não sabendo exatamente do que se tratava.

Aos familiares mais próximos, como avós e tios, que contribuíram direta ou indiretamente para o meu desenvolvimento pessoal.

Aos meus cunhados Aluizio e Nuara Freire, que muitas vezes me receberam em sua casa, fornecendo um ambiente tranquilo para a escrita desse trabalho.

A minha querida esposa, Daniele Jovem da Silva Azevêdo, por ter me compreendido nos momentos de estresse. E também ter sido além de esposa uma excelente companheira de trabalho, ajudando principalmente nas análises físicas e químicas da água. Muito obrigado!

O desenvolvimento desse trabalho não seria possível sem a participação de cada um de vocês. Um muito obrigado a todos que participaram dessa caminhada de forma direta ou indireta!

RESUMO GERAL

Reservatórios são ecossistemas submetidos a pressões antropogênicas, particularmente, acarretadas pelos benefícios que estes ambientes podem fornecer. A perda de biodiversidade é um dos motivos que leva a redução da qualidade ambiental desses ecossistemas aquáticos. Para a avaliação da qualidade ambiental foram realizadas 60 amostragens em três reservatórios localizados na bacia do rio Paraíba em dezembro de 2011; Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções. Esta dissertação é formada por dois capítulos, sendo o primeiro referente ao primeiro registro do molusco exótico *Corbicula largilliet* (Philippi, 1844) na bacia do rio Paraíba, e o segundo referente à avaliação da qualidade ambiental de reservatórios em região semiárida utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos como indicadora. No primeiro capítulo, foi registrado o molusco exótico *Corbicula largilliet* no reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão), localizado no médio curso do Rio Paraíba, município de Boqueirão- PB. Este é um bivalve de água doce da família Corbiculidae (Bivalvia, Heterodonta, Veneroidea) de origem asiática e endêmica dos lagos do sistema do rio Yangtze Kiang na China que invadiu diferentes regiões na América do Sul, podendo causar danos a biota local. Neste contexto, a transposição das águas do rio São Francisco, além de poder adensar as populações de espécies exóticas já existentes na bacia do rio Paraíba como *Melanooides tuberculatus* (Müller, 1774) e *Corbicula largilliet*, pode favorecer a introdução de outras espécies exóticas, como o molusco *Limnoperma fortunei* (Dunker 1857). Este fato evidencia a necessidade de serem realizados mais estudos considerando a introdução de espécies em ecossistemas aquáticos da região semiárida do Brasil. O segundo manuscrito teve como objetivo avaliar a qualidade ambiental de reservatórios em região semiárida utilizando métricas de distúrbio, variáveis físicas e químicas da água e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos como indicadora. Foram coletadas amostras de água, macroinvertebrados bentônicos e realizada a aplicação de 600 protocolos de avaliação de habitats físicos em 60 locais de amostragem. A aplicação do protocolo teve o objetivo de coletar dados de influência antrópica, para posterior cálculo das métricas de distúrbio antropogênico da zona ripária e zona inundável dos reservatórios. As métricas de distúrbio foram diferentes significativamente (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,59} = 86,65$; $p = 0,001$) entre os locais de amostragem. Os dados de variáveis físicas e químicas na água foram agrupados de acordo com as métricas de distúrbio antropogênico, evidenciando diferença significativa

entre os locais de amostragem ($p < 0,05$). Foram coletados 11145 organismos distribuídos em 23 táxons. Quando considerados todos os táxons da comunidade não houve diferença significativa entre os locais de amostragem ($p > 0,05$). Assim, para as análises estatísticas foi considerada apenas a fauna de Chironomidae (Díptera, Insecta), por terem sido identificados ao nível de gênero e por terem mostrado diferença significativa (PERMANOVA: Pseudo-F_{1,59} = 3,5916; P = 0,005) entre os locais de amostragem. O molusco exótico *Melanoides tuberculatus* apresentou elevadas densidades em ambos os grupos de distúrbio formados pelas métricas de distúrbio antropogênico. A análise das métricas de distúrbio humano, variáveis físicas e químicas e gêneros de Chironomidae (Díptera, Insecta), separaram os locais de amostragem em dois grupos, grupo 1, locais com boa qualidade ambiental e grupo 2, locais com menor qualidade ambiental. Os gêneros de Chironomidae *Goeldichironomus*, em menor densidade, *Aedokritus* e *Fissimentum* indicaram melhor qualidade ambiental, enquanto que o gênero *Goeldichironomus*, *Chironomus*, e *Coelotanypus* em maiores densidades, indicaram locais com menor qualidade ambiental. A maior parte dos locais de amostragem classificados como tendo boa qualidade ambiental, ocorreu no reservatório Argemiro de Figueiredo. A melhor qualidade ambiental nesse reservatório se deve a limitada ocupação de suas margens, que são bastante inclinadas, o que dificulta o desenvolvimento de atividades humanas. Os reservatórios Epitácio Pessoa e Poções apresentam extensa ocupação de suas margens, o que fez com que boa parte dos locais de amostragem localizados nesses reservatórios fossem classificados como tendo má qualidade ambiental. Os resultados mostram a necessidade de serem tomadas medidas de conservação desses ecossistemas, os dados gerados podem ser utilizados em medidas de conservação e gerenciamento, para a manutenção dos serviços ecológicos prestados por estes reservatórios.

Palavras chave: *Corbicula largilliet*, Qualidade ambiental, gêneros de Chironomidae (Díptera, Insecta)

ABSTRACT

Reservoirs are ecosystems subjected to anthropogenic pressures, particularly, brought about by the benefits that these environments can provide. The loss of biodiversity is one of the reasons that leads to reduction of the environmental quality of these aquatic ecosystems. For the assessment of environmental quality samplings were performed 60 in three reservoirs located in the Paraíba River basin in december 2011; Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa and Poções . This dissertation consists of two chapters, the first being for the first record of the exotic clam *Corbicula largilliet* (Philippi, 1844) in the Rio Paraíba, and second on the evaluation of the environmental quality of reservoirs in semiarid region using the community benthic macroinvertebrates as bioindicators. In the first chapter, was recorded the exotic clam *Corbicula largilliet* reservoir Epitácio Pessoa (Boqueirão), located in the middle course of the Rio Paraíba, municipality of Boqueirão-PB. This is a freshwater bivalve family Corbiculidae (Bivalvia, Heterodonta, Veneroidea) of Asian origin and endemic Lakes system of the Yangtze Kiang in China who invaded different regions in South America and can damage the local biota. In this context, implementation of the river São Francisco, in addition to thicken populations of exotic species existing in the Paraíba River basin as *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) and *Corbicula largilliet*, can facilitate the introduction of other exotic species, such as mollusk *Limnoperma fortunei* (Dunker 1857). This fact highlights the need for further studies considering the introduction of aquatic species in the semiarid region of Brazil. The second manuscript was to evaluate the environmental quality of reservoirs in semiarid region using metrics disorder, physical and chemical parameters of the water and benthic macroinvertebrate community as an indicator. We collected water samples, benthic macroinvertebrates and held the application of 600 evaluation protocols of physical habitats in 60 sampling sites. The implementation of the protocol aimed to collect data from human influence, for subsequent calculation of metrics anthropogenic disturbance of the riparian zone and flood zone of the reservoirs. The metrics disorder were significantly different (PERMANOVA: pseudo-F1, 59 = 86.65, $p = 0.001$) among the sampling sites. Data of physical and chemical variables in water were grouped according to the metrics of anthropogenic disorder, showing significant difference between the sampling points ($p < 0.05$). We collected 11,145 bodies distributed in 23 taxa. When considering all taxa community no significant difference between the sampling sites ($p > 0.05$). Thus, for statistical analysis considered only the

fauna of Chironomidae (Diptera, Insecta), having been identified to genus level and have shown significant difference (PERMANOVA: Pseudo-F1, 59 = 3.5916, P = 0.005) among the sampling sites. The exotic mollusk *Melanoides tuberculatus* showed high densities in both groups formed by disturbance metrics anthropogenic disturbance. The analysis of the metrics of human disturbance, physical and chemical variables and genera of Chironomidae (Diptera, Insecta), separated the sampling sites into two groups, group 1, local environmental quality and group 2, with lower local environmental quality. The genera of Chironomidae *Goeldichironomus* in lower density, and *Aedokritus Fissimentum* indicated better environmental quality, while gender *Goeldichironomus*, *Chironomus*, and *Coelotanypus* in higher densities, indicated places with lower environmental quality. Most sampling locations classified as having good environmental quality occurred in the reservoir Argemiro de Figueiredo. The improved environmental quality in this reservoir is due to limited occupancy of its banks, which are very steep, which hinders the development of human activities. The reservoirs Epitácio Pessoa and Poções have extensive occupation of its banks, which meant that most of the sampling sites located in these reservoirs were classified as having poor environmental quality. The results show the need to take measures to conserve these ecosystems, the data generated can be used for conservation and management measures for the maintenance of ecological services provided by these reservoirs.

Keywords: *Corbicula largilliet*, Environmental Quality, genera of Chironomidae (Diptera, Insecta)

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figuras

- Figura 1:** Reservatórios e pontos de amostragem: Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções, localizados na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Os triângulos na figura indicam as barragens dos reservatórios.. **30**
- Figura 2:** Parcelas de amostragem do protocolo de caracterização de habitats físicos (USEPA, 2012)..... **33**
- Figura 3:** Agrupamento dos locais de amostragem de acordo com os valores das métricas de distúrbio na zona inundável (RDis_IX Inund) e zona ripária (RDis_IX Rip). A, representa Argemiro de Figueiredo, B representa Epitácio Pessoa e P o reservatório Poções. **36**
- Figura 4:** Valores para as métricas de distúrbio variando de 0 a 1. Menores valores de distúrbio entre 0 e 0,3.. **37**
- Figura 5:** Análise de componentes principais, PT (fósforo total), PO₄ (Ortofosfato), NO₃ (Nitrato), NO₂ (Nitrito) e areia média, correlacionados ao grupo de distúrbio 2.... **38**

Tabelas

- Tabela 1:** Dados de caracterização dos reservatórios Argemiro de Figueiredo , Epitácio Pessoa e Poções, localizados na bacia hidrográfica do Rio Paraíba (AESA, 2012). **29**
- Tabela 2:** Média de valores das variáveis físicas e químicas nos dois grupos de distúrbio. **39**
- Tabela 3:** Médias de densidades de macroinvertebrados nos dois grupos de distúrbio. **40**
- Tabela 4:** Abundância média de táxons que contribuíram com até 90% da fauna de Chironomidae (Díptera, Insecta) (análise SIMPER) entre os locais de amostragem dos dois grupos de distúrbio. **41**

SUMÁRIO

1. Introdução Geral.	11
2. Pergunta.	16
3. Hipótese.	16
4. Objetivo geral.	17
4.1. Objetivos específicos.	17
5. Capítulo I. Primeiro registro de <i>Corbicula largillierti</i> (Philippi, 1844) na bacia do rio Paraíba, semiárido brasileiro: perspectivas para a transposição do Rio São Francisco.	18
6. Capítulo II. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de qualidade ambiental de reservatórios na região semiárida	24
6.1. Introdução	27
6.2. Métodos	29
6.2.1. Área de estudo.	29
6.2.2. Amostragens	31
6.2.3. Parâmetros físicos e químicos	31
6.2.4. Análise granulométrica e de matéria orgânica	32
6.2.5. Macroinvertebrados Bentônicos.	32
6.2.6. Aplicação do Protocolo de Caracterização de Habitats Físicos	33
6.2.7. Cálculo das métricas de distúrbio na zona inundável e zona ripária dos reservatórios.	34
6.2.8. Análises estatísticas	34
6.3. Resultados.	36
6.4. Discussão.	42
6.5. Conclusão.	45
6.6. Perspectivas Futuras.	46
6.7. Referências.	47
7. Anexos.	66

1. INTRODUÇÃO GERAL

O semiárido brasileiro é a região semiárida mais populosa do mundo, com uma população de 22 milhões de pessoas, correspondendo a 11,8% da população brasileira (IBGE, 2007). É formado por um conjunto de áreas que são caracterizadas pelo balanço hídrico negativo, em decorrência de precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, insolação média de 2800 h ano⁻¹, temperatura média anual de 23 °C a 27 °C, evaporação de 2.000 mm ano⁻¹ e umidade relativa do ar média em torno de 50% (Moura et al., 2007).

O clima é uma das características mais preponderantes do semiárido, principalmente devido à ocorrência de secas estacionais e periódicas (Mendes, 1997). Pelas características climáticas e econômicas do semiárido brasileiro se faz necessário o desenvolvimento de metodologias específicas de utilização e conservação dos recursos hídricos (Cirilo et al., 2010). A baixa precipitação e a elevada evaporação levam ao aumento nos processos de eutrofização das massas d'água, devido a ressuspensão de nutrientes do sedimento e aumento da concentração dos mesmos na água, em decorrência da evaporação (Freitas et al., 2011).

O abastecimento hídrico na região depende em sua maioria das águas superficiais acumuladas em reservatórios, a exemplo do estado do Ceará, onde 93% da água disponibilizada para o abastecimento provem desses ecossistemas (Araújo, 2003). No semiárido do Brasil os reservatórios são primordialmente um mecanismo preventivo ao problema da estiagem, garantindo o abastecimento (Konig et al., 1990), além de serem fundamentais para o desenvolvimento social e econômico da região (Lima et al., 2012). Reservatórios apresentam funções ecológicas, sociais e econômicas (Tundisi et al., 2008) e estão submetidos a intensa pressão devido aos benefícios relacionados ao represamento, como abastecimento, irrigação, recreação e produção de pescado (Mustapha, 2008). São sistemas de importância ecológica porque constituem uma rede interativa complexa entre espécies, populações, comunidades e seu ambiente físico e químico (Tundisi, 1999).

Esses sistemas podem apresentar problemas que comprometem sua qualidade, tais como: eutrofização, salinização, propagação de doenças veiculadas pela água, problemas sanitários (Abílio, 2002, Abílio et al., 2006) e perda de biodiversidade; relacionada à degradação ambiental e a introdução de espécies exóticas (Lockwood et

al., 2005). No semiárido brasileiro o Departamento de Obras Contra a Seca do Ministério da Integração Nacional (DNOCS) introduziu 42 espécies de peixes e crustáceos em aproximadamente 100 reservatórios (Gurgel & Fernando, 1994). Esse fato preocupa e evidencia a necessidade de serem realizados mais estudos que levem em consideração a problemática da introdução de espécies na região semiárida do Brasil, especialmente com a perspectiva de transposição das águas do Rio São Francisco (Brasil, 2004).

O desenvolvimento de atividades antrópicas no perímetro dos reservatórios reduz a disponibilidade de habitats para a biota aquática, diminuindo a biodiversidade (Allan, 2004, Molozzi et al., 2011) e conseqüentemente a qualidade ambiental. Apesar da grande quantidade de reservatórios na região semiárida do Brasil, até 1994 foram estimados cerca de 70.000 (Molle, 1994), pouco se conhece sobre a qualidade ambiental desses ecossistemas. .

. A análise de apenas parâmetros físicos e químicos da água fornece informações de uma condição momentânea do ambiente (Goulart & Callisto, 2003). A utilização de comunidades aquáticas pode fornecer informações sobre a saúde do ecossistema (Molozzi et al., 2012). Alguns organismos têm sido utilizados como indicadores de qualidade ambiental, tais como: o zooplâncton, fitoplâncton, perifiton, peixes e macroinvertebrados bentônicos. A comunidade de macroinvertebrados bentônicos fornece informações de alterações esporádicas, cumulativas e crônicas, além de alterações no hábitat (Barbour et al., 1995). Especialmente pelas características que esses organismos apresentam, como: diversidade de formas de vida e de habitats, mobilidade limitada, grande número de espécies, possibilidade de toda a comunidade responder a alterações do ambiente, presença de espécies com ciclo de vida longo e facilidade de uso em manipulações experimentais (p.ex.: Brandimarte et al., 2004; Céréghino et al., 2012; McGoff et al., 2013; Sutela et al., 2013).

A família Chironomidae (Díptera, Insecta), é um dos principais constituintes da fauna bentônica (Trivinho-Strixino & Strixino 1998). Desempenham papel importante nas cadeias tróficas aquáticas, sendo o maior elo entre os produtores e consumidores secundários (Tokeshi, 1995). O sucesso dessa família na exploração de uma vasta gama de condições tróficas em ecossistemas aquáticos é uma consequência da sua grande capacidade de adaptação fisiológica, o que permite que os indivíduos vivam em ambientes onde temperatura, pH, oxigênio dissolvido, poluição, salinidade, profundidade e produtividade variam amplamente (Helson et al, 2006). Como a maioria

das larvas de Chironomidae vive nos sedimentos, e se alimentam de matéria orgânica ou da microflora, estão diretamente expostas à contaminantes em todo o seu desenvolvimento (Nazarova et al., 2004; Morais et al 2010). Alguns gêneros são considerados indicadores de condições ambientais, a proporção que apresentam na comunidade pode ser usada em estudos de avaliação do ecossistema e no biomonitoramento (p.ex.: Seminara & Bazzanti, 1988; Roque et al., 2010; Molozzi et al., 2012). A utilização de gêneros de larvas de Chironomidae em estudos de qualidade ambiental representa uma ferramenta importante e que tem demonstrado bons resultados (p.ex.: Nazarova et al., 2004; Abílio et al., 2005; Roque et al., 2009; Morais et al., 2010; Fu et al., 2012).

No Brasil diversos estudos têm sido realizados utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos como ferramenta em estudos ecológicos. Tendo sido realizados estudos de biodiversidade (p.ex.: Callisto, 1997; Galdean et al., 2001; Copatti et al., 2010); influência antropogênica sobre a comunidade de macroinvertebrados bentônicos (p.ex.: Callisto & Esteves., 1995 e 1996; Callisto et al., 1998; Callisto et al., 2002; Goulart & Callisto., 2003; Oliveira et al., 2009; Rosin et al., 2009; Egler et al., 2012; Callisto et al., 2012; Buss et al., 2012); qualidade de água (p.ex.: Callisto et al., 1998; Callisto et al., 2001; Cota et al., 2002; Moreno & Callisto., 2004; Callisto & Moreno., 2008; Moreno & Callisto., 2010; França & Callisto., 2012); categorização funcional (p.ex.: Callisto & Esteves., 1998; Callisto et al., 2001); sucessão (ex.: Gonçalves et al., 2001; Gonçalves et al., 2003); biomassa (p.ex.: Callisto et al., 2002); experimentos de decomposição (p.ex.: Gonçalves et al., 2006; Gonçalves et al., 2007; Abelho et al., 2010); vazões ambientais (p.ex.: Castro et al., 2011; Tupinambás et al., 2011; Callisto et al., 2011); educação ambiental (p.ex.: França & Callisto., 2012); ocorrência de espécies invasoras (p.ex.: Schlenz & Takeda; Takeda et al., 2003; Pimpão & Martins, 2008; Vianna & Avelar, 2010; Barbosa et al., 2012); distribuição espacial e temporal de organismos bentônicos (p.ex.: Takeda et al., 1993; Higuti et al., 1993; Melo & Takeda 1993; Montanholi-Martins & Takeda, 2001, Moretto et al., 2003; Melo et al., 2004; Anjos et al., 2011; Arenas-Ibarra et al., 2012) e desenvolvimento de ferramentas de avaliação da qualidade ambiental (p.ex.: Moreno et al., 2009; Ferreira et al., 2011; Bhrend et al., 2012; Mugnai et al., 2011; Molozzi et al., 2012; Molozzi et al., 2013).

Estudos sobre a qualidade ambiental devem ser realizados de forma holística, considerando diversos aspectos do ecossistema aquático, tais como: características físicas e químicas da água, as comunidades biológicas (Meticalfe, 1989; Oliveira &

Cortes, 2006; Duran, 2006) e aspectos de estrutura física do ambiente, levando em conta a diversidade de habitats físicos, grau de conservação das margens e influência antrópica (USEPA, 2007; Molozzi et al., 2012). Nos EUA, a avaliação de características físicas de lagos e reservatórios têm sido realizadas por meio da aplicação de um protocolo de avaliação de habitats físicos desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US Environmental Protection Agency). No Brasil, este protocolo foi adaptado e tem sido utilizado com sucesso em estudos ecológicos em reservatórios (ex.: Molozzi et al., 2011; Molozzi et al., 2012). A aplicação do protocolo de habitats físicos possibilita a investigação do grau de impacto ao qual o ecossistema está submetido, colhendo informação de disponibilidade de habitats para peixes, proporção e tipos de substratos que possam ser utilizados pelas comunidades aquáticas, estrutura da vegetação nas margens e grau de influência antrópica, como presença de agricultura, criações de animais e construções humanas. Foram utilizadas informações do protocolo de caracterização de habitats físicos referentes a perturbações humanas nos reservatórios para o cálculo de métricas de distúrbio na zona ripária e zona inundável dos reservatórios, dados de parâmetros físicos e químicos da água e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos para então avaliar a qualidade ambiental de reservatórios em região semiárida.

Estudos considerando a qualidade ambiental relacionada à comunidade de macroinvertebrados bentônicos, características físicas e químicas da água e características físicas de reservatórios tem sido realizados principalmente na região sudeste do Brasil (p.ex.: Moreno et al., 2009; Ferreira et al., 2011; Molozzi et al., 2012; Molozzi et al., 2013). Na região semiárida do Brasil poucos são os estudos considerando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos. No estado da Paraíba existem alguns estudos em rios intermitentes considerando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos (p.ex.: Farias et al., 2012; Rocha et al., 2012), em reservatórios existem estudos que consideram macroinvertebrados associados à macrófitas aquáticas (p.ex.: Santana et al., 2010; Abílio et al., 2006) e macroinvertebrados como bioindicadores de qualidade de água (p.ex.: Abílio et al., 2007).

Devido às características peculiares da região semiárida do Brasil, como estresse hídrico e elevada evaporação, e os diferentes tipos de perturbações antrópicas a que os reservatórios estão submetidos (Simões & Sonoda, 2009), torna-se importante a avaliação da qualidade ambiental nesses ecossistemas. Esta dissertação se divide em

dois capítulos, sendo o primeiro referente ao primeiro registro do molusco exótico *Corbicula largilliert* (Philippi, 1844) na bacia do rio Paraíba, na perspectiva de risco ecológico com a transposição das águas do Rio São Francisco, e o segundo referente à qualidade ambiental de reservatórios em região semiárida utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos como indicadora de distúrbio antropogênico.

O presente estudo traz a comunidade de macroinvertebrados bentônicos como ferramenta de avaliação da qualidade ambiental em reservatórios na região Semiárida, podendo ser subsídio para o desenvolvimento de pesquisas de conservação, biodiversidade e gestão de reservatórios.

2. PERGUNTA:

A utilização de métricas de distúrbio antropogênico, variáveis físicas e químicas da água e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos responderão aos diferentes estados de qualidade ambiental a que estão submetidos os reservatórios?

3. HIPÓTESE:

Locais com menor qualidade ambiental apresentarão maiores valores para as métricas de distúrbio antropogênico, maiores concentrações de nutrientes indicadores de influência antrópica e táxons de macroinvertebrados bentônicos indicadores de distúrbio ambiental, assim como espécies exóticas.

4. OBJETIVO GERAL:

Avaliar a qualidade ambiental de reservatórios em região semiárida, utilizando métricas de distúrbio antropogênico, variáveis físicas e químicas e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos como indicadora de qualidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Paraíba.

4.1. Objetivos específicos:

- Verificar as variáveis preditoras para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em reservatórios de região semiárida;
- Relacionar a composição da fauna de macroinvertebrados com o grau de distúrbio na bacia hidrográfica do Rio Paraíba;
- Avaliar a ocorrência de espécies exóticas como sinal de alerta ao risco ecológico e perda de biodiversidade.

5. CAPÍTULO I

Primeiro registro de *Corbicula largillierti* (Philippi, 1844) na bacia do Rio Paraíba, semiárido brasileiro: perspectivas para a transposição do Rio São Francisco

Azevêdo, EL^{a*}, Barbosa, JEL^a, Vidigal, THDA^b and Callisto, M^c



^aUniversidade Estadual da Paraíba – Laboratório de Ecologia Aquática, Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas – CCBS, Rua das Baraúnas, 351, Bodocongó, CEP 58429-500, Campina Grande, PB, Brasil

^bUniversidade Federal de Minas Gerais – Laboratório de Malacologia e Sistemática Molecular, Departamento de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas – ICB, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, CP 486, CEP 30161-970, Belo Horizonte, MG, Brasil

^cUniversidade Federal de Minas Gerais – Laboratório de Ecologia de Bentos, Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas – ICB, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, CP 486, CEP 30161-970, Belo Horizonte, MG, Brasil

Submetido à revista Brazilian Journal of Biology

Primeiro registro de *Corbicula largillierti* (Philippi, 1844) na bacia do Rio Paraíba, semiárido brasileiro: perspectivas para a transposição do Rio São Francisco

Resumo

A introdução de espécies exóticas é uma das principais causas do declínio da biodiversidade nos ecossistemas aquáticos continentais, pois representa potencial impacto às espécies nativas. Originário do sistema do rio Yangtze Kiang na China, o molusco invasor *Corbicula largillierti* (Philippi, 1844) tem sido registrado em diversas regiões da América do Sul. O presente estudo relata a primeira ocorrência de *C. largillierti* na bacia do rio Paraíba e alerta quanto à perspectiva da transposição do rio São Francisco, introdução de outras espécies exóticas e seu potencial impacto na biodiversidade local. Os organismos foram coletados com draga Van-Veen nos anos de 2010-2011 na região litorânea do reservatório Epitácio Pessoa município de Boqueirão - Paraíba. Foram observadas densidades de até 484 ind.m⁻² associados a sedimentos grossos. A transposição das águas do rio São Francisco poderá adensar as populações de outros moluscos invasores já existentes na bacia do rio Paraíba como *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) e *Corbicula largillierti* e favorecer a introdução de novas espécies exóticas como o molusco *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857).

Palavras Chave: *Corbicula largillierti*, molusco invasor, Rio São Francisco

Abstract

The introduction of exotic species is a major cause of the decline of biodiversity in freshwater ecosystems, as it represents potential impact to native species. Originating system Yangtze Kiang River in China, the invasive mussel *Corbicula largillierti* (Philippi, 1844) has been recorded in various regions of South America. The present study reports the first occurrence of *C. largillierti* Paraíba River Basin and warning about the prospect of transposition of the São Francisco River, introduction of other exotic species and their potential impact on local biodiversity. Organisms were collected with Van-Veen dredge in the years 2010-2011 in the coastal region of the reservoir Pessoa city of Boqueirão - Paraíba. Were observed densities up to 484 ind/m² associated with coarse sediments. The transposition of the São Francisco river waters

can thicken the populations of other mollusks invaders already in the Paraíba River basin as *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) and *Corbicula largillierti* and facilitate the introduction of new exotic species such as mollusks *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857).

Keywords: *Corbicula largillierti*, invasive mussel, Rio São Francisco

Introduções de espécies exóticas são a segunda principal causa de perda de biodiversidade em escala global (Darrigran et al., 2011). Espécies exóticas podem se tornar invasoras (Fernandes et al., 2012) e causar problemas de ordens ambiental, saúde, econômica e até mesmo implicações políticas (Shine, 2007).

Corbicula largillierti é um bivalve de água doce da família Corbiculidae (Bivalvia, Heterodonta, Veneroida) de origem asiática e endêmica dos lagos do sistema do rio Yangtze Kiang na China que invadiu diferentes regiões da América do Sul (Mansur et al., 2004). *C. largillierti* foi registrada pela primeira vez no Rio da Prata nas proximidades de Buenos Aires (Ituarte, 1981). Posteriormente foi registrada no Uruguai (Ituarte, 1984) e novamente na Argentina (Ituarte, 1994). No Brasil foi registrada inicialmente no Pantanal do Mato Grosso (Callil and Mansur, 2002) e na Bacia do rio dos Sinos no Rio Grande do Sul (Mansur and Pereira, 2006), seguida por Minas Gerais, Espírito Santo, Santa Catarina e Nordeste (Ceará, Silva and Barros, 2011). Em revisão recente de Pereira et al. (2012) *C. largillierti* é reportada para as bacias Atlântico Nordeste Oriental e Ocidental, São Francisco, Atlântico Leste, Paraná/Paraguai, Uruguai, Atlântico Sul/Sudeste.

C. largillierti é facilmente confundida com *C. fluminea*, diferenciando-se por concha frágil, menor altura e umbos mais baixos (Mansur and Pereira, 2006, Pereira et al., 2012). A introdução de corbiculídeos pode alterar dieta de peixes predadores, prejudicar atividades industriais, gerando perdas econômicas e danos à saúde por serem bioacumuladores de metais pesados (Darrigran, 2002, Santos et al., 2012).

Os espécimes de *C. largillierti* foram coletados em amostras de sedimento em 20 sites na margem do reservatório Epiácio Pessoa (7° 28'4" - 7° 33' 32" S, 36° 8'23" - 36° 16'51" W) na bacia do rio Paraíba, semiárido brasileiro, com uma draga Van-Veen em junho/2010 e dezembro/2011. Foram registradas densidades entre 33 ind.m⁻² e 65 ind.m⁻² (máximo 484 ind.m⁻²) em sedimentos grossos (cascalho, 2-4 mm). A

identificação foi realizada através da caracterização das conchas de acordo com Mansur et al. (2004) e Pereira et al. (2012). O material foi depositado na Coleção de Referência do Laboratório de Malacologia e Sistemática Molecular da Universidade Federal de Minas Gerais, lotes LMSM 3582 e 3583.

A bacia do rio Paraíba compreende uma área de 20.071,83 km², entre as latitudes 6°51'31" e 8°26'21" S e longitudes 34°48'35" - 37°2'15" W. É a segunda maior bacia do Estado da Paraíba, cobrindo 38% do seu território, abrigando 1.828.178 habitantes que correspondem a 52% da sua população total. Considerada como uma das mais importantes do semiárido nordestino (Paraíba, 2012) e que receberá águas da transposição da bacia do rio São Francisco. Portanto, a ocorrência de *C. largillierti* somada à presença de *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) (Caenogastropoda, Thiaridae) (Paz et al., 1995) representam alerta para a potencial dispersão de espécies invasoras na bacia do rio Paraíba, que também podem ser transportadas passivamente por correntes fluviais e aves aquáticas (Figuerola and Green, 2002).

Oliveira et al. (2010) indicaram risco potencial de introdução de *Limnoperna fortunei* (Dunker 1857) (Bivalvia, Mytilidae) na bacia do Rio São Francisco através de estudo de modelagem de nicho ecológico. Com a futura transposição das águas desta bacia existe risco ambiental desta espécie alcançar também a bacia do rio Paraíba, comprometendo as espécies nativas de moluscos e peixes predadores.

O nordeste semiárido apresenta problemas com a introdução de espécies há alguns anos, quando o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca do Ministério da Integração Nacional (DNOCS) introduziu 42 espécies de peixes e crustáceos em aproximadamente 100 reservatórios (Gurgel and Fernando, 1994). Esse fato preocupa e evidencia a necessidade de mais estudos sobre a introdução de espécies na região, especialmente com a transposição das águas da bacia do rio São Francisco.

Futuros estudos devem utilizar abordagem de modelagem de nicho ecológico (e.g., Peterson and Vieglais, 2001) e avaliar fatores abióticos limitantes para prever ambientes com risco potencial de espécies invasoras (Darrigran et al., 2011).

REFERÊNCIAS

CALLIL, CT. and MANSUR, MCD. 2002. Corbiculidae in the Pantanal: history of invasion in souther and South America and biometrical data. *Amazoniana*, vol.17, no. 1 – 2, p. 153 -167.

- DARRIGRAN, G. 2002. Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments. *Biological Invasions*, vol. 4, no. 1, p. 145-156.
- DARRIGRAN, G., DAMBORENEA, C., DRAGO, EC., DRAGO, IZ. and PARAIRA, A. 2011. Environmental factors restrict the invasion process of *Limnoperna fortunei* (Mytilidae) in the Neotropical region: a case study from the Andean tributaries. *International Journal Limnology Journal*, vol. 47, no. 1, p. 221-229.
- FERNANDES, FC., MANSUR, MCD., PEREIRA, D., FERNANDES, LUG., CAMPOS, SC. and DANELOS, OM. 2012. Abordagem conceitual dos moluscos invasores nos ecossistemas límnicos brasileiros. In: MANSUR, MCD., SANTOS, CP., PEREIRA, D., PAZ, ICP., ZURITA, MLL., RODRIGUEZ, MTR., NEHRKE, MV and BERGONCI, PEA. *Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle*. Porto Alegre: Redes, p. 19-23.
- FIGUEROLA, J. and GREEN, AJ. 2002. Dispersal of aquatic organisms by waterbirds: a review of past research and priorities for future studies. *Freshwater Biology*, vol. 47, p. 482-494.
- GURGEL, JJS. and FERNANDO, CH. 1994. Fishes in semi-arid northeast Brazil with special reference to the role of tilapias. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, vol. 79, no. 1, p. 77-94.
- ITUARTE, C. 1981. Primera noticia acerca de la introducción de pelecípodos asiáticos em el área rio platense (Mollusca, Corbiculidae). *Neotrópica*, vol. 27, p. 79-83.
- ITUARTE, CF. 1984. Aspectos biológicos de las poblaciones de *Corbicula largillierii* (Philippi, 1844) (Mollusca Pelecypoda) en el Rio de La Plata. *Revista del Museu de La Plata*, vol. 13, no. 143, p. 231-247.
- ITUARTE, CF. 1994. *Corbicula* and *Neocorbicula* (Bivalvia: Corbiculidae) in the Paraná, Uruguay, and Río de la Plata basins. *Nautilus*, vol. 107, no. 4, p. 129-135.
- MANSUR, MCD. and PEREIRA, D. 2006. Bivalves límnicos da bacia do rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil (Bivalvia, Unionoidea, Veneroidea e Mytiloidea). *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 23, no. 4, p. 1123-1147.
- MANSUR, MCD., CALLIL, CT., CARDOSO, FR., SANTOS, CP. and IBARRA, JAA. 2004. Uma retrospectiva e mapeamento da invasão de espécies de *Corbicula* (Mollusca, Bivalvia, Veneroidea, Corbiculidae) oriundas do sudeste asiático, na América do Sul. In: SILVA, JSV. and SOUZA, RCCL. *Água de lastro e bioinvasão*. Rio de Janeiro: Interciências. p. 39-58.

- OLIVEIRA, MD., HAMILTON, S. and JACOBI, CM. 2010. Forecasting the expansion of the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei* in Brazilian and North American rivers based on its occurrence in the Paraguay River and Pantanal wetland of Brazil. *Aquatic Invasions*, vol. 5, p. 59-73.
- PARAÍBA. 2012. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Comitê Rio Paraíba. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/comites/paraiba/2012>>. Acesso em: março 2012.
- PAZ, RJ., WATANABE, T., DIJCK, MPM and ABÍLIO, FJP. 1995. First record of *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Prosobranchia: Thiaridae) in the state of Paraíba (Brazil) and its possible ecological implications. *Revista Nordestina de Biologia*, vol. 10, no.2, p. 79-84.
- PEREIRA D., MANSUR MCD. and PIMPÃO DM. 2012. Identificação e diferenciação dos bivalves límnicos invasores dos demais bivalves nativos do Brasil. In: MANSUR, MCD., SANTOS, CP., PEREIRA, D., PAZ, ICP., ZURITA, MLL., RODRIGUEZ, MTR., NEHRKE, MV. and BERGONCI, PEA. *Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle*. Porto Alegre: Redes, p. 75-94.
- PETERSON, A. and VIEGLAIS, D. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling: new approaches from bioinformatics attack a pressing problem. *Bioscience*, vol. 51, no. 5, p. 363-371.
- SANTOS, SB; THIENGO, SC; FERNANDEZ, MA; MIYAHIRA, IC; GONÇALVES, ICB; XIMENES, RF; MANSUR, MCD, and PEREIRA, D. 2012. Gastrópodes límnicos invasores: morfologia comparada. . In: MANSUR, MCD., SANTOS, CP., PEREIRA, D., PAZ, ICP., ZURITA, MLL., RODRIGUEZ, MTR., NEHRKE, MV. and BERGONCI, PEA. *Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle*. Porto Alegre: Redes, p. 125-136.
- SHINE, C. 2007. Invasive species in an international context: IPPC, CBD, European Strategy on Invasive Alien Species and other legal instruments. *EPPO/OEPP Bulletin*, vol. 37, p. 103-113.
- SILVA, EC. and BARROS, F. 2011. Macrofauna bentônica introduzida no Brasil: lista de espécies marinhas e dulcícolas e distribuição atual. *Oecologia Australis*, vol. 15, no. 2, p. 326-344.

6. CAPÍTULO II

Macroinvertebrados bentônicos indicadores de qualidade ambiental de reservatórios na região semiárida

E.L. Azevêdo^{a*}, J.E.L. Barbosa,^a; M. Callisto^b, J. Molozzi^a



^aUniversidade Estadual da Paraíba – Laboratório de Ecologia Aquática,
Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas – CCBS, Rua das
Baraúnas , 351, Bodocongó, CEP 58429-500, Campina Grande, PB, Brasil

^bUniversidade Federal de Minas Gerais – Laboratório de Ecologia de Bentos,
Departamento de Biologia Geral, Instituto de Ciências Biológicas – ICB, Av.

Antônio Carlos, 6627, Pampulha,

CP 486, CEP 30161-970, Belo Horizonte, MG, Brasil

Será submetido à revista Journal of Arid Environments

Macroinvertebrados bentônicos indicadores de qualidade ambiental de reservatórios na região semiárida

Resumo

Regiões semiáridas apresentam características climáticas peculiares, o que influencia os ecossistemas aquáticos, como os reservatórios. Além disso, a intensa exploração dos reservatórios nessa região faz com que estejam sujeitos a pressões antrópicas. O objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade ambiental de reservatórios localizados em região semiárida utilizando métricas de distúrbio antropogênico, variáveis ambientais e a comunidade de macroinvertebrados como indicadora. Foram estudados três reservatórios, Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções localizados na região semiárida do Brasil. Vinte locais foram amostrados no perímetro de cada reservatório no período seco de 2011. Em cada local de amostragem foi coletada uma amostra de macroinvertebrados bentônicos, uma amostra de água para mensuração dos parâmetros físicos e químicos e aplicados 10 protocolos de caracterização de habitats físicos para coleta de informações de perturbações antropogênicas e posterior cálculo de métricas de distúrbio. A análise de CLUSTER e PERMANOVA realizada com as métricas de distúrbio evidenciou a formação de dois grupos de distúrbio. Com a realização de análise de PERMANOVA com as variáveis físicas e químicas foi possível verificar diferença significativa entre os grupos formados inicialmente pelas métricas de distúrbio. A diferença entre os grupos foi corroborada com os gêneros de Chironomidae (Díptera, Insecta). O molusco exótico *Melanoides tuberculatus* apresentou elevadas densidades na maioria dos sites de amostragem dos três reservatórios. Considerando as métricas de distúrbio, dados físicos e químicos da água e a fauna de Chironomidae, foram formados dois grupos de locais de amostragem, o grupo 1 com melhor qualidade ambiental e o grupo 2 com menor qualidade. O gênero *Aedokritus* indicou melhor qualidade ambiental, enquanto que os gêneros *Coelotanypus* e *Chironomus* indicaram sites com menor qualidade ambiental. A utilização das métricas de distúrbio, variáveis físicas e químicas e os gêneros de Chironomidae (Díptera, Insecta) indicaram sites com melhor e menor qualidade ambiental. A conservação e o manejo de reservatórios em região semiárida devem ser reforçadas tendo em vista a necessidade da manutenção dos serviços ecológicos desses ecossistemas e a redução da perda de biodiversidade.

Palavras chave: Semiárido, Chironomidae (Díptera, Insecta), Distúrbio, Reservatórios, Bioindicadores

Abstract

Semiarid regions have characteristics peculiar climate, which influences aquatic ecosystems as reservoirs. Moreover, the intense exploitation of reservoirs in this region causes are subject to anthropogenic pressures. The aim of this study was to evaluate the environmental quality of reservoirs located in the semiarid region using metrics anthropogenic disturbance, environmental variables and macroinvertebrate community as an indicator. We studied three reservoirs, Argemiro de Figueiredo, Pessoa and Potions located in the semiarid region of Brazil. Twenty sites were sampled on the perimeter of each reservoir during the dry season of 2011. At each sampling site was collected a sample of benthic macroinvertebrates, a water sample for measurement of physical and chemical parameters and applied 10 protocols for characterization of physical habitats for collecting information from anthropogenic perturbations and subsequent calculation of metrics disorder. The analysis performed with CLUSTER and PERMANOVA metrics disorder showed the formation of two groups of disorder. With the performance analysis PERMANOVA with the physical and chemical variables were unable to verify significant differences between the groups initially formed by metrics disorder. The difference between groups was corroborated by the genera of Chironomidae (Diptera, Insecta). The exotic mollusk *Melanooides tuberculatus* showed high densities in most sampling sites of the three reservoirs. Considering the metrics disorder, physical and chemical data of water and Chironomidae fauna, two groups were formed of sampling locations, group 1 with improved environmental quality and group 2 with lower quality. The genus *Aedokritus* indicated improved environmental quality, while the genera *Chironomus* and *Coelotanypus* indicated sites with lower environmental quality. The use of metrics disorder, physical and chemical variables and genera of Chironomidae (Diptera, Insecta) indicate sites with better and lower environmental quality. The conservation and management of reservoirs in semiarid region should be strengthened in view of the need to maintain the ecological services these ecosystems and reducing biodiversity loss.

Keywords: Semiárid, Chironomidae (Diptera, Insecta), Disturbance, Reservoirs, Bioindicators

6.1. Introdução

O desenvolvimento e manutenção das sociedades humanas dependem da conservação dos recursos de água doce (Karr, 1999; Ligeiro et al., 2013). As regiões semiáridas no mundo apresentam elevado estresse hídrico, chuvas abaixo da média, e longos períodos de estiagem; o estresse hidrológico compromete o desenvolvimento econômico, a subsistência humana e a qualidade ambiental, promovendo enorme pressão sobre os recursos hídricos (Motenegro & Ragabe, 2012).

Reservatórios apresentam funções ecológicas, sociais e econômicas (Tundisi et al., 2008) e estão submetidos a intensa pressão devido aos benefícios relacionados ao represamento, tais como abastecimento, irrigação, recreação e produção de peixe e crustáceos (Mustapha, 2008). Sua importância ecológica está relacionada a uma rede interativa complexa entre espécies, populações, comunidades e o ambiente físico e químico (Tundisi, 1999). A manutenção da qualidade ambiental de reservatórios é imprescindível, particularmente em regiões com escassez de água como o semiárido.

Estudos sobre qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos atualmente têm sido desenvolvidos de forma holística, considerando as características químicas e físicas da água, dados morfométricos e as comunidades biológicas (p.ex.: Meticalfe, 1989; Oliveira & Cortes, 2006; Duran, 2006; Keizer-Vlek et al., 2012; Molozzi et al., 2012). Entre os indicadores de qualidade ambiental, a comunidade de macroinvertebrados bentônicos é a mais utilizada (p.ex.: Karr, 1991; Archambault et al., 2010; Wildsmith et al., 2011; Cardoso et al., 2012; Tweedley et al., 2012). A comunidade de macroinvertebrados bentônicos apresenta diversas características que possibilitam sua utilização em estudos ecológicos, tais como: diversidade de formas de vida e habitats, mobilidade limitada, grande número de espécies, possibilidade de toda a comunidade responder a alterações do ambiente e espécies com ciclo de vida longo (Brandimarte et al., 2004). Devido a esses atributos, que possibilitam o fornecimento de informações de alterações esporádicas, cumulativas e crônicas do ambiente (Barbour et al., 1995; Gorni & Alves, 2012), essa comunidade tem sido utilizada em estudos realizados em rios, lagos e reservatórios (p.ex.: Camargo et al., 2011; Molozzi et al., 2011; White et al.,

2011; Timm et al., 2011; Anderson et al., 2012; Farias et al., 2012; Kidd et al., 2012; Molozzi et al., 2012; Wittmann et al., 2012, Molozzi et al., 2013).

A família Chironomidae (Díptera, Insecta), uma das principais constituintes dos macroinvertebrados bentônicos, desempenha papel importante nas cadeias tróficas aquáticas, sendo o maior elo entre os produtores e consumidores secundários (Tokeshi, 1995). Em estudos recentes alguns gêneros de Chironomidae foram capazes de indicar alterações ambientais de ecossistemas aquáticos (p.ex.: Nazarova et al., 2004; Abílio et al., 2005; Roque et al., 2009; Morais et al., 2010; Fu et al., 2012, Molozzi et al., 2013). A inclusão da fauna de Chironomidae em estudos ambientais em reservatórios brasileiros faz-se necessário principalmente porque a diversidade de macroinvertebrados bentônicos nesses ecossistemas mostra-se baixa, sendo formada principalmente por Oligochaetas, Moluscos, e larvas de Chironomidae (Pamplin et al., 2006).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), buscando aperfeiçoar estudos de avaliação da qualidade ambiental em ecossistemas aquáticos, desenvolveu um protocolo para caracterização de habitats físicos, aplicado em rios, lagos, e reservatórios, que considera as perturbações humanas nesses ecossistemas. Essas informações possibilitam a realização de estudos que englobam a caracterização de distúrbios humanos nas margens do ecossistema, variáveis físicas e químicas da água e comunidades aquáticas. A aplicação do protocolo possibilita o cálculo de métricas de distúrbio humano na zona ripária e inundável dos reservatórios, estas métricas são calculadas levando em consideração a extensão e intensidade da perturbação antrópica, na zona inundável e zona ripária do reservatório (Kaufmann et al., 2011, in press). Segundo Ligeiro et al. (2013) a utilização de um gradiente de perturbação pode ser vantajoso para a classificação de locais mais e menos perturbados.

Em nosso estudo a coleta de macroinvertebrados bentônicos foi realizada na região litorânea dos reservatórios. Esta região apresenta condições ambientais mais favoráveis para o desenvolvimento dos organismos bentônicos, com abundância e biomassa desta fauna geralmente mais elevada do que a da porção profunda, contendo grande disponibilidade de matéria orgânica, maior diversidade alimentar e de nichos ecológicos (Trivinho-Strixino & Strixino, 1993; Abílio et al., 2006).

Este estudo avalia a qualidade ambiental de reservatórios em região semiárida com base em dados de distúrbio antropogênico na zona inundável e zona ripária dos reservatórios, variáveis físicas e químicas da água, e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos como indicadora da qualidade ambiental, com o

objetivo de fornecer base para gestão e conservação desses ecossistemas aquáticos. Espera-se que locais com menor qualidade ambiental apresentem maiores proporções de distúrbio, altas concentrações de nutrientes e táxons de macroinvertebrados indicadores de menor qualidade ambiental. Além disso, estes locais apresentarão maior incidência de espécies exóticas devido às alterações ambientais.

6.2. Métodos

6.2.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado em três reservatórios localizados na região semiárida do Brasil (Tabela 1 e Figura 1), estado da Paraíba, bacia hidrográfica do Rio Paraíba. A região é caracterizada por média pluviométrica anual inferior a 400 mm, índice de aridez de até 0,5 e risco de seca maior que 60% (Pereira-Júnior, 2007). Compreende uma área de 969.589,4 Km², com uma população de mais de 22 milhões de pessoas. O semiárido brasileiro é considerado o mais populoso do mundo (Malvezzi, 2007).

Tabela 1: Dados de caracterização dos reservatórios Argemiro de Figueiredo , Epitácio Pessoa e Poções, localizados na bacia hidrográfica do Rio Paraíba (AESAs, 2012)

Reservatórios	Argemiro de Figueiredo	Epitácio Pessoa	Poções
Localização	7°27,5'3''S 35°35'52,6''W	7°29'20''S 36°17'3''W	7°53'38''S 37°0'30''W
Capacidade (m ³)	253.000.000	418.088.514	29.861.562
Espelho d'água (m ²)	18768815.69	48443154.35	1900595.06
Volume em % (Dezembro 2011)	81,6%	90,8%	51,5%
Ano de construção	1956	1982	2001
Tempo de residência (em anos)	3-5	3-5	3-5

O clima é do tipo BSw_h, semiárido quente com chuvas no verão, segundo a classificação de Köppen (1948), considerado um dos climas mais complexos do mundo (Silva-Filho, 2004). A precipitação média é de 400 mm anuais (Vilela & Mattos, 1975). Os solos apresentam baixa capacidade de acumulação de água, são ricos em sais minerais solúveis, particularmente cálcio e potássio. O pH é neutro ou próximo a

neutralidade (Mendes, 1994). A cobertura vegetal é conhecida como caatinga, tipo de vegetação sazonal, caracterizada como uma floresta de baixo porte com árvores e arbustos com espinhos e microfilia, apresentando plantas suculentas e um estrato herbáceo efêmero, presente durante a estação chuvosa (Guedes, 2010).

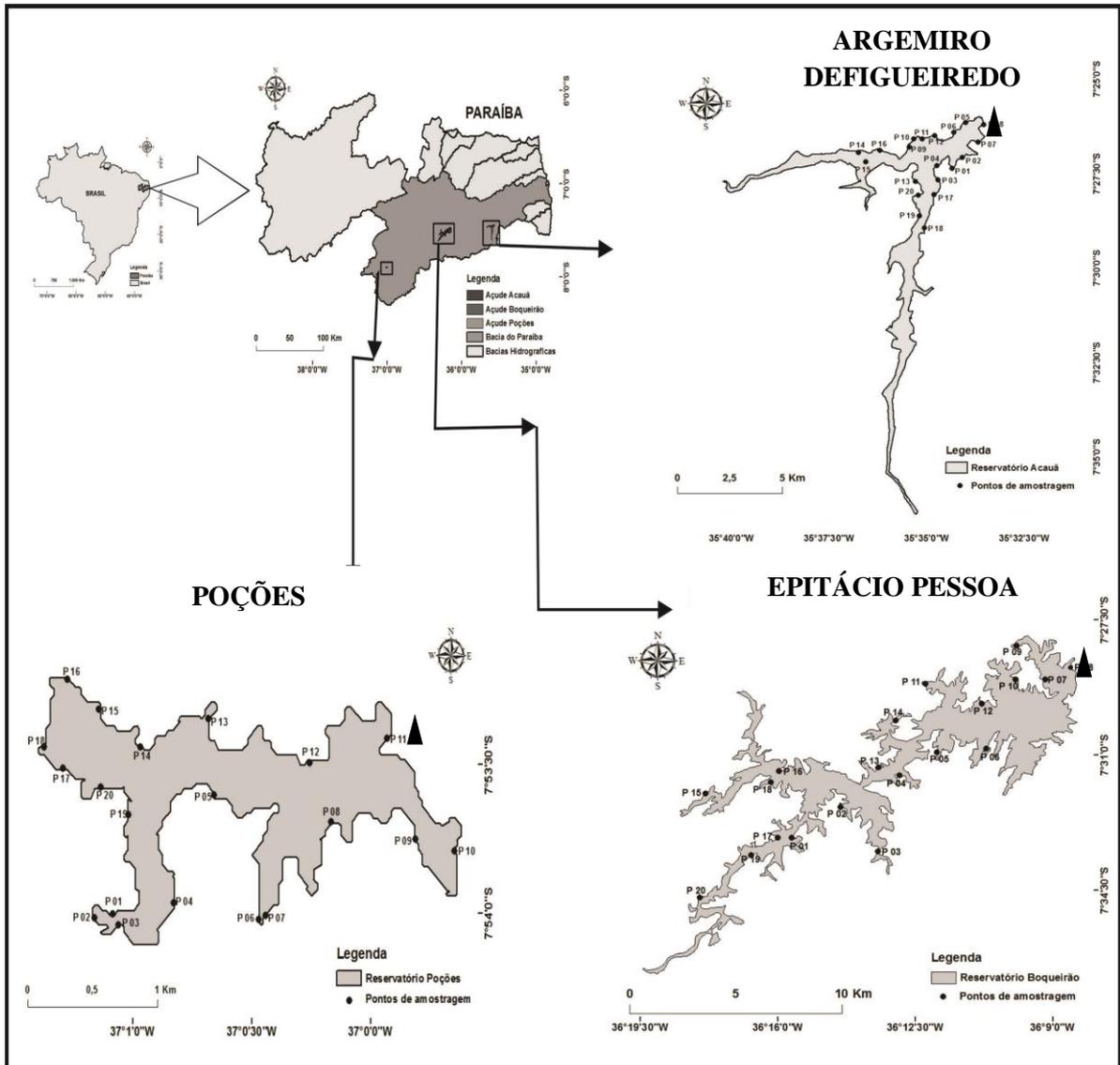


Figura 1: Reservatórios e pontos de amostragem, Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções, localizados na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Os triângulos na figura indicam as barragens dos reservatórios.

A bacia do Rio Paraíba tem uma área de 20.071,83 km², segunda maior do estado da Paraíba. Os solos predominantes são do tipo Brunos Não Cálcicos. A geologia é constituída de compartimentos geológicos classificados como formações oriundas do proterozóico e do arqueozóico, com composição de quartzitos, gnaisses e migmatitos, além de micaxistos e litologia associada ao complexo gnáissico, ocorrendo também rochas vulcânicas e plutônicas de idades diversas (Paraíba, 2012).

Os reservatórios apresentam elevado tempo de residência da água, devido ao ciclo hidrológico, com períodos longos de estiagem, favorecendo a retenção de nutrientes e sedimentos exportados da bacia de drenagem (Freitas et al., 2011). Abaixo estão listados alguns dados de caracterização dos reservatórios (Tabela 1).

6.2.2. Amostragens

Foram definidos 60 pontos de amostragens nos três reservatórios (Argemiro de Figueiredo, Epitácio Pessoa e Poções), sendo distribuídos 20 pontos de amostragem ao longo da região litorânea em cada reservatório. As coletas de água, sedimento, macroinvertebrados e dados físicos, foram realizadas no período de seca de 2011 (dezembro).

6.2.3. Parâmetros físicos e químicos

As amostras de água para análise das concentrações de nutrientes e clorofila-a foram coletadas na sub-superfície da coluna d'água, em seguida armazenadas em garrafas plásticas e resfriadas até a chegada ao laboratório. *In situ* foi mensurada a transparência da água com disco de Secchi, e com auxílio de um multi-analizador (Horiba/U-50) foi mensurada temperatura (°C), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (mg/L), sólidos totais dissolvidos (TDS) e salinidade (%).

Em laboratório foi realizada análise de alcalinidade total pelo método titulométrico (Mackereth et al., 1978) e filtragem das amostras com filtros Whatman GF/C. As concentrações de nutrientes dissolvidos foram analisadas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater (APHA, 1992). As amostras filtradas foram submetidas à análise do íon amônio (N-NH₄ método do endofenol), nitrato (N-NO₃⁻ por redução do cádmio), e nitrito (N-NO₂⁻ método da sulfanilamida). As alíquotas das amostras não filtradas foram submetidas às análises de fósforo total e nitrogênio total, por meio da digestão com persulfato de potássio. A determinação da concentração de clorofila-a (Chlo-a) foi obtida através da extração do pigmento com acetona a 90% (Lorenzen, 1967).

6.2.4. Análise granulométrica e de matéria orgânica

Foram analisadas 60 amostras de sedimento, coletadas na região litorânea, sendo 20 amostras coletadas em cada reservatório em dezembro de 2011. A composição granulométrica foi realizada pelo método de peneiramento, segundo a metodologia de Suguio (1973), modificado por Callisto & Esteves (1996). As amostras de sedimento foram secas em estufa a 60 °C durante 72 h e em seguida foram fragmentadas e agitadas em peneiras de malhas 16,00; 4,00; 1,00; 0,50; 0,125 e 0,062 mm.

As porcentagens de matéria orgânica do sedimento foram determinadas pelo método gravimétrico. Uma alíquota de 0,3 g foi calcinada a 550 °C por 4h em forno mufla, após o procedimento a amostra foi pesada e calculada a diferença entre o peso inicial e após a calcinação.

6.2.5. Macroinvertebrados Bentônicos

As amostras de macroinvertebrados bentônicos foram coletadas com auxílio de draga Van Veen (477cm²), . *In situ*, as amostras foram transferidas para sacos plásticos e conservadas em formal a 4%. Em laboratório as amostras foram lavadas em peneiras de malha 1 mm, 500 µm e 250 µm e armazenadas em potes plásticos com álcool a 70 %. Em seguida as amostras foram triadas em badeiras iluminadas contendo água. O procedimento de identificação foi realizado com auxílio de estereoscópio de luz e de bibliografias especializadas (Mugnai et al., 2010; Ward & Whipple, 1959; Hawking & Smith, 1997). As larvas de Chironomidae (Díptera, Insecta) foram identificadas ao nível de gênero (Trivinho-Strixino, 2011 e Trivinho-Strixino & Strixino, 1995). Finalmente os organismos devidamente identificados foram conservados em *ependorfs* ou em potes plásticos em álcool a 70%.

6.2.6. Protocolo de Caracterização de Hábitats Físicos

O protocolo de caracterização de habitats físicos (Anexo 1) foi aplicado *in situ*. Para cada local de amostragem foram aplicados 10 protocolos consecutivos totalizando a aplicação de 600 protocolos. Para a aplicação do protocolo foi utilizada metodologia

determinada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2011, 2012), onde é definida uma área de observação para coleta de dados referentes aos habitats físicos e perturbação humana. As observações foram realizadas em três zonas: litorânea, inundável e ripária. As medições de cada zona são: zona litorânea 10 m de largura por 15 m de comprimento, zona inundável 15 m de largura com comprimento variável, e zona ripária com 15 m de comprimento por 15 m de largura (Figura 2).

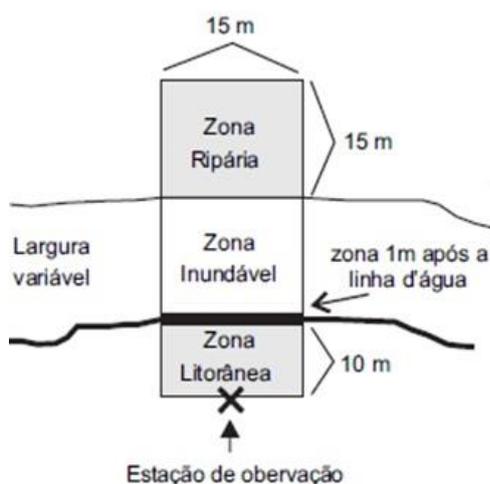


Figura 2: Parcelas de amostragem do protocolo de caracterização de habitats físicos (USEPA, 2012)

Foram avaliados substrato de fundo na zona litorânea, presença e tipo de macrófitas aquáticas, abrigo para peixes, abrigos potenciais para peixes, dossel da zona ripária e zona inundável, tipo de vegetação rasteira, além de avaliar tipos de influências humanas como: presenças de construções, comércios, rampa/praias artificiais, presença de barcos, linhas de transmissão, muros, diques, lixo ou entulho, rodovias ou ferrovias, plantação de grãos, pastagens, pomar, parque/gramado, entre outras influências humanas que poderiam ser detectadas no momento da amostragem. Para cada item avaliado existem numerações que variam de 0 a 4, correspondente ao grau de impacto. Neste trabalho foram utilizados os dados de influência antropogênica na zona inundável e zona ripária para a composição de métricas de distúrbio, de acordo com Kaufmann et al., (2011, in press)

6.2.7. Cálculo das métricas de distúrbio na zona inundável e zona ripária dos reservatórios

Os cálculos das métricas de distúrbio antropogênico na zona inundável e zona ripária foram realizados de acordo com a metodologia desenvolvida pela Agência de proteção Ambiental dos Estados Unidos – USEPA (Environmental Protection Agency of the United States), descrita em Kaufmann et al. (2011, in press). Neste trabalho foram utilizados para a composição das métricas os índices de extensão e intensidade do distúrbio humano na zona ripária e zona inundável.

O índice de distúrbio humano na região ripária (*RDis_IX* - Shoreline human disturbance index) considera 12 tipos de distúrbios ou atividades humanas na zona ripária. Quatro atividades são relacionadas a agricultura (plantação de grãos, pastagem, pomar, parque/gramado) e oito atividades se relacionam a outros tipos de perturbação (construções, comércio, rampa/praias artificiais, docas/barcos, muros/diques, lixo/entulho, rodovias/ferrovias, linhas de transmissão). A métrica de distúrbio é calculada considerando a perturbação, ausente, dentro, ou fora da parcela analisada, onde a perturbação ausente corresponde a 0, a perturbação dentro da parcela recebe peso 1 e a perturbações adjacentes à parcela analisada recebe peso 0,5, em seguida os valores são ponderados para cálculo final da métrica. O índice que compõe a métrica final (*RDis_IX*) apresenta valores que variam de 0 a 1, considerando que menores valores indiquem menor grau de distúrbio e maiores valores, distúrbios mais intensos. A composição da métrica de distúrbio da zona inundável foi calculada de modo semelhante (Kaufmann et al. 2011, in press). Neste trabalho adotamos a denominação *RDis_IX Rip* para a métrica de distúrbio na zona ripária e a denominação *RDis_IX inund* para distúrbios na zona inundável.

6.2.8. Análises estatísticas

Para avaliar o agrupamento das métricas de distúrbio na zona inundável (*RDis_IX inund.*) e zona ripária (*RDis_IX Rip*) em relação aos pontos de amostragem, foi realizada análise de agrupamento, utilizando distância euclidiana (CLUSTER). Após a formação dos grupos de pontos de amostragem compostos pelas métricas de distúrbio, foi realizada uma análise PERMANOVA (Análise de Variância Permutacional Multivariável; Anderson, 2001; Anderson & Braak, 2003; Anderson et al, 2008), para verificar a existência de diferença significativa entre os grupos formados a “priori” pelas métricas de distúrbio na zona inundável (*RDis_IX inund.*) e zona ripária (*RDis_IX Rip*).

Para as análises de CLUSTER e PERMANOVA, os dados foram tratados com a distância euclidiana entre os pontos, não foram necessárias transformação e normalização dos valores das métricas de distúrbio, porque estes variam entre 0 e 1. Para visualizar os intervalos de valores das métricas de distúrbio e o ponto de corte em relação ao grau de distúrbio, foi gerado um gráfico de dispersão (XY) no software Excel X.0.

As análises estatísticas das variáveis físicas e químicas da água e da comunidade de macroinvertebrados bentônicos foi realizada obedecendo ao agrupamento inicial formado pelos locais de amostragem separados pelos valores das métricas de distúrbio na zona ripária e zona inundável (*RDis_IX Rip.* e *RDis_IX inund.*). Os dados físicos e químicos foram agrupados de acordo com o agrupamento formado pelas métricas de distúrbio, estandardizados e tratados com a distância euclidiana entre os pontos, em seguida foi realizada PERMANOVA para verificar a existência de diferença significativa entre os grupos de pontos de amostragem e as variáveis físicas e químicas da água. No entanto, os dados de composição granulométrica foram transformados em Arcoseno para obter valores entre 0 e π , tendo em vista a padronização dos dados. Os dados de densidade de macroinvertebrados foram transformados para raiz quarta e tratados com distância de Bray-curtis, foram agrupados de acordo com a formação de grupos para as métricas e realizada PERMANOVA para verificar a existência de diferença significativa entre os grupos de pontos de amostragem e os gêneros de Chironomidae (Díptera, Insecta). Para visualização dos grupos formados pelas variáveis físicas e químicas foi realizada PCO (Análise de Coordenadas Principais), (Torgerson, 1958; Gower, 1966) considerando somente as variáveis que apresentasse correlação de Pearson maior ou igual a 0,5.

Em seguida foi utilizado o mecanismo SIMPER (Porcentagem de Similaridade) com os dados de abundância de gêneros de Chironomidae (Díptera, Insecta). Os dados foram transformados em raiz quarta, para verificar a contribuição de até 90% dos gêneros de Chironomidae para cada grupo formado inicialmente pelos valores das métricas de distúrbios.

Para as análises com a comunidade de macroinvertebrados bentônicos foram considerados apenas os gêneros de Chironomidae (Diptera) por terem sido identificados ao nível de gênero e pelos outros organismos da comunidade de macroinvertebrados terem apresentado baixa riqueza e densidade de insetos e anelídeos, e elevadas densidades do molusco exótico *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774).

Para identificação das variáveis preditivas para a fauna de Chironomidae foi realizada a análise de DISTLM (Distância Baseada em Modelo Linear) com os dados transformados em raiz quarta (Legendre & Aderson, 1999; McArdle & Anderson, 2001). Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa PRIMER-6 + PERMANOVA (Systat Software, Cranes Software International Ltd. 2008).

6.3. Resultados

Na análise de agrupamento houve a formação de dois grupos considerando os valores das métricas de distúrbio na zona inundável (*RDis_IX Inund*) e zona ripária (*RDis_IX Rip*) dos locais de amostragem (Figura 3). O agrupamento das métricas realizado inicialmente pela análise de CLUSTER foi corroborado pela análise PERMANOVA que evidenciou diferença significativa entre os dois grupos para as métricas de distúrbio nos locais de amostragem (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,59} = 86,65$; $p = 0,001$).

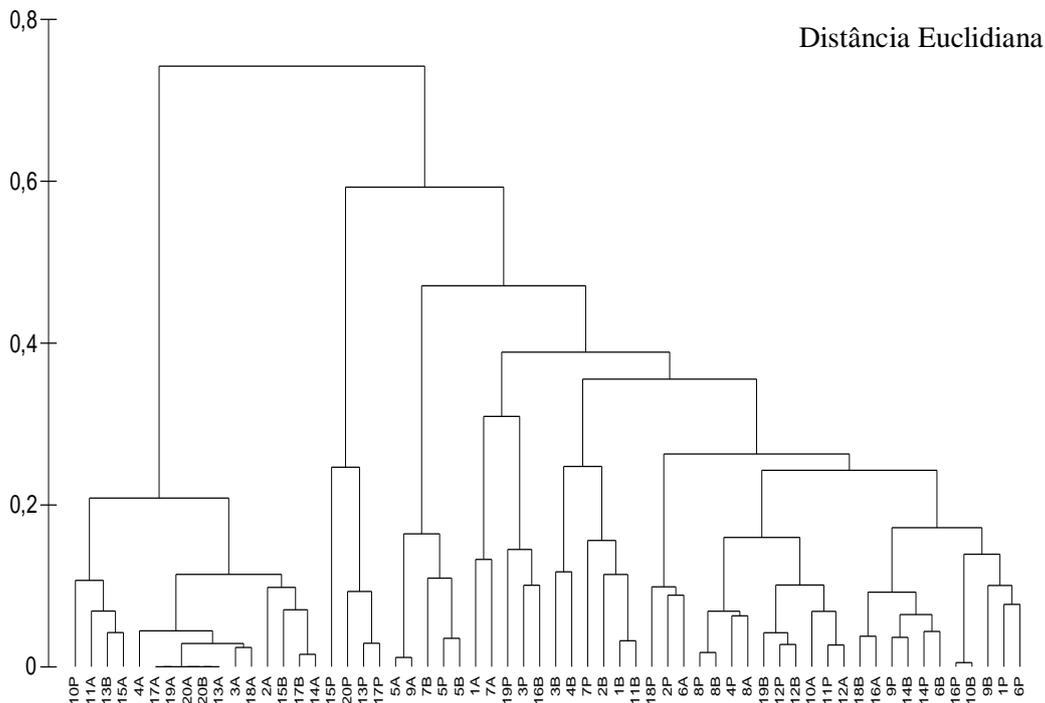


Figura 3: Agrupamento dos locais de amostragem de acordo com os valores das métricas de distúrbio na zona inundável (*RDis_IX Inund*) e zona ripária (*RDis_IX Rip*). A, representa Acauã (Argemiro de Figueiredo), B represeta Boqueirão

A análise de dispersão (Figura 4) mostrou que os menores valores para as métricas de distúrbios nas zonas inundável e ripária ocorreram nos locais de amostragem 2, 3, 4, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20 no reservatório Argemiro de Figueiredo (Acauã); 13, 15, 17, 20 no reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão) e no sítio 10 do reservatório Poções. Esses locais de amostragem correspondem ao agrupamento formado pelo CLUSTER (Figura 3). Os menores valores estiveram no intervalo entre 0 e 0,3 para as duas métricas de distúrbio (*RDis_IX Inund* e *RDis_IX Rip*) (Figura 4), os demais locais de amostragem apresentaram valores maiores que 0,3 para ambas ou uma das métricas de distúrbio. O valor 0,3 da métrica de distúrbio, tanto na zona ripária como na zona inundável, foi considerado como ponto de corte porque os locais de amostragem com menores valores para a métrica de distúrbio agruparam-se tendo esse valor como máximo (grupo 1). Os locais de amostragem 16 P e 10 B não se encaixaram no grupo 1 porque o distúrbio na zona ripária esteve no limite do ponto de corte e o valor da métrica de distúrbio na zona inundável foi superior a 0,3 (Figura 4). Desse modo, locais de amostragem com o valor de apenas uma das métricas de distúrbio (*RDis_IX Inund* e *RDis_IX Rip*) superior a 0,3 não foram agrupados no grupo 1, o que também foi corroborado pela análise de agrupamento (Figura 3).



Figura 4: Valores para as métricas de distúrbio variando de 0 a 1. Menores valores de distúrbio entre 0 e 0,3.

Os dois grupos também foram diferentes quanto a composição física e química da água, quanto ao P - total (Fósforo total) (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,59} = 10,501$; $p = 0,001$); PO_4 (Ortofosfato) (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,59} = 9,1566$; $p = 0,007$); NO_3^- (Nitrato) (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,59} = 7,334$; $p = 0,01$); NO_2^- (Nitrito) (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,59} = 4,9311$; $p = 0,032$) e areia média (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,59} = 5,3994$; $p = 0,039$). Os locais de amostragem agrupados no grupo 1 apresentaram menores valores de P-total (Fósforo total) 637, 5 $\mu\text{g/L}$ ($\pm 434,48$), PO_4 (Ortofosfato) 55,87 $\mu\text{g/L}$ ($\pm 83,18$), NO_3^- (Nitrato) 31,31 ($\pm 11,62$), NO_2^- (Nitrito) 5,07 ($\pm 2,23$) e de areia média 12,62% ($\pm 6,85$) (Tabela 2). As demais variáveis com, pH, N - total (Nitrogênio total), NH_4 (Amônia), cascalho, areia grossa, areia fina, silte/argila e matéria orgânica não apresentaram diferenças significativas entre os dois grupos, Tabela 2.

O primeiro eixo da análise de coordenadas principais explicou 48% da variação total dos dados e o segundo eixo explicou 22,9% (Figura 5). Os resultados da PCO corroboraram com a PERMANOVA, permitindo a visualização dos locais de amostragem agrupados no grupo 1 e no grupo 2 em relação às principais variáveis ambientais, mostrando que o grupo 2 esteve relacionado a maiores valores de P-total, PO_4 , NO_3^- , NO_2^- , e areia média (Figura 5 e Tabela 2).

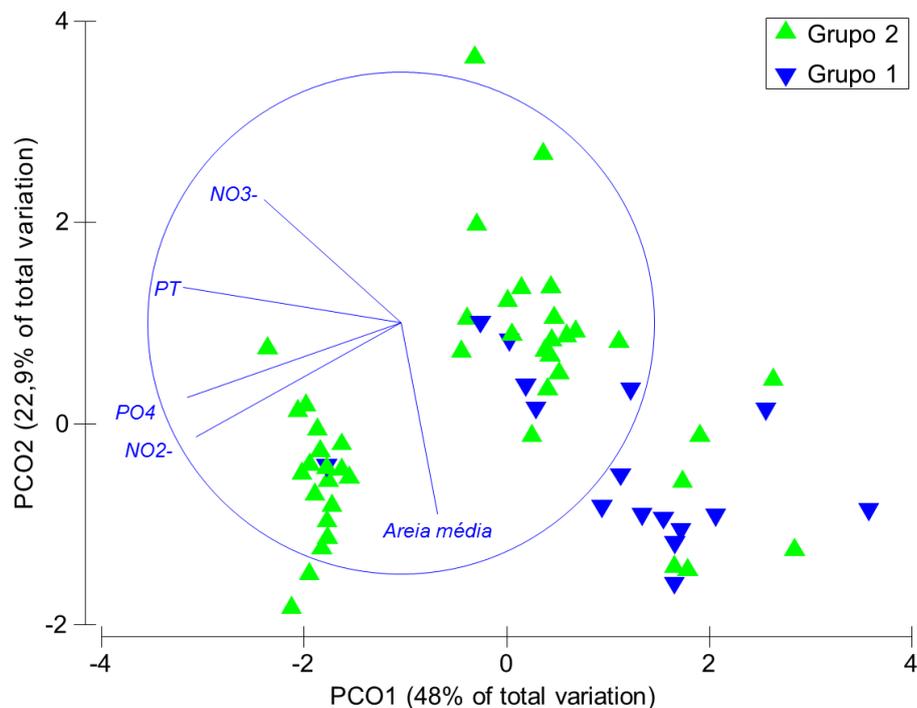


Figura 5: Análise de coordenadas principais utilizando apenas as variáveis diferentes significativamente entre os grupos de distúrbio. P-total, PO_4 , NO_3^- , NO_2^- e areia média, correlacionados ao de grupo 2 de distúrbio.

Tabela 2: Média de valores das variáveis físicas e químicas nos dois grupos de distúrbio. (*) indica as variáveis diferentes significativamente entre os grupos de distúrbio. Onde Temp. (Temperatura), ORP (Potencial oxi-redox), Cond. (Condutividade), Turb. (Turbidez), OD (Oxigênio dissolvido), TDS (Sólidos totais dissolvidos), Sal. (Salinidade), Alcal (Alcalinidade), P - total (Fósforo total), PO₄ (Ortofosfato), N – total (Nitrogênio total), NH₄ (Amônia), NO₃⁻ (Nitrato), NO₂⁻ (Nitrito), Clo-a (Clorofila - a), Mat. Org. (Matéria orgânica).

	GRUPO 1	GRUPO 2
Temp. (°C)	28,9 ± 1,12	28,61 ± 1,39
pH	8,1 ± 0,30	7,99 ± 0,40
ORP (mV)	197,5 ± 21,61	184,63 ± 30,11
Cond.(mS/cm)	1,015 ± 0,15	0,85 ± 0,13
Turb (NTU)	116,8 ± 97,39	129,1 ± 160,40
OD (mg/L)	9,64 ± 0,97	8,96 ± 2,33
TDS (g/L)	0,64 ± 0,09	0,54 ± 0,08
Sal. %	0,04 ± 0,007	0,04 ± 0,004
Alcal. (mg CaCO ₃ /L)	21,37 ± 3,96	21,61 ± 6,21
*P - total (µg/L)	637,5 ± 434,48	1009,7 ± 378,16
*PO ₄ (µg/L)	55,87 ± 83,18	191,15 ± 170,93
N - total (µg/L)	907,07 ± 356,37	874,9 ± 584,52
NH ₄ (µg/L)	53,57 ± 72,86	124,6 ± 155,04
*NO ₃ ⁻ (µg/L)	31,31 ± 11,62	41,5 ± 13,29
*NO ₂ ⁻ (µg/L)	5,07 ± 2,23	8,44 ± 5,90
Clo-a (µg/L)	14,94 ± 48,53	49,4 ± 64,42
Mat. org.(%)	3,52 ± 2,77	5,22 ± 4,58
Cascalho (%)	38,43 ± 22,89	27,14 ± 23,20
Areia grossa.(%)	24,43 ± 16,51	23,87 ± 9,00
*Areia média. (%)	12,62 ± 6,85	17,94 ± 8,06
Areia fina. (%)	13,41 ± 7,70	17,7 ± 12,26
Silte/argila (%)	11,09 ± 11,51	13,3 ± 11,50

Foram coletados 11145 organismos distribuídos em 23 táxons (Tabela 3). Quando considerados todos os táxons da comunidade não houve diferença significativa entre os sítios de amostragem (p>0,05). A espécie exótica de molusco, *Melanooides tuberculatus* (Muller, 1774), apresentou elevadas densidades em ambos os grupos (Tabela 3). Além disso, foi registrada a presença de outro molusco exótico, *Corbicula*

largilliet (Philippi, 1844). No entanto, apenas os gêneros de Chironomidae (Díptera Insecta) foram considerados para as análises estatísticas.

Tabela 3: Médias de densidades de macroinvertebrados nos dois grupos de distúrbio.

TÁXONS	GRUPO 1 Média; ind/m²	GRUPO 2 Média; ind/m²
MOLUSCA		
<i>Melanoides tuberculatus</i> , Müller, 1774	3486,63 ± 3479,50	3227,55 ± 3401,99
Planorbidae	*	41,92 ± 111,66
Pomaceae	*	0,47 ± 3,16
<i>Corbicula largilliert</i> , Philippi, 1844	*	0,47 ± 3,16
ANÉLIDA		
Oligochaeta	47,16 ± 167,62	82,42 ± 295,45
Hirudínea	1,31 ± 5,24	9,52 ± 25,35
DIPTERA		
Ceratopogonidae	*	0,95 ± 4,41
Chironomidae (Diptera)		
<i>Chironomus</i> , Meigen, 1803	1,31 ± 5,24	273,96 ± 1121,71
<i>Goeldichironomus</i> , Fittkau, 1965	26,2 ± 62,42	145,32 ± 725,27
<i>Fissimentum</i> , Cranston & Nolte, 1996	7,86 ± 31,44	0,95 ± 6,32
<i>Parachironomus</i> , Lenz, 1921	*	0,95 ± 4,41
<i>Aedokritus</i> , Roback, 1958	18,34 ± 47,11	0,95 ± 6,32
<i>Asheum</i> , Sublette & Sublette, 1983	1,31 ± 5,24	*
<i>Coelotanypus</i> , Kieffer, 1913	*	103,39 ± 337,62
<i>Clinotanypus</i> , Kieffer, 1913	*	0,47 ± 3,16
<i>Thienemanniella</i> , Fittkau, 1957	*	0,47 ± 3,16
<i>Cladopelma</i> , Kieffer, 1921	1,31 ± 5,24	*
ODONATA		
Gomphidae	3,93 ± 11,40	1,42 ± 5,34
Libellulidae	*	2,38 ± 8,10
Coenagrionidae	*	0,95 ± 4,41
HETEROPTERA		
Corixidae	*	0,47 ± 3,16
EPHEMEROPTERA		
Baetidae	1,31 ± 5,24	*
CRUSTACEA		
Decapoda	32,75 ± 93,43	7,14 ± 27,10

A contribuição dos gêneros de Chironomidae foi diferente entre os dois grupos formados (PERMANOVA: Pseudo- $F_{1,35} = 3,5916$; $P = 0,005$). O que foi corroborado pela análise de SIMPER, que mostrou que os grupos formados apresentaram dissimilaridade de 91,48 % quanto a contribuição dos gêneros de Chironomidae. O grupo 1 teve os gêneros *Goeldichironomos* e *Aedokritus* como os principais contribuintes, 71,81% e 28,19% respectivamente (Tabela 4). Os gêneros que mais contribuíram para o grupo 2 foram *Goeldichironomus*, *Coelotanypus* e *Chironomus*, com contribuição de 55,87%, 31,76% e 11,22% respectivamente (Tabela 4). O gênero *Chironomus* apresentou maior densidade nos locais de amostragem do grupo 2 de distúrbio com densidade de 145,32 ind/m² ($\pm 725,27$). Como também, os locais de amostragem agrupados no grupo 2 apresentaram maiores densidades de *Goeldichironomus* (273,96 ind/m² $\pm 1121,71$). O gênero *Fissimentum* foi registrado em maior densidade nos locais de amostragem localizados no grupo 1 com densidade de 7,86 ind/m² ($\pm 31,44$), (Tabela 3). Os gênero *Parachironomus* e *Coelotanypus* estiveram restritos apenas aos locais de amostragem agrupados no grupo 2 de distúrbio.

Tabela 4: Abundância média de táxons que contribuíram até 90% da fauna de Chironomidae (Díptera, Insecta) (análise SIMPER) entre os locais de amostragem dos dois grupos de distúrbio.

Gêneros Chironomida (Díptera, Insecta)	Grupo 1	Grupo 2
<i>Goeldichironomus</i> , Fittkau, 1965	71,10	55,87
<i>Coelotanypus</i> , Kieffer, 1913		31,76
<i>Chironomus</i> , Meigen, 1803		11,22
<i>Aedokritus</i> , Roback, 1958	28,19	

A análise DISTLM (Distância Baseada em Modelo Linear) mostrou que as variáveis preditoras para a fauna de Chironomidae agrupada no grupo 1 foram a temperatura, oxigênio dissolvido, alcalinidade, N - total, cascalho e areia fina. Enquanto que a fauna agrupada no grupo 2 teve como variáveis preditoras o oxigênio dissolvido, salinidade e silte/argila. Esta análise também foi realizada para verificar as variáveis ambientais que influenciaram os moluscos *Melanooides tuberculatus*. Esses moluscos foram influenciados principalmente pelo pH, TDS, P - total e NO₃⁻.

6.4. Discussão

As atividades humanas no perímetro dos reservatórios reduzem a complexidade da zona inundável e da zona ripária (Kaufmann et al., 2011, in press), causando o assoreamento e degradação do ecossistema, o que diminui sua qualidade ambiental (Clements et al., 2006). Este fato associado ao enriquecimento orgânico pode ter ocasionado a diminuição da qualidade ambiental na maioria dos sítios amostrais nos reservatórios estudados.

A influência humana no entorno dos sítios amostrais promove o incremento de nutrientes reduzindo a qualidade ambiental (Verdonschot et al., 2012; Barbone et al., 2012), como foi verificado em nosso estudo. Dessa forma, o enriquecimento de nutrientes pode ter causado mudanças nas comunidades aquáticas (Vollenweider & Kerekes 1982; Navarro et al., 2009). Tendo em vista que os locais de amostragem agrupados no grupo 2 apresentaram maiores concentrações de nutrientes. O maior grau de distúrbio nesses locais de amostragem esteve relacionado a maiores proporções de atividades agrícolas, construções humanas, desenvolvimento de criações de animais e locais desmatados. Os distúrbios humanos no entorno dos reservatórios afetam a fauna de Chironomidae (Ferreira et al., 2009). Abílio et al. (2005, 2007), também relaciona a presença de lavouras irrigadas em açudes no semiárido brasileiro à perturbação da fauna bentônica, provocada pelo aumento no enriquecimento orgânico. Em estudo realizado para selecionar locais de referência em rios com cultivo de truta em Guadalajara, Espanha, o autor evidenciou que os locais de menor qualidade ambiental foram influenciados pelos nutrientes inorgânicos, como amônia e fosfato (p.ex.: Camargo et al., 2011).

Em reservatórios as elevadas concentrações de Nitrato, Nitrito e Ortofosfato nos locais de amostragem agrupados no grupo 2 indicam enriquecimento orgânico, o que pode causar floração do fitoplâncton (Muhid et al., 2013). Feio et al. (2010) estudando córregos em clima mediterrâneo relaciona menores concentrações de Nitrato (NO_3) a locais com melhor qualidade ambiental, como ocorreu nos locais de amostragem agrupados no grupo de distúrbio 1, que apresentou menores valores para as métricas de distúrbio na zona inundável e ripária.

A redução da qualidade ambiental pode ter promovido elevadas densidades de organismos generalistas (Brauns et al., 2007), como pôde ser observado com o molusco exótico *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) que teve elevadas densidades em todos

os locais de amostragem e *Corbicula largilliert* (Philippi, 1844) que apresentou menores densidades. As elevadas densidades de *M. tuberculatus* estiveram relacionadas aos valores altos de pH, P-total e NO_3^- da água. O pH básico favorece a formação da concha do molusco que terá íons carbonatos em abundância, o que foi corroborado com valores de alcalinidade elevados, como constatado por Abílio et al. (2006 e 2007) estudando reservatórios no semiárido brasileiro. Altas densidades de *Melanoides tuberculatus* comumente são registradas em ecossistemas aquáticos no semiárido do Brasil (Paz et al., 1995; Abílio, 2002; Abílio et al., 2006). Este molusco apresenta elevada plasticidade podendo colonizar ambientes em diferentes condições tróficas, porém em ambientes eutrofizados apresentam maiores densidades e maior biomassa do que quando comparado a ambientes de melhor qualidade (Santos & Eskinazi-Sant'Anna, 2010, Molozzi et al., 2013). Em condições naturais *Melanoides tuberculatus* possui capacidade de se enterrar no sedimento fechando o opérculo (Abílio et al., 2002), apresentando grande capacidade de resistir à dessecação, sobrevivendo por até 26 meses em estivação (Abílio et al., 2007), este fato pode aumentar o potencial de recolonização desses moluscos em períodos de estresse hídrico nos reservatórios.

O aumento do desenvolvimento humano ao longo da zona litorânea de lagos está associada a elevação das densidades de macroinvertebrados, estudo realizado por Brauns et al. (2007) em lagos na Alemanha, mostra que a abundância de Chironomidae aumentou de 72,5% em lagos com menores níveis de perturbação para 96,4% em lagos mais perturbados, resultado semelhante foi obtido por Camargo et al. (2011) estudando rios com cultivo de truta em Guadalajara, Espanha. Este fato também foi observado em nosso estudo, onde ocorreu maiores densidade de gêneros indicadores de perturbação, como *Goeldichironomus*, *Chironomus* e *Coelotanytus*, presentes em maior densidade nos locais de amostragem agrupados no grupo 2.

Santana et al. (2009) estudando um riacho no semiárido brasileiro, associa a dominância de um único grupo de macroinvertebrados ou a presença de poucas espécies a perturbação antropogênica. Diaz et al. (2007), estudando rios do semiárido na Espanha relaciona a perturbações antrópicas como agricultura, qualidade da mata ciliar e aporte de nutrientes a influencias na organização da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. A qualidade ambiental entre os grupos de distúrbio formados foi indicada pelos gêneros de Chironomidae uma vez que no grupo 1 (locais com menor perturbação antrópica) foram registrados os gêneros *Goeldichironomus*, com menores densidades *Aedokritus*, e o gênero *Fissimentum*. Apesar de alguns estudos associarem

Goeldichironomus e *Aedokritus* a locais com enriquecimento orgânico (p.ex.: Dornfeld et al., 2005; Brito-Júnior et al., 2005), em nosso estudo a presença de *Goeldichironomus* (em baixa densidade) e *Aedokritus* (em maior densidade) esteve relacionada a concentrações de PO_4 , NO_3^- e NO_2^- (grupo 1). O gênero *Fissimentum* é um indicador de melhores condições ambientais, são organismos bastante sensíveis à poluição orgânica, em geral vivem ambientes pouco impactados (Roque, 2000, Leal et al., 2004). O grupo 2 (locais com maiores métricas de distúrbio) apresentou como principais gêneros *Goeldichironomus*, em maior densidade, *Coelotanypus* e *Chironomus*. A presença de *Chironomus* esteve relacionada a locais com maiores concentrações de PO_4 , NO_3^- e NO_2^- . Em estudos realizados em reservatórios no Sudeste e Sul do Brasil foram observadas maiores contribuições do gênero *Chironomus* em reservatórios eutróficos (p.ex. Dornfeld et al., 2005; Takahashi et al., 2008). Na região semiárida do Brasil, estudos em reservatórios mostram esse gênero relacionado ao enriquecimento orgânico (Abílio et al., 2005; Brito-Júnior et al., 2005).

O gênero *Parachironomus* que esteve restrito aos locais de amostragem do grupo 2 de distúrbio é um gênero generalista, existindo espécies minadoras de macrófitas (Trivinho-Strixino et al., 2000). Esse gênero provavelmente esteve relacionado à presença de macrófitas submersas, tendo em vista que foram encontrados apenas em locais de amostragem do reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão), o único a apresentar macrófitas entre os reservatórios estudados. O gênero *Coelotanypus* que também esteve restrito aos locais agrupados no grupo 2 de distúrbio são tolerantes a ambientes perturbados (Trivinho-Strixino, & Strixino, 2005; Simião-Ferreira et al., 2009).

Considerando o distúrbio humano na zona litorânea e inundável dos reservatórios, física e química da água e os gêneros de Chironomidae (Díptera), 25% dos sítios de amostragem foram classificados como tendo boa qualidade ambiental e 75% apresentam condições menor qualidade ambiental. O reservatório Poções apresentou apenas um local de amostragem classificado como tendo boa qualidade ambiental, isso se deve ao fato desse reservatório apresentar suas margens com grande impacto humano, com muitas residências e agricultura. Apesar de o reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão) apresentar melhor caracterização física e química da água, grande parte dos locais de amostragem, não foram classificados como tendo boa qualidade ambiental neste reservatório, isto ocorreu pelo fato do perímetro deste

reservatório também apresentar uma grande influência humana com grande quantidade de residências e plantações, principalmente de Bananeiras.

O reservatório Argemiro de Figueiredo apresentou a maior proporção de locais de amostragem classificados como tendo melhor qualidade ambiental, isso ocorreu devido ao fato deste reservatório apresentar grande parte de suas margens conservadas com, preservação considerável da vegetação nativa. Um fator que faz com que este ambiental tenha esta característica possivelmente é a inclinação bastante elevada de suas margens que dificulta a ocupação humana.

Nosso trabalho não se deteve na determinação de locais de referência, no entanto, podemos definir sítios com menor perturbação através de atributos físicos, químicos e biológicos (Nijboer et al., 2004). Os locais classificados como tendo boa qualidade ambiental devem ser conservados e utilizados como balizadores na recuperação dos demais locais em más condições ambientais. A avaliação ambiental para planejamento da conservação é de fundamental importância no contexto da influência antropogênica que ameaça a biodiversidade e integridade dos ecossistemas naturais (Raunio et al., 2011). Reservatórios devem ser considerados nesta perspectiva. Bem como a conservação e gestão de ecossistemas aquáticos em regiões semiáridas devem ser reforçadas devido à natureza peculiar dessa ecorregião (Barbosa et al., 2012). Tendo em vista que estudos para a indicação de condições de referência possam ser realizados, deve-se preferir a determinação da condição de referência ecorregional (Dodds et al., 2006).

6.5. Conclusão

Nossos resultados mostram que foi possível identificar locais com melhores condições ambientais e locais com más condições ambientais, o que deve ser considerado no gerenciamento e manejo desses ecossistemas, sendo essencial a manutenção de seu estado ecológico, tendo em vista a gradativa redução de ambientes naturais.

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos como um todo não foi capaz de indicar a qualidade ambiental em reservatórios localizados em região semiárida neste estudo. Contudo, a assembleia de gêneros de Chironomidae (Dípera, Insecta) mostrou-se eficaz na determinação da qualidade ambiental de reservatórios em região semiárida. Uma abordagem abrangente da qualidade ambiental, considerando atributos físicos,

químicos e biológicos, em especial utilizando os gêneros de Chironomidae (Díptera) mostrou-se como uma boa ferramenta para a avaliação da qualidade ambiental de reservatórios em região semiárida, tendo em vista que envolve informações de qualidade da água, intensidade de influências antrópicas dados biológicos do ecossistema.

A maior parte dos locais de amostragem classificados como tendo boa qualidade ambiental ocorreu no reservatório Acauã. Esta observação ocorreu pelo reservatório apresentar melhor conservação das margens e conseqüentemente menor perturbação humana. Os reservatórios Boqueirão e Poções apresentaram maior influência humana em suas margens, o que fez que a maior parte dos locais de amostragem nesses reservatórios não fosse classificados como tendo boa qualidade ambiental.

Foram registradas duas espécies exóticas nos reservatórios, *Melanoides tuberculatus*, que historicamente tem invadido os ecossistemas aquáticos do semiárido, e o bivalve *Corbicula largillierti*, registrado pela primeira vez na bacia do rio Paraíba, mostrando que a bacia do Rio Paraíba apresenta ambiente propício a introdução de outras espécies exóticas, visto que a maior parte dos locais de amostragem na bacia encontram-se em condições de má qualidade ambiental.

6.6. Perspectivas Futuras

Estudos mais exploratórios devem ser realizados tendo em vista o aumento do número reservatórios amostrados na mesma ecorregião para definir de maneira mais clara a qualidade ambiental dos reservatórios para toda a ecorregião estuda.

O registro de espécies exóticas, sobretudo de *Melanoides tuberculados*, mostra a necessidade de serem realizados estudos que considerem a dispersão, influências e possibilidades de introdução de organismos exóticos nos ecossistemas aquáticos do semiárido, a exemplo de estudos de modelagem de nicho.

6.7. Referências

- ABÍLIO, F.J.P., FONSECA-GESSNER A.A., LEITE, R.L., RUFFU, T.R.M., 2006. Gastrópodes e outros invertebrados do sedimento e associados à macrófita *Eichhornia crassipes* de um açude hipertrófico do semi-árido paraibano. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 1, 165-178.
- ABÍLIO, F.J.P., 2002. Gastrópodes e outros invertebrados bentônicos do sedimento litorâneo e associados a macrófitas aquáticas em açudes do semi-árido paraibano, Nordeste do Brasil. São Carlos, São Pulo, 179p. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos.
- ABÍLIO, F.J.P., GESSNER, A.A.F., WATANABE, T., LEITE, R.L., 2005. *Chironomus* gr. *decorus* (Díptera - Chironomidae) e outros insetos aquáticos de um açude temporário do semi-árido paraibano. *Revista Entomologia y Vectores*, Rio de Janeiro 12, 233-242.
- ABÍLIO, F.J.P., RUFFO, T.L.M., SOUZA, A.H.F.F., FLORENTINO, H.S., OLIVEIRA-JÚNIOR, E.T., MEIRELES, B.N., SANTANA, A.C.D., 2007. Macroinvertebrados Bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. *Oecologia Brasiliensis* 11, 397-409.
- ANDERSON, M.J., BRAAK, C.J.F., 2003. Permutation tests for multi-factorial analysis of variance. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 73, 85-113.
- ANDERSON, M.J., 2001 A. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* 26, 32-46.
- ANDERSON, M.J., 2001 B. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58, 626-639.
- ANDERSON, M.J., GORLEY, R.N., CLARKE, K.R., 2008. PERMANOVA + for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E. Plymouth.
- ANDERSON, T.J., STELZER, R.S., DRECKTRAH, H.G., EGGERT, S.L., 2012. Secondary production of Chironomidae in a large eutrophic lake: implications for lake sturgeon production. *Freshwater Science* 31, 365-378.
- APHA - American Public Health Association. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 ed. American Public Health Association. 1220 p.
- ARCHAIMBAULT, V., USSEGLIO-POLATERA, P., GARRIC, J., WASSON, J., BABUT, M., 2010. Assessing pollution of toxic sediment in streams using bio-

ecological traits of benthic macroinvertebrates. *Freshwater Biology* 55, 1430-1446.

- BARBONE, E.; ROSAT, L., REIZOPOULOU, S., BASSET, A., 2012. Linking classification boundaries to sources of natural variability in transitional waters: A case study of benthic macroinvertebrates. *Ecological Indicators* 12, 105–122.
- BARBOSA, J.E.L., MEDEIROS, E.S.F., BRASIL, J., CORDEIRO, R.S., CRISPIM, M.C.B., SILVA, G.H.G., 2012. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia* 24, 103-118.
- BARBOUR, M.T., STRIBLING, J.B., KARR, J.R., 1995, Multimetric approach for establishing biocriteria and measuring biological condition, chap. 6 of Davis, W.S. and Simon, T.P., eds. *Biological assessment and criteria-Tools for water resources planning and decision making*: Boca Raton, Fla., Lewis Publishers, p. 63-77.
- BRANDIMARTE, A.L., SHIMIZU, G.Y., ANAYA, M., KUHLMANN, M.L., 2004. Amostragem de invertebrados bentônicos. In: BICUDO, C.E.M.; BICUDO, D.C. (Ed.). *Amostragem em limnologia*. Rio de Janeiro. 213-230.
- BRAUNS. M., GARCIA, X.F., WALZ, N., 2007. Effects of human shoreline development on littoral macroinvertebrates in lowland lakes. *Journal of Applied Ecology* 44, 1138-1144.
- CALLISTO, M., ESTEVES, F., 1996. Composição granulométrica do sedimento de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita e um lago natural. *Acta limnologica Brasiliensia* 8, 115-126.
- CAMARGO, J.A., GONZALO, C., ALONSO, A., 2011. Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates: A case study. *Ecological Indicators* 11, 911–917.
- CARDOSO, I., FONSECA, L.C., CABRAL, N.H., 2012. Ecological quality assesment of small estuaries from the Portuguese coast based on benthic macroinvertebrate assemblages índices. *Marine Pollution Bulletin* 64, 1136-1142
- CLEMENTS, R., KOH, L.P., LEE, T.M., MEIER, R., LI, D., 2006. Importance of reservoirs for the conservation of freshwater molluscs in a tropical urban landscape. *Biological Conservation* 128, 136-146.
- DÍAZ, A.M., SUÁREZ, M.L.A., GUTIÉRREZ, M.R.V.A., 2008. Biological traits os stream macroinvertebrates from a semi-arid catchment: patterns along complex environmental gradientes. *Freshwater Biology*, 53, 1-21.

- DODDS, W., CARNEY, E, ANGELO, R.T., 2006. Determining Ecoregional Reference Conditions for nutrients secchi depth and chlorophyll a in Kansas Lakes and Reservoirs. *Lake and Reservoir Management* 22, 151-159.
- DORNFELD, C.B., ESPÍNDOLA, E.L.G., LEITE, M.A., 2005. Avaliação da Eutrofização e sua Relação com Chironomidae no rio Atibaia e Reservatório de Salto Grande (Americana, SP – Brasil). *Revista brasileira de recursos hídricos* 10, 53-62.
- DURAN M., 2006. Monitoring Water Quality Using Benthic Macroinvertebrates and Physicochemical Parameters of Behzat Stream in Turkey. *Polish J. Of Environ. Stud* 15, 709-717.
- FARIAS, R.L., CARVALHO, L.K., MEDEIROS, E.S.F., 2012. Distribution of chironomidae in a semiarid Intermittent river of Brazil. *Neotropical Entomology* 41, 450-460.
- FEIO, M.J., COIMBRA, C.N., GRAÇA, M.A.S., NICHOLS, S.J., NORRIS, R.H., 2010. The influence of extreme climatic events and human disturbance on macroinvertebrate community patterns of a Mediterranean stream over 15 y. *J.N. Am. Benthol. Soc.* 29, 1397–1409.
- FREITAS, F.R.S., RIGHETTO, A.M., ATTAYDE, J.L., 2011. Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semi-árido brasileiro. *Oecologia Australis* 15, 655-665.
- FU, Z., YOSHIZAWA, K., YOSHIDA, N., KAZAMA, F., HIRABAYASHI, K., 2012. Bathymetric distribution of chironomid larvae (Diptera: Chironomidae) in Lake Saiko, Japan. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 17, 55-64.
- GORNI, G.R., ALVES, R.G., 2012. Oligochaetes (Annelida, Clitellata) in an neotropical stream: a mesohabitat approach. *Iheringia, Sér. Zool.* 102, 106-110.
- GUEDES, R.S., 2010. Caracterização fitossociológica da vegetação lenhosa e diversidade, abundância e variação sazonal de visitantes florais em um fragmento de caatinga no semiárido paraibano. 109f. Tese (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, UFCG, Patos, Paraíba.
- HAWKING, J.H., SMITH, F.J., 1997. Colour guide to invertebrates of Australian inland water, Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, Albury.
- KARR, J.R., 1991. Biological Integrity: A long-neglected aspect of water resource management. *Journal of Applied Ecology* 1, 66-84.
- KARR, J.R., 1999. Defining and measuring river health. *Freshw. Biol* 41, 221–234.

- KAUFMANN, P.R., HUGHES, R.H., WHITTIER, T.R., BRYCE, S.A., SEELIGER, C.W., PAULSEN, S.G., 2011. Lake Shore and Littoral habitat Structure: Precision and Biological Relevance of Field Survey Method. Submetido a JNABS.
- KEIZER-VLEK, H.E., VERDONSCHOT, P.M.F., VERDONSCHOT, R.C.M., GOEDHART, P.W., 2012. Quantifying spatial and temporal variability of macroinvertebrate metrics. *Ecological Indicators* 23, 384-393.
- KIDD, K.A., MUIR, D.C.G., EVANS, M.S., WANG, X., WHITTLE, M., SWANSON, H.K., JOHNSTON, T., GUILDFORD, S., 2012. Biomagnification of mercury through lake trout (*Salvelinus namaycush*) food webs of lakes with different physical, chemical and biological characteristics. *Science of the Total Environment* 438, 135-143.
- LEAL, J.J. F., ESTEVES, F. A., CALLISTO, M., 2004. Distribution of Chironomidae larvae in an Amazonian flood-plain lake impacted by bauxite tailings (Brazil). *Amazoniana* 18,109-123.
- LELEGANDRE, P., ANDERSON, M.J., 1999. Distance based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs* 69, 1-24.
- LIGEIRO, R., HUGHES, R.M., KAUFMANN, P.R., MACEDO, D.R., FIRMINO, K.R., FERREIRA, W.R., OLIVEIRA, D., MELO, A.S., CALLISTO, M., 2013. *Ecological indicators* 25, 45-57.
- MACKERETH, F.J.H., HERON, J., TALLING, J.F., 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Cumbria: Freshwater Biol. Ass.. 120p.
- MALVEZZI, R. 2007. *Semi-árido: Uma Visão Holística*. Brasília: Confea, 140p.
- MCARDLE, B.H., ANDERSON, M.J., 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology* 82, 290-297.
- METCALFE, J.L., 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. *Environmental Pollution* 1, 101-139.
- MOLOZZI, J., FEIO, M.J., SALAS, F., MARQUES J.C., CALLISTO, M., 2012. Development and test of a statistical model for the ecological assessment of tropical reservoirs based on benthic macroinvertebrates. *Ecological Indicators* 23, 155-165.
- MOLOZZI, J., SALAS, F., CALLISTO, M., MARQUES, J.C., 2013. Thermodynamic oriented ecological indicators: Application of Eco-Exergy and Specific Eco-Exergy in capturing environmental changes between disturbed and non disturbed tropical reservoirs. *Ecological Indicators* 24, 543–551.

- MOLOZZI, Joseline. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta na avaliação da qualidade ecológica de reservatórios urbanos. 2011. 183 f. Tese de Doutorado - Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Departamento de Biologia Geral, UFMG, Belo Horizonte.
- MORAIS, S.S., MOLOZZI, J., VIANA, A.L., VIANA, T.H., CALLISTO, M., 2010. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic forest fragment. *Braz. J. Biol.* 70, 995-1004.
- MUGNAI, R., NESSIMIAN, J.L., BAPTISTA, D.F., 2010. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do Estado do Rio de Janeiro. Technical Books Editora. Rio de Janeiro. 174p.
- MUHID, P., DAVIS, T.W., BUNN, S.E., BURFORD, M.A. 2013. Effects inorganic nutrients in recycled water on freshwater phytoplankton biomass and composition. *Water research* 47, 384-394.
- MUSTAPHA, M.K., 2008. Assessment of the Water Quality of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria, Using Selected Physico-Chemical Parameters. *Turkish Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, v. 8, n. 1, p.309-319. 2008.
- NAVARRO, E., CAPUTO, L., MARCÉ, R., CAROL, J., BENEJAM, L., GARCÍA-BERTHOU, E., ARMENGOL, J., 2009. Ecological classification of a set of Mediterranean reservoirs applying the EU Water Framework Directive: A reasonable compromise between science and management. *Lake and Reservoir Management* 25, 364-376.
- NAZAROVA, L.B., RISS, H.W., KAHLHEBER, A., WERDING, B., 2004. Some observations of buccal deformities in Chironomid Larvae (Diptera: Chironomidae) from the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Caldasia* 26, 275-290.
- NIJBOER, R.C., JOHNSON, R.K., VERDONSCHOT, P.F.M., SOMMERHÄUSER, M., BUFFAGNI, A., 2004. Establishing reference conditions for European streams. *Hydrobiologia* 516, 91-105.
- OLIVEIRA, S.V., CORTES, R.M.V., 2006. Environmental indicators of ecological integrity and their development for running waters in northern Portugal. *Limnetica* 25, 479-498.
- 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, 121-132.
- PARAÍBA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Comitê Rio Paraíba. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/comites/paraiba/2012>>. Acesso em: jul. 2012.

- PAZ, R.J., WATANABE, T., DIJCK, M.P.M., ABÍLIO, F.J.P., 1995. First record of *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) (Gastropoda: Prosobranchia: Thiariidae) in the state of Paraíba (Brazil) and its possible ecological implications. *Revista Nordestina de Biologia* 10, 79-84.
- PEREIRA-JÚNIOR, J.S., 2007. Nova delimitação do semi-árido brasileiro. Biblioteca digital da câmara dos deputados. P.1-24.
- RAGAB, R., MONTENEGRO, S., 2012. Impact of possible climate and land use changes in semi-arid regions: A case study from North Eastern Brazil. *Journal of Hydrology* 434-435, 55-68.
- RAUNIO, J., HEINO, J., PAASIVIRTA, L., 2011. Non-biting midges biodiversity conservation and environmental assesment: Findings from boreal freshwater ecosystems. *Ecological indicators* 11, 1057-1064.
- ROQUE, F.O., SIQUEIRA, T., ESCARPINATI, S.C., 2009. Do fallen fruit-dwelling chironomids in streams respond to riparian degradation?. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 4, 357-362.
- ROQUE, F.O., CORBI, J.J., TRIVINHO-STRIXINO, S., 2000. Considerações sobre a Utilização de Larvas de Chironomidae (Diptera) na Avaliação da Qualidade da Água de Córregos do Estado de São Paulo. pp.115-126. In: *Ecotoxicologia – Perspectivas para o século XXI*. São Carlos RiMa Artes e Textos.
- SANTANA, A.C.D., SOUZA, A.H.F.F., RIBEIRO, L.L., ABÍLIO, F.J.P., 2009. Macroinvertebrados associados à macrófitas aquática *Najas marina* L. do riacho Avelós, na região semi-árida do Brasil. *Revista de biologia e Ciências da Terra* 9, 32-46.
- SANTOS, C.M., ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M., The introduced snail *Melanoides Tuberculatus* (Muller, 1774) (Mollusca:Thiariidae) in aquatic ecosystems of the 57 Brazilian Semiarid Northeast (Piranhas-Assu River basin, State of Rio Grande do Norte). 2010. *Braz. J. Biol.* 70, 1-7.
- SILVA-FILHO, M.I., 2004. Perturbação hidrológica, estabilidade e diversidade de macroinvertebrados em uma zona úmida (lagoas intermitentes) do semi-árido brasileiro. 155f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- SIMIAO-FERREIRA, J., DEMARCO, M., CARVALHO, A.R., 2009. Chironomidae Assemblage Structure in Relation to Organic Enrichment. *Neotropical Entomology (Impresso)* 38, 464-471.
- SUGUIO, K., 1973. Introdução à sedimentologia. São Paulo. Edgard Blücher LTDA. EDUSP. 317p.

- TAKAHASHI, M.A., HIGUTI, J., BAGATINI, Y.M., ZVIEJKOVSKI, I.P., VELHO, L.F.M., 2008. Composition and biomass of larval chironomid (Insecta, Diptera) as potential indicator of trophic conditions in southern Brazil reservoirs. *Acta Limnol. Bras.* 20, 5-13.
- TIMM, H., KÄIRO, K., MÖLS, T., AND VIRRO, T., 2011. An index to assess hydromorphological quality of Estonian surface waters based on macroinvertebrate taxonomic composition. *Limnologica* 41, 398-410.
- TOKESHI, M., 1995. Life cycles and 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., STRIXINO, G., 1995. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de Identificação e Diagnóstico dos Gêneros. SÃO CARLOS-SP: PPG-ERN/UFSCAR. 229p .
- TRIVINHO-STRIXINO, S., & STRIXINO, G. 1998. Chironomidae (Diptera) associados a troncos de árvores submersos. *Revta Bras. Entomol.* 41, 173-178.
- TRIVINHO-STRIXINO, S., CORREIA, L.C.S., SONODA, K., 2000. Phytophilous chironomidae (diptera) and other macroinvertebrates in the ox-bow inferão lake (jataí ecological station, Luiz Antônio, SP, Brazil). *Rev. Brasil. Biol.* 60, 527-535.
- TRIVINHO-STRIXINO, S., 2011. Larvas de Chironomidae: Guia de identificação. São Carlos: gráfica UFScar, 1,2,3. 371p.
- TRIVINHO-STRIXINO, S., STRIXINO, G. 1993. Estrutura da comunidade de insetos aquáticos associados à *Pontederia lanceolata* Nuttall. *Revista Brasileira de Biologia* 53, 103-111.
- TUNDISI, J.G., 1999. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In Henry, R. (eds), *Ecologia de reservatórios :estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu-SP, FAPESP e FUNDBIO 22, 23-27.
- TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T., TUNDISI, J.E.M., 2008. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. *Braz. J. Biol* 68, 1133-1135.
- TWEEDLEY, J.R., WARWICK, R.M., VALESINI, F.J., PLATELL, M.E., POTTER, I.C., 2012. The use benthic macroinvertebrates to establish a benchmark for evaluating the environmental quality of microtidal, temperate southern hemisphere estuaries. *Marine Pollution Bulletin* 64, 1210-1221.
- USEPA, 2007. Evaluation of the Nation's Lakes: Field Operations Manual. EPA 841-B-07-004. Washington D.C E.S. Environmental Protection Agency. 332p

- USEPA, 2011. 2012. National Lakes Assessment Field Operations Manual EPA 841-B-11-003. U.S. Environmental Protection Agency Washington. DC.
- VERDONSCHOT, R.C.M., KEIZER-VLEK, H.E., VERDONSCHOT, P.F.M., 2012. Development of a multimetric index based on macroinvertebrates for drainage ditch networks in agricultural areas. *Ecological Indicators* 13, 232–242.
- VOLLENWEIDER RA, KEREKES JJ. 1982 .Eutrophication of waters: Monitoring, assessment and control. OECD, Paris.
- WARD, HB E WHIPPLE, GC., 1959. *Biologia de Água Doce* 2^a ed. John Wiley and Sons. New York, 1248p.
- WHITE, M. S., XENOPOULOS, M. A., METCALFE, R.A., SOMERS, K.M., 2011. Water level thresholds of benthic macroinvertebrate richness, structure, and function of boreal lake stony littoral habitats. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68, 1695-1704.
- WILDSMITH, M.D., ROSE, T.H., POTTER, I.C., WARWICK, R.M., CLARKE, K.R., 2011. Benthic macroinvertebrates as indicators of environmental deterioration in a large microtidal estuary. *Marine Pollution Bulletin* 62, 525-538.
- WITTMANN, M.E., CHANDRA, S., REUTER, J.E., CAIRES, A., SCHLADOW, S.G., DENTON, M., 2012. Harvesting an invasive bivalve in a large natural lake: species recovery and impacts on native benthic macroinvertebrate community structure in Lake Tahoe, USA. *Aquatic Conservation-marine And Freshwater Ecosystems* 22, 588-597.

6.9. Referências Introdução Geral

- ABELHO, M., MORETTI, M.,S., FRANÇA, J., CALLISTO, M., 2010. Nutrient addition does not enhance leaf decomposition in a Southeastern Brazilian stream (Espinhaço mountain range). *Brazilian Journal of Biology (Impresso)* 70, 747-754.
- ABÍLIO, F.J.P., GESSNER, A.A.F., LEITE, R.L., RUFFO, T.L.M., 2006. Gastrópodes e outros invertebrados do sedimento e associados à macrófita *Eichhornia crassipes* de um açude hipertrófico do semi-árido paraibano. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 6, 165-180.
- ABÍLIO, F.J.P. 2002. Gastrópodes e outros invertebrados bentônicos do sedimento litorâneo e associados a macrófitas aquáticas em açudes do semi-árido paraibano,

Nordeste do Brasil. São Carlos, São Pulo, 179p. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos.

- ABÍLIO, F.J.P., GESSNER, A.A.F., WATANABE, T., LEITE, R.L., 2005. *Chironomus gr. decorus* (Díptera - Chironomidae) e outros insetos aquáticos de um açude temporário do semi-árido paraibano. Revista Entomologia y Vetores, Rio de Janeiro 12, 233-242.
- ABÍLIO, F.J.P., RUFFO, T.L.M., SOUZA, A.H.F.F., FLORENTINO, H.S. OLIVEIRA-JÚNIOR, E.T., MEIRELES, B.N., SANTANA, A.C.D., 2007. Macroinvertebrados Bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. Oecologia Brasiliensis, 11, 397-409.
- ANJOS, A.F., TAKEDA, A.M., PINHA, G.D., 2011. Distribuição espacial e temporal das larvas de Chironomidae em diferentes ambientes do complexo - rio Baía, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil. Acta Scientiarum. Biological Sciences 33, 417-426.
- ALLAN, D.J. 2004. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. Rev. Ecol. Syst 35, 257-284.
- ARAÚJO, J.C., 2003. Assoreamento em reservatórios do semi-árido: modelagem e validação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre 8, 39-56.
- ARENAS-IBARRA, J.A., TAKEDA, A.M., FUJITA, D.S., FUJITA, D.S., 2012. O regime hidrológico do rio Ivinhema (Estado do Mato Grosso do Sul) e sua influência na assembléia zoobentônica. Acta Scientiarum. Biological Sciences 34, 47-57.
- BARBOSA, J.E.L. 2002. Dinâmica do fitoplankton e condicionantes limnológicos nas escalas de tempo (nictimeral/sazonal) e de espaço (vertical/horizontal) no açude Taperoá II. Trópico semi-árido paraibano. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Departamento de Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP.
- BARBOSA, F.G., SCHNECK, F., MELO, A.S., 2012. Use of ecological niche models to predict the distribution of invasive species: a scientometric analysis. Brazilian Journal of Biology 72, 821-829.

- BARBOUR, M.T., STRIBLING, J.B., KARR, J.R., 1995, Multimetric approach for establishing biocriteria and measuring biological condition, chap. 6 of Davis, W.S. and Simon, T.P., eds. *Biological assessment and criteria-Tools for water resources planning and decision making*: Boca Raton, Fla., Lewis Publishers, 63-77.
- BEHREND, R.D.L., TAKEDA, A.M., BEHREND, R.D.L., GOMES, L.C., FERNANDES, S.E.P., 2012. Using oligochaeta assemblages as an indicator of environmental changes. *Brazilian Journal of Biology* 72, 873-884.
- EGLER, M., BUSS, DF., MOREIRA, JC., BAPTISTA, DF., 2012. Influence of agricultural land-use and pesticides on benthic macroinvertebrate assemblages in an agricultural river basin in southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72, 437-443
- BRANDIMARTE, A.L., SHIMIZU, G.Y., ANAYA, M., KUHLMANN, M.L., 2004. Amostragem de invertebrados bentônicos. In: BICUDO, C.E.M.; BICUDO, D.C. (Ed.). *Amostragem em limnologia*. Rio de Janeiro. 213-230.
- CALLISTO, M., 1997. Biodiversity in streams of the Serra do Cipó National Park, MG, Brazil. *Chironomus Newsletter* 10, 8-8.
- CALLISTO, M., ESTEVES, F., 1995. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita - lago Batata (Pará, Brasil). *Oecologia Brasiliensis* 1, 335-348.
- CALLISTO, M., ESTEVES, F., 1996. Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e lago Mussurá. *Acta Limnologica Brasiliensis* 8, 137-147.
- CALLISTO, M., ESTEVES, F., 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, 223-234.
- CALLISTO, M., MORANO, P., 2008. Programa de biomonitoramento de qualidade de água e diversidade bentônica na bacia do Rio das Velhas. Projeto Manuelzão: a história da mobilização que começou em torno de um rio. P.107-121.

- CALLISTO, M., BARBOSA, F.A., MORENO, P., 2002. The influence of Eucalyptus plantations on the macrofauna associated to *Salvinia auriculata* in Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 62, 63-68..
- CALLISTO, M., ESTEVES, F., GONCALVES, J., FONSECA, J., 1998. Benthic macroinvertebrates as indicators of ecological fragility of small rivers (igarapés) in a bauxite mining region of Brazilian Amazonia. *Amazoniana* 15, 1-9.
- CALLISTO, M., FONSECA, J., GONCALVES, J., 1998. Benthic macroinvertebrates of four Amazonian streams influenced by bauxite mine (Brazil). *Verh. Internat. Verein Limnol.* 26, 983-985.
- CALLISTO, M., MORENO, P., BARBOSA, F., 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 61, 259-266.
- CALLISTO, M., MORENO, P., GONCALVES, J., FONSECA, J., ESTEVES, F., 2002. Diversity and biomass of Chironomidae (Diptera) larvae in an impacted coastal lagoon in Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 62, 77-84.
- CALLISTO, M., MORETTI, M., GOULART., M.D.C., 2001. Macroinvertebrados bentônicos Como ferramenta par avaliar a Saúde de Riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 6, 71-82.
- CALLISTO, M., POMPEU, P.S., TUPINAMBÁS, T. H., CASTRO, D.M.P., FRANÇA, J.S., SANTOS, H. A., SAMPAIO, A.F.C., GANDINI, C.V., ALVES, C.B.M., MATTA-MACHADO, A.T., 2011. Componentes bióticos para avaliações de vazões ecológicas a jusante de barramento hidrelétrico. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*.
- CALLISTO, M., TUPINAMBÁS, T., CASTRO, D., MARONEZE, D., 2012. Minimum flow effects on benthic macroinvertebrates as bioindicators downstream of hydroelectric dams. 9th International Symposium on Ecohydraulics. Vienna, Austria.
- CASTRO, D.M.P., TUPINAMBÁS, T.H., CALLISTO, M. 2011. Flutuações de vazão e o "drift" de macroinvertebrados: subsídios para a parametrização de vazões ambientais. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2011.

- CEREGHINO, R., OERTLI B., BAZZANTI, M., COCCIA, C., COMPIN, A., BIGGS, J., BRESSI, N., GRILLAS, P., HULL, A., KALETTKA, T., SCHER, O., 2012. Biological traits of European pond macroinvertebrates. *Hydrobiologia* 689, 51-61.
- CIRILO, J. A., MONTENEGRO, S.M.G.L., CAMPOS, J.N.B., A questão da água no semiárido brasileiro. 2010. In: Bicudo, C.E. de M; Tundisi, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B.. (Org.). *Águas do Brasil análises estratégicas*. 1 ed. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010, 1, 81-91.
- COPATTI, C.E., SCHIRMER, F.G., MACHADO, J.V.V., 2010. Diversidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no sul do Brasil. *Revista Perspectiva* 34, 79-91.
- COTA, L. R., GOULART, M.D.C., MORENO, P., CALLISTO, M., 2002. Rapid assessment of river water quality using an adapted BMWP index: a practical tool to evaluate ecosystem health. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28, 1713-1716.
- DURAN M.. 2006. Monitoring Water Quality Using Benthic Macroinvertebrates and Physicochemical Parameters of Behzat Stream in Turkey. *Polish J. Of Environ. Stud* 15, 709-717.
- EGLER, M., BUSS, D.F., MOREIRA, J.C., BAPTISTA, D.F., 2011. Influence of agricultural land-use and pesticides on benthic macroinvertebrate assemblages in an agricultural river basin in southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 72, 437-443.
- FARIAS, R.L., CARVALHO, L.K., MEDEIROS, E.S.F., 2012 . Distribution of Chironomidae in a Semiarid Intermittent River of Brazil. *Neotropical Entomology (Impresso)* 41, 450-460.
- FERREIRA, W.R., PAIVA, L.T., CALLISTO, M., 2011. Development of a benthic multimetric index for biomonitoring of a neotropical watershed. *Brazilian Journal of Biology (Online)* 71, 1-11.
- FRANÇA, J.S., CALLISTO, M., 2012. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água: experiências em educação ambiental e mobilização social. *Revista Extensão* 2, 1-17.

- FREITAS, F.R.S., RIGHETTO, A.M., ATTAYDE, J.L., 2011. Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semi-árido brasileiro. *Oecologia Australis* 15, 655-665.
- FU, Z., YOSHIZAWA, K., YOSHIDA, N., KAZAMA, F., HIRABAYASHI, K., 2012. Bathymetric distribution of chironomid larvae (Diptera: Chironomidae) in Lake Saiko, Japan. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 17, 55-64.
- GALDEAN, N., CALLISTO, M., BARBOSA, F. 2001. Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal lotic ecosystems of Serra do Cipó (MG-Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 61, 239-248.
- GONÇALVES, J.F., ESTEVES, F., CALLISTO, M., 2001. Succession and diversity of Chironomidae in detritus of *Typha domingensis* in a coastal lagoon (Rio de Janeiro, Brazil). *Verh. Internat. Verein Limnol.* 27, 2374-2377.
- GONÇALVES, J.F., ESTEVES, F., CALLISTO, M., 2003. Chironomids colonization in *Nymphaea ampla* L. detritus during a degradative ecological succession experiment in a Brazilian coastal lagoon. *Acta Limnologica Brasiliensia* 15, 21-27.
- GONÇALVES, J.F.JR., GRAÇA, M.A.S., CALLISTO, M. 2007. Litter decomposition in a Cerrado savannah stream is retarded by leaf toughness, low dissolved nutrients and a low density of shredders. *Freshwater Biology* 52, 1440-1451.
- GONÇALVES, J.F.JR., GRAÇA, M.A.S., CALLISTO, M., 2006. Leaf-litter breakdown in 3 streams in temperate, Mediterranean, and tropical Cerrado climates. *Journal of the North American Benthological Society* 25, 344-355.
- GOULART, M., CALLISTO, M., 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista FAPAM* 2, 153-164.
- GURGEL, J.J.S., FERNANDO, C.H., 1994. Fishes in semi-arid northeast Brazil with special reference to the role of tilapias. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 79, 77-94.
- HELSON, J.E., WILLIAMS, D.D., TURNER, D., 2006. Larval Chironomidae community organization in four tropical rivers: human impacts and longitudinal zonation. *Hydrobiologia* 559, 413-431.

- HIGUTI, J., TAKEDA, A.M., PAGGI, A.C., 1993. Distribuição espacial de Chironomidae (insecta, diptera) do rio Baía (MS-brasil). revista Unimar 15, 65-81.
- KAUFMANN, P.R., HUGHES, R.H., WHITTIER, T.R., BRYCE, S.A., SEELIGER, C.W., PAULSEN, S.G., 2011. Lake Shore and Littoral habitat Structure: Precision and Biological Relevance of Field Survey Method. Submetido a JNABS.
- KONIG, A., CEBALLOS, B.S.O., CASTRO, S.P., 1990. As descargas clandestinas de esgotos e seu efeito na degradação das águas do Açude Velho Campina Grande, PB. Anais do Seminário Regional de Engenharia Civil., Recife, 653-662.
- LIMA, S.M.L., BARBOSA, L.G., CRUZ, P.S., WANDERLEY, S.L., CEBALLOS, B.S.O., 2012. Dinâmica funcional de reservatórios de usos múltiplos da região semiárida/Paraíba-Brasil. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável 7, 18-25.
- LOCKWOOD, J.L., PHILLIP C.P., BLACKBURN, T., 2005. The role of propagule pressure in explaining species invasions. Ecology and Evolution 20, 223-228.
- MACEDO, D.R., LIGEIRO, R., FERREIRA, W., JUNQUEIRA, N.T., SANCHES, B.O., OLIVEIRA, D.R., ALVES, C.B.M., HUGHES, R.M., KAUFMANN, P.R., POMPEU, P.S., SANTOS, G.B., CALLISTO, M., 2012. Adaptação e validação de um protocolo de avaliação biológica e de habitats físicos no estudo de assembléias de peixes e macroinvertebrados bentônicos em bacias hidrográficas no cerrado brasileiro. Ação Ambiental (UFV) 47, 15-18.
- MCGOFF, E., AROVIITA, J., PILOTTO, F., MILER, O., SOLIMINI, A.G., GWENDOLIN P., TAMARA J., DONOHUE, L., LEONARD S., 2013. Assessing the relationship between the lake habitat survey and littoral macroinvertebrate communities in European lakes. Ecological Indicators 25, 205-214.
- MENDES, B.V. 1997. Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do SemiÁrido. Fortaleza: SEMACE. 108 p. il.
- MELO, S.M., TAKEDA, A.M., BUTTOW, N.C., 1993. Distribuição temporal de *Campsurus violaceus* (Ephemeroptera: Polymitarcyidae) do rio Baía (MS-Brasil).. Revista Unimar 15, 95-105.

- MELO, S.M., TAKEDA, A.M., GRZYBKOWSKA, M., MONKOLSKI, A., 2004. Distribution of Ephemeropteran nymphs associated with different stolon sections of *Eichhornia azurea* (Schwartz) in two floodplain lakes of the Upper Paraná River (Brazil). *Polish Journal of Ecology* 52, 369-376.
- METCALFE, J.L., 1989. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrates communities: history and present status in Europe. *Environmental Pollution* 60, 101-139.
- MORETTO, Y., HIGUTI, J., TAKEDA, A.M., 2003. Spatial variation of the benthic community in the Corumbá reservoir, Goiás, Brazil. *Acta Scientiarum* 25, 23-30.
- MOLLE, F. 1994. Marcos históricos e reflexões sobre a açudagem e seu aproveitamento. *Série Hidrologia/30*. Recife; SUDENE.
- MOLOZZI, J., FEIO, M. J., SALAS, F., MARQUES J.C., CALLISTO, M., 2012. Development and test of a statistical model for the ecological assessment of tropical reservoirs based on benthic macroinvertebrates. *Ecological Indicators* 23, 155-165.
- MOLOZZI, J., SALAS, F., CALLISTO, M., MARQUES, J.C., 2013. Thermodynamic oriented ecological indicators: Application of Eco-Exergy and Specific Eco-Exergy in capturing environmental changes between disturbed and non disturbed tropical reservoirs. *Ecological Indicators* 24, 543-551.
- MOLOZZI, J. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta na avaliação da qualidade ecológica de reservatórios urbanos. 2011. 183 f. Tese de Doutorado - Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Departamento de Biologia Geral, UFMG, Belo Horizonte.
- MONTANHOLI-MARTINS, M.C., TAKEDA, A.M., 2001. Spatial and temporal variations of oligochaetes of the Ivinhema River and Patos Lake in the Upper Paraná River Basin, Brazil.. *Hydrobiologia* (The Hague), Belgica 463, 197-205.
- MORAIS, S.S., MOLOZZI, J., VIANA, A.L., VIANA, T.H., CALLISTO, M., 2010. Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an Atlantic forest fragment. *Braz. J. Biolol* 70, 995-1004.

- MORENO, P, CALLISTO, M., 2004 Bioindicadores de Qualidade de Água Ao Longo da Bacia do Rio das Velhas. In: Ferracini VL; SCN Queiroz and Silveira MP. (Eds). Bioindicadores de Qualidade da Água, 95-116.
- MORENO, P., CALLISTO, M., 2010. Insetos Aquáticos indicam saúde de cursos d'água. *Scientific American Brasil* 99, 72-75.
- MORENO, P., FRANÇA, J.F., PAZ A.D., MONTEIRO, I.M., CALLISTO, M., 2009. Use of the BEAST model for biomonitoring water quality in a neotropical basin. *Hydrobiologia* 630, 231-242.
- MOURA, M.S.B., GALVÍNCIO, J.D., BRITO, L.T.L., SOUZA, L.S.B., SÁ, I. I.S., SILVA, T.G.F., 2007. Clima e água de chuva no Semi-Árido. In: BRITO, L.T.L., MOURA, M.S.B., GAMA, G.F.B., (Org.). Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. 1 ed.Petrolina: Embrapa Semi-Árido 1, 37-59.
- MUGNAI, R., BUSS, D.F., OLIVEIRA, R.B., SANFINS, C., CARVALHO, A.L., BAPTISTA, D.F., 2011. Application of the biotic index IBE-IOC for water quality assessment in wadeable streams in south-east Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 23, 74-85.
- MUSTAPHA, M.K., 2008. Assessment of the Water Quality of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria, Using Selected Physico-Chemical Parameters. *Turkish Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences* 8, 309-319.
- NAZAROVA, L.B., RISS, H.W., KAHLHEBER, A., WERDING, B., 2004. Some observations of buccal deformities in Chironomid Larvae (Diptera: Chironomidae) from the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Caldasia* 26, 275-290.
- OLIVEIRA, D.R., GOMES, V.A., CALLISTO, M., 2009. Benthic macroinvertebrates as ecological indicators of water level changes in marginal lagoons at lower São Francisco Floodplain River. In: The International Conference of Science and Information Technologies for Sustainable Management of Aquatic Ecosystems, 2009, Concepción. 7th International Symposium on Ecohydraulics. Concepción: Universidad de Concepción 1, 171-181.

- OLIVEIRA, S.V., CORTES, R.M.V., 2006. Environmental indicators of ecological integrity and their development for running waters in northern Portugal. *Limnetica* 25, 479-498.
- PIMPÃO, D.M., MARTINS, D.S., 2008. Ocorrência de molusco *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) (Bivalvia, Corbiculidae) no baixo rio negro, Amazônia central. *Acta Amaz.* 38, 1.
- ROCHA, L.G., MEDEIROS, E.S.F., ANDRADE, H.T.A. 2012 . Influence of flow variability on macroinvertebrate assemblages in an intermittent stream of semi-arid Brazil. *Journal of Arid Environments* 85, 33-40.
- ROQUE, F.O., SIQUEIRA, T., ESCARPINATI, S.C., 2009. Do fallen fruit-dwelling chironomids in streams respond to riparian degradation?. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 4, 357-362.
- ROQUE, F.O., SIQUEIRA, T., BINI, L.M., RIBEIRO, M.C., CIOCHETI, G., TRIVINHO-STRIXINO, S., 2010. Untangling associations between chironomid taxa in Neotropical streams using local and landscape filters. *Freshwater Biology* 55, 847-865.
- ROSIN, G.C., OLIVEIRA-MANGAROTTI, D.P., TAKEDA, A.M., BUTAKKA, C. M.M., 2009. Consequences of dam construction upstream of the Upper Paraná River floodplain (Brazil): a temporal analysis of the Chironomidae community over an eight-year period. *Brazilian Journal of Biology* 69, 591-608.
- SANTANA, A.C.D, SOUZA, A.H.F.F., LEONARDO L.R., ABÍLIO, F.J.P., 2010. Macroinvertebrados associados à macrófita aquática *Najas marina* L. do riacho Avelós, na região semi-árida do Brasil. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 9, 32-46.
- SCHLENZ, E., TAKEDA, A.M., 1993. Ocorrência de hirudinea da planície de inundação do alto rio Parana.. *revista Unimar* 15, 53-63
- SEMINARA, M., BAZZANTI, M., 1988. Trophic level assessment of profundal sediments of the artificial lake Campotosto (Central Italy), using midge larval community (Diptera: Chironomidae). *Hydrobiol. Bull.* 22, 183-193.
- SIMÕES, N.R., SONODA, S.L., 2009. Estrutura da assembléia de microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) em um reservatório do semi-árido Neotropical, Barragem

de Pedra, Estado da Bahia, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences (Online)* 31, 89-95.

SUTELA, T., AROVIITA, J., KETO, A., 2013. Assessing ecological status of regulated lakes with littoral macrophyte, macroinvertebrate and fish assemblages. *Ecological Indicators* 24, 185-192.

TAKEDA, A.M., MANSUR, M.C.D., FUJITA, D.S., BIBIAN, J.P.R., 2003. Ocorrência da espécie invasora de mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), em dois pequenos reservatórios próximos a Curitiba, PR. *Acta Biologica Leopoldensia, Rio Grande do Sul* 25, 251-254

TAKEDA, A.M., SHIMIZU, G.Y., SHULZ, G.M., SILVA, A.C.M., 1993. Zoobentos de quatro lagoas de várzea do alto rio Paraná (MS-Brasil). Influência do regime hidrológico sobre a comunidade. *Revista Unimar, Maringá*, 13, 365-387.

TOKESHI, M., 1995. Life cycles and 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., STRIXINO, G., 1998. Chironomidae (Diptera) associados a troncos de árvores submersos. *Revta Bras. Entomol* 41, 173-178.

TUNDISI, J.G., 1999. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In Henry, R. (eds), *Ecologia de reservatórios :estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu-SP, FAPESP e FUNDBIO 22, 23-27.

TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T., TUNDISI, J.E.M. 2008. Reservoirs and human well being: new challenges for evaluating impacts and benefits in the neotropics. *Braz. J. Biol.* 68, 1133-1135.

TUPINAMBÁS, T.H., CASTRO, D.M.P., FRANÇA, J.S., CALLISTO, M., 2011. Alterações de vazão em comunidades bentônicas: subsídio ecológico para parametrização de vazões ambientais. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*.

USEPA, 2007. *Evaluation of the Nation's Lakes: Field Operations Manual*. EPA 841-B-07-004. Washington D.C E.S. Environmental Protection Agency. 332p.

VIANNA, M.P., AVELAR, W.E.P., 2010. Ocorrência da espécie invasora *Corbicula fluminea* (Bivalvia, Corbiculidae) no rio Sapucaí (São Paulo). *Biotemas* 23, 59-66.

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1: Protocolo de caracterização de habitats físicos

CARACTERIZAÇÃO DE HABITAT FÍSICOS (frente)									
Site ID: _____		Data: ____ / ____ / ____		Revisado por (Iniciais): _____					
ESTAÇÃO: <input type="radio"/> A <input type="radio"/> B <input type="radio"/> C <input type="radio"/> D <input type="radio"/> E <input type="radio"/> F <input type="radio"/> G <input type="radio"/> H <input type="radio"/> I <input type="radio"/> J SE A ESTAÇÃO FOI REALOCADA, INDICAR AQUI: <input type="radio"/>									
ESTÁ EM UMA ILHA? <input type="radio"/>		INACCESSÍVEL: <input type="radio"/>		LAT: _____		LONG: _____			
PROFUNDIDADE NA ESTAÇÃO (10 m da margem) _____ (m)		ZONA UTM: _____		E: _____		N: _____			
SE O LAGO ESTIVER CHEIO:					SE ESTIVER VAZIO (Natural ou Antropogênico):				
Profundidade estimada da linha d'água até a marca do nível normal do lago _____ (m)					Altura vertical da linha d'água até a marca da cheia: _____ (m)				
Distância horizontal estimada da linha d'água até a marca do nível normal do lago _____ (m)					Distância horizontal da linha d'água até a marca da cheia _____ (m)				
ZONA LITORÂNEA									
Filme na sup.: <input type="radio"/> Ausente <input type="radio"/> Espuma <input type="radio"/> Algal Mat <input type="radio"/> Óleo <input type="radio"/> Outros		0 = Ausente (0%) 1 = Esparço (<10%) 2 = Moderado (10-40%) 3 = Denso (40-75%) 4 = Muito denso (>75%)							
SUBSTRATO DE FUNDO NA ZONA LITORÂNEA					SUBSTRATO 1 METRO APÓS ÁGUA				
Obs					Obs				
Rocha (>4000mm; maior que um carro)					0 1 2 3 4				
Matação (250-4000mm; bola de basquete até carro)					0 1 2 3 4				
Bloco (64-250mm; bola de tênis até bola de basquete)					0 1 2 3 4				
Cascalho (2-64mm; jaboticaba até a bola de tênis)					0 1 2 3 4				
Areia (0.06 - 2mm; arenoso entre os dedos)					0 1 2 3 4				
Silte, Argila, ou Lama (<0.06mm; não arenoso)					0 1 2 3 4				
Madeira					0 1 2 3 4				
Orgânico (Pacote de folhas, Detritos)					0 1 2 3 4				
Vegetação ou Outros					0 1 2 3 4				
Cor		<input type="radio"/> Preto <input type="radio"/> Cinza <input type="radio"/> Marron <input type="radio"/> Vermelho <input type="radio"/> Outra							
Odor		<input type="radio"/> Ausente <input type="radio"/> H ₂ S <input type="radio"/> Anóxico <input type="radio"/> Óleo <input type="radio"/> Químico <input type="radio"/> Outro							
MACRÓFITAS AQUÁTICAS									
Submergente					Obs				
Emergente					0 1 2 3 4				
Flutuante					0 1 2 3 4				
Cobertura Total de Macrófitas Aquáticas					0 1 2 3 4				
As macrófitas se estendem além da parcela na zona litorânea?									
<input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não									
ABRIGO PARA PEIXES					ZONA INUNDÁVEL				
Obs					Obs				
Veg. herbácea aquática ou inundada					0 1 2 3 4				
Madeiras > 0.3 m dia.					0 1 2 3 4				
Madeiras ou arbusto <0.3 m dia. (vivo ou morto)					0 1 2 3 4				
Árvores vivas inundadas >0.3 m dia.					0 1 2 3 4				
Vegetação pendurada acima de 1m					0 1 2 3 4				
Margens escavadas ou lajotas					0 1 2 3 4				
Matação					0 1 2 3 4				
Estruturas humanas - Docas, piers, etc					0 1 2 3 4				
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>Parcelas</p> <p>Estação de observação</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>CLASSES DOS ÂNGULOS DAS MARGENS</p> <p>Quase Vertical Negativo (>75°) Plano (<5°)</p> </div> </div>									
Código Obs: K = Amostra não coletada, U = Amostra suspeita, F1, F2, etc. = observação feita pela equipe de campo Explique todas as observações na seção de comentários no verso									

CARACTERIZAÇÃO DE HABITAT FÍSICOS (verso)

Site ID: _____ Date: ____ / ____ / ____ Revisado por (Iniciais): _____

ESTAÇÃO: A B C D E F G H I J

ZONA RIPÁRIA					ZONA INUNDÁVEL				
0 = Ausente (0%) 1 = Esparço (<10%) 2 = Moderado (10-40%) 3 = Denso (40-75%) 4 = Muito denso (>75%)					0 = Ausente (0%) 1 = Esparço (<10%) 2 = Moderado (10-40%) 3 = Denso (40-75%) 4 = Muito denso (>75%)				
DOSEL (>5 m altura) Obs					DOSEL (>5 m altura) Obs				
<input type="radio"/> Decidual <input type="radio"/> Perenifólia <input type="radio"/> Conífera <input type="radio"/> Misturada					<input type="radio"/> Decidual <input type="radio"/> Perenifólia <input type="radio"/> Conífera <input type="radio"/> Misturada				
Árvores grandes (Tronco >0.3 m DAP)					Árvores grandes (Tronco >0.3 m DAP)				
Árvores pequenas (Tronco <0.3 m DAP)					Árvores pequenas (Tronco <0.3 m DAP)				
SUB-BOSQUE (0.5 a 5m altura) Obs					SUB-BOSQUE (0.5 a 5m altura) Obs				
<input type="radio"/> Decidual <input type="radio"/> Perenifólia <input type="radio"/> Conífera <input type="radio"/> Misturada					<input type="radio"/> Decidual <input type="radio"/> Perenifólia <input type="radio"/> Conífera <input type="radio"/> Misturada				
Arbustos lenhosos & mudas					Arbustos lenhosos & mudas				
Ervas sem tronco lenhoso & gramíneas					Ervas sem tronco lenhoso & gramíneas				
VEGETAÇÃO RASTEIRA (<0.5 altura) Obs					VEGET. RASTEIRA (<0.5 altura) Obs				
Arbustos lenhosos & mudas					Arbustos lenhosos & mudas				
Ervas sem tronco lenhoso & gramíneas					Ervas sem tronco lenhoso & gramíneas				
Standing Water or Inundated Vegetation					Standing Water or Inundated Vegetation				
Solo sem cobertura ou construções					Solo sem cobertura ou construções				
INFLUÊNCIA HUMANA Obs					INFLUENCIA HUMANA Obs				
0 = Ausente P = Presente dentro da parcela C = Presente fora da parcela					0 = Ausente P = Presente dentro da parcela C = Presente fora da parcela				
Construções					Construções				
Comercial					Comercial				
Rampa/praiá artificial					Rampa/praiá artificial				
Docas/barcos					Docas/barcos				
Muros, diques ou gabião					Muros, diques ou gabião				
Lixo ou entulho					Lixo ou entulho				
Rodovias ou ferrovias					Rodovias ou ferrovias				
Linhas de transmissão					Linhas de transmissão				
Plantações de grãos					Plantações de grãos				
Pastagem/campo de feno					Pastagem/campo de feno				
Pomar					Pomar				
Parque/gramado					Parque/gramado				
Outros (Fique explicação)					Outros (Fique explicação)				

Código Obs: K = Amostra não coletada, U = Amostra suspeita, F1, F2, etc. = observação feita pela equipe de campo
Explique todos as observações na seção de comentários

Obs	Comentários	Obs	Comentários

7.2 Anexo 2: Normas da revista Brazilian journal of Biology para a publicação do manuscrito



INSTRUÇÕES AOS AUTORES

- [Finalidade e normas gerais](#)
- [Preparação de originais](#)
- [Política de Publicação](#)

ISSN 1519-6984 *versão impressa*
ISSN 1678-4375 *versão online*

Preparação de originais

O trabalho a ser considerado para publicação deve obedecer às seguintes recomendações gerais:

Ser digitado e impresso em um só lado do papel tipo A4 e em espaço duplo com uma margem de 3 cm à esquerda e 2 cm à direita, sem preocupação de que as linhas terminem alinhadas e sem dividir palavras no final da linha. Palavras a serem impressas em itálico podem ser sublinhadas.

O título deve dar uma idéia precisa do conteúdo e ser o mais curto possível. Um título abreviado deve ser fornecido para impressão nas cabeças de página.

Nomes dos autores – As indicações Júnior, Filho, Neto, Sobrinho etc. devem ser sempre antecedidas por um hífen. Exemplo: J. Pereira-Neto. Usar também hífen para nomes compostos (exemplos: C. Azevedo-Ramos, M. L. López-Rulf). Os nomes dos autores devem constar sempre na sua ordem correta, sem inversões. Não usar nunca, como autor ou co-autor nomes como Pereira-Neto J. Usar *e*, *y*, *and*, *et* em vez de *&* para ligar o último co-autor aos antecedentes.

Os trabalhos devem ser redigidos de forma concisa, com a exatidão e a clareza necessárias para sua fiel compreensão. Sua redação deve ser definitiva a fim de evitar modificações nas provas de impressão, muito onerosas e cujo pagamento ficará sempre a cargo do autor. Os trabalhos (incluindo ilustração e tabelas) devem ser submetidos em triplicata (original e duas cópias).

Serão considerados para publicação apenas os artigos redigidos em inglês. Todos os trabalhos deverão ter resumos em inglês e português. Esses resumos deverão constar no início do trabalho e iniciar com o título traduzido para o idioma correspondente. O Abstract e o Resumo devem conter as mesmas informações e sempre sumariar

resultados e conclusões.

Em linhas gerais, as diferentes partes dos artigos devem ter a seguinte seriação:

1 ♦ página – Título do trabalho. Nome(s) do(s) autor(es). Instituição ou instituições, com endereço. Indicação do número de figuras existentes no trabalho. Palavras-chave em português e inglês (no máximo 5). Título abreviado para cabeça das páginas. Rodapé: nome do autor correspondente e endereço atual (se for o caso).

2 ♦ página e seguintes – Abstract (sem título). Resumo: em português (com título); Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Agradecimentos.

Em separado - Referências, Legendas das figuras, Tabelas e Figuras.

As seguintes informações devem acompanhar todas as espécies citadas no artigo:

- Para zoologia, o nome do autor e da data de publicação da descrição original deve ser dada a primeira vez que a espécie é citada nos trabalhos;
- Para botânica e ecologia, somente o nome do autor que fez a descrição deve ser dada a primeira vez que a espécie é citada nos trabalhos.

O trabalho deverá ter, *no máximo*, 25 páginas, incluindo tabelas e figuras, em caso de Notes and Comments limitar-se a 4 páginas.

A seriação dos itens de Introdução e Agradecimentos só se aplicam, obviamente, a trabalhos capazes de adotá-la. Os demais artigos (como os de Sistemática) devem ser redigidos de acordo com critérios geralmente aceitos na área.

Referencias Bibliográficas:

1. Citação no texto: Use o nome e ano: Reis (1980); (Reis, 1980); (Zaluar e Rocha, 2000). Há mais de dois autores usar *et al.*
2. Citações na lista de referências, em conformidade com a norma **ISO 690/1987**.

No texto, será usado o sistema autor-ano para citações bibliográficas (estritamente o necessário) utilizando-se o utilizando-se **and** no caso de 2 autores. As referências, digitadas em folha separada, devem constar em ordem alfabética. Deverão conter nome(s) e iniciais do(s) autor(es), ano, título por extenso, nome da revista (abreviado e sublinhado), volume, e primeira e última páginas. Citações de livros e monografias deverão também incluir a editora e, conforme citação, referir o capítulo do livro. Deve(m) também ser referido(s) nome(s) do(s) organizador(es) da coletânea. Exemplos:

LOMINADZE, DG., 1981. Cyclotron waves in plasma. 2nd ed. Oxford: Pergamon Press. 206 p. International series in natural philosophy, no. 3.

WRIGLEY, EA., 1968. Parish registers and the historian. In STEEL, DJ. National

index of parish registers. London: Society of Genealogists. p. 15-167.

CYRINO, JEP. and MULVANEY, DR., 1999. Mitogenic activity of fetal bovine serum, fish fry extract, insulin-like growth factor-I, and fibroblast growth factor on brown bullhead catfish cells - BB line. *Revista Brasileira de Biologia = Brazilian Journal of Biology*, vol. 59, no. 3, p. 517-525.

LIMA, PRS., 2004. Dinâmica populacional da Serra *Scomberomorus brasiliensis* (Osteichthyes; Scombridae), no litoral ocidental do Maranhã-Brasil. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco. 45 p. Dissertação de Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura.

WU, RSS., SHANG, EWV. and ZHOU, BS., 2006. Andocrine disrupting and teratogenic effects of hypoxia on fish, and their ecological implications. In *Proceedings of the Eighth International Symposium on Fish Physiology, Toxicology and Water Quality*, 2005. Georgia, USA: EPA. p. 75-86.

Para outros pormenores, veja as referências bibliográficas em um fascículo.

A Revista publicará um Índice inteiramente em inglês, para uso das revistas internacionais de referência.

As provas serão enviadas aos autores para uma revisão final (restrita a erros e composição) e deverão ser devolvidas imediatamente. As provas que não forem devolvidas no tempo solicitado - 5 dias - terão sua publicação postergada para uma próxima oportunidade, dependendo de espaço.

Material Ilustrativo – Os autores deverão limitar as tabelas e as figuras (ambas numeradas em arábicos) ao **estritamente necessário**. No texto do manuscrito, o autor indicará os locais onde elas deverão ser intercaladas.

As tabelas deverão ter seu próprio título e, em rodapé, as demais informações explicativas. Símbolos e abreviaturas devem ser definidos no texto principal e/ou legendas.

Na preparação do material ilustrativo e das tabelas, deve-se ter em mente o tamanho da página útil da REVISTA (22 cm x 15,0 cm); (coluna: 7 cm) e a idéia de conservar o sentido vertical. Desenhos e fotografias exageradamente grandes poderão perder muito em nitidez quando forem reduzidos às dimensões da página útil. As pranchas deverão ter no máximo 30 cm de altura por 25 cm de largura e incluir barra(s) de calibração.

As ilustrações devem ser agrupadas, sempre que possível. A Comissão Editorial reserva-se o direito de dispor esse material do modo mais econômico, sem prejudicar

sua apresentação.

Todos os desenhos devem ser feitos à tinta da China e apresentados de tal forma que seja possível sua reprodução sem retoques. As fotografias devem vir em papel brilhante. Nas fotos, desenhos e tabelas deve-se escrever, a lápis, no verso, o nome do autor e o título do trabalho.

Disquete – Os autores são encorajados a enviar a versão final (e somente a final), **já aceita**, de seus manuscritos em disquete. Textos devem ser preparados em Word for Windows e acompanhados de uma cópia idêntica em papel.

Recomendações Finais: Antes de remeter seu trabalho, preparado de acordo com as instruções anteriores, deve o autor relê-lo cuidadosamente, dando atenção aos seguintes itens: correção gramatical, correção datilográfica (apenas uma leitura sílaba por sílaba a garantirá), **correspondência entre os trabalhos citados no texto e os referidos na bibliografia**, tabelas e figuras em arábicos, correspondência entre os números de tabelas e figuras citadas no texto e os referidos em cada um e posição correta das legendas.



Todo o conteúdo do periódico, exceto onde está identificado, está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#)

**Instituto Internacional de Ecologia R. Bento Carlos, 750
13560-660 São Carlos SP - Brasil
Tel. e Fax: (55 16) 3362-5400
bjb@bjb.com.br**



bjb@bjb.com.br

7.3. Regras para a preparação de manuscrito para a revista Journal of Arid

Environments segundo manuscrito

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also,

non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

A Graphical abstract is optional and should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples. Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Plant names

Authors and editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*.

Math

formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp.

Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table

footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Non-electronic artwork

Provide all illustrations as high-quality printouts, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Number illustrations consecutively in the order in which they are referred to in the text. They should accompany the manuscript, but should not be included within the text. Clearly mark all illustrations on the back (or - in case of line drawings - on the lower front side) with the figure number and the author's name and, in cases of ambiguity, the correct orientation. Mark the appropriate position of a figure in the article.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Regular research papers have a reference limit of 50 cites and short communications should not exceed 20 cites.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999).

Kramer et al. (2010) have recently shown'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

(2004b) Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional. Relatório de Impacto Ambiental, elaborado pelo AGRAR meio ambiente e Ecology Brasil.